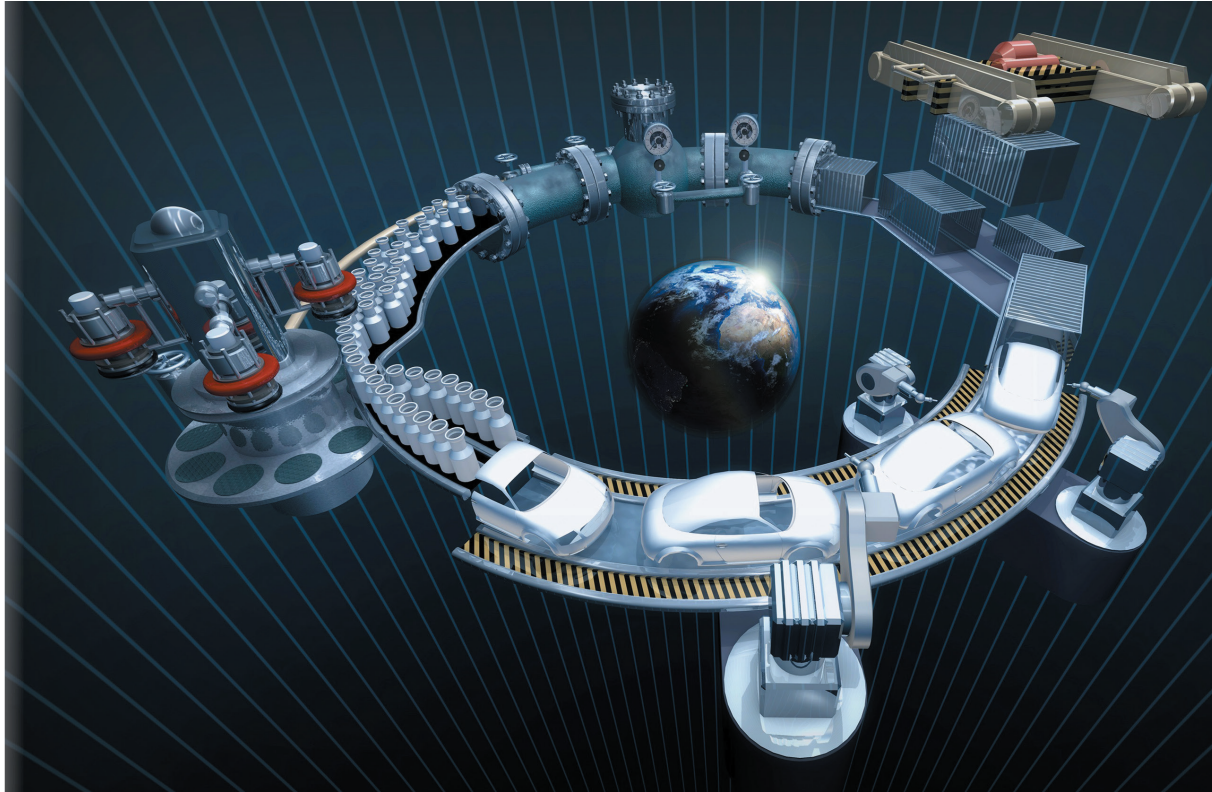


Monografia naukowa

IV Konferencja naukowa z cyklu
„Logistyka dziś i jutro”

SYSTEMY WSPOMAGANIA KOMPUTEROWEGO W TRANSPORCIE I LOGISTYCE



**SYSTEMY
WSPOMAGANIA KOMPUTEROWEGO
W TRANSPORCIE I LOGISTYCE**

Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska w Przemyślu
Instytut Nauk Technicznych

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej

SYSTEMY WSPOMAGANIA KOMPUTEROWEGO W TRANSPORCIE I LOGISTYCE

MONOGRAFIA

pod redakcją
Grzegorza Dzieniszewskiego
Macieja Kubonia
Wioletty Tomaszewskiej-Góreckiej

Kraków, 2021

Materiały z IV Konferencji Naukowej z cyklu „Logistyka dziś i jutro”
Przemysł 2021

Opracowanie redakcyjne:
Prof. dr hab. inż. Maciej Kuboń

Recenzenci:
Prof. dr hab. inż. Sławomir Kocira – UP Lublin
Dr hab. inż. Katarzyna Szwedziak, prof. Uczelni – Politechnika Opolska

Korekta i łamanie:
Zbigniew Szpila

Projekt graficzny okładki i stron tytułowych:
Zbigniew Szpila

Wszelkie prawa zastrzeżone.
Rozpowszechnianie i kopiowanie całości lub części publikacji zabronione bez pisemnej
zgody autorów

Druk i oprawa:
NOVA SANDEC
ul. Lwowska 143, 33-300 Nowy Sącz
tel. +48 (18) 547 45 45
e-mail: biuro@novasandec.pl; <http://www.novasandec.pl>
Ark. wyd. 21,7; ark. Druk. 19,5
Nakład: 100 egz.

© Copyright by Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków 2021
Wydanie I

ISBN 978-83-64377-49-5

WIR
WYDAWNICTWO

Wydawnictwo „INŻYNIERIA ROLNICZA”
Ul. Balicka 116B
30-149 Kraków
www.wir.ptir.org
redakcja@ptir.org

Spis treści

Dudziak A., Kuranc A., Zając G., Syzszlak-Bargłowicz J., Stoma M., Słowik T.: Jakość obsługi klienta na stacjach kontroli pojazdów w opinii kierowców polski wschodniej	5
Dudziak A., Stoma M., Kuranc A., Słowik T., Syzszlak-Bargłowicz J., Zając G.: Zastosowanie metody CSI do badania satysfakcji konsumentów.....	25
Dzieniażewski G., Leptacz M.: Analiza stanu technicznego układu jezdnego i hamulcowego w aspekcie bezpieczeństwa ruchu drogowego	35
Dzieniażewski G., Banaczyk M.: Projekt konstrukcyjny przyczepy Do przewozu koni z zastosowaniem systemów CAD i MES	51
Dzieniażewski G., Zaguła Ł.: Projektowanie pojazdów rolniczych w aspekcie tribologii zużycia węzłów ciernych	67
Dzieniażewski G., Dryka P.: Wykorzystanie systemów CAD i MES w projektowaniu przyczepy do przewozu bel	83
Juściński S.: Aplikacja systemów informatycznych klasy TMS w obsłudze przesyłek kontenerowych w transporcie morskim.....	97
Juściński S.: Platformy internetowe, jako system wspomaganie informatycznego w branży transport-spedycja-logistyka	125
Juściński S.: Programy WMS, jako przykład kompleksowych systemów informatycznych do obsługi logistyki magazynowej i dystrybucyjnej	155
Kielbasa P., Drózd T., Rosowski M.: Ocena obciążenia ruchem wybranego wielopoziomowego skrzyżowania w Krakowie	181
Kielbasa P., Miernik A., Olszewska K., Wcisło G.: Wpływ typu samochodu na wielkość obciążenia fizjologicznego kierowcy	197
Kurpaska S., Bojdo K.: Wspomaganie procesów transportowo-spedycyjnych z wykorzystaniem oprogramowania interLAN SPEED.....	215
Kurpaska S., Trzyniec K., Gliniak M.: Modelowanie i symulacja procesów logistycznych: wybrane problemy	231
Molenda K., Sporysz M.: Modelowanie symulacyjne systemów logistycznych w języku Python. Metoda Monte Carlo.....	251
Plaszewska K., Kwaśniewski D., Kuboń M., Malaga-Toboła U., Daniel Z., Kaczmar I.: Informatyczne wspomaganie zarządzania flotą pojazdów w wybranej firmie	273
Szelaż-Sikora A., Oleksy-Gębczyk A., Kajzer M., Stuglik J.: Wsparcie organizacji logistyki dystrybucji narzędziami informatycznymi w oparciu o zastosowanie metody ABC/XYZ.....	295

JAKOŚĆ OBSŁUGI KLIENTA NA STACJACH KONTROLI POJAZDÓW W OPINII KIEROWCÓW POLSKI WSCHODNIEJ

**Agnieszka Dudziak¹, Andrzej Kuranc², Grzegorz Zając², Joanna Szyszlak-Bargłowicz²,
Monika Stoma¹, Tomasz Słowik²**

¹ Zakład Logistyki i Zarządzania Przedsiębiorstwem, Katedra Energetyki i Środków Transportu,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

² Katedra Energetyki i Środków Transportu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wstęp

Przedsiębiorstwa produkcyjne i usługowe, działające na współczesnym rynku, funkcjonują w oparciu o sprzedaż wytwarzanych dóbr lub świadczonych usług. Jednakże z uwagi na złożoność i dynamikę rynku, nasilającą się konkurencję, a także zmieniające się nieustannie potrzeby, preferencje i wymagania konsumentów, niezbędna staje się ciągła modernizacja, ulepszanie, a także szeroko rozumiane doskonalenie nie tylko w obszarze aspektów technicznych odnoszących się do produkcji czy świadczenia usług, ale również do procesów zarządzania. Zmusza to często przedsiębiorstwa do poszukiwania alternatywnych sposobów na zwiększenie ich pozycji konkurencyjnej; jednym z nich jest permanentna dbałość o poziom jakości świadczonych usług w celu ich odróżnienia od usług konkurencji. Stąd też, niezwykle istotna wydaje się być obecnie problematyka jakości, a zwłaszcza jakości obsługi klientów, gdyż jakość świadczy o konieczności spełnienia zadeklarowanych i oczekiwanych przez konsumentów potrzeb produktów i usług.

Szczególnego znaczenia nabiera to w odniesieniu do przedsiębiorstw usługowych, gdzie obsługa klienta – jej standardy i jakość – niejednokrotnie determinują sukces, oddziałują na możliwości dalszego rozwoju i ekspansji, a czasem nawet warunkują funkcjonowanie i przetrwanie. Wydaje się więc, że przedsiębiorstwa usługowe, jakimi niewątpliwie są stacje kontroli pojazdów, które chcą funkcjonować i odgrywać ważną rolę na współczesnym rynku, za jeden z głównych celów swojej działalności powinny postawić sobie zapewnienie odpowiedniego podejścia do klientów oraz kształtowanie i utrzymywanie odpowiednich z nimi relacji. Polepszenie jakości obsługi klienta jest bowiem kluczową metodą powiększenia oferowanej wartości, co przekłada się na stopień zadowolenia i lojalności klientów firm usługowych.

Dzięki temu możliwe jest zdobycie i utrzymanie jak największej ilości usługobiorców, co w konsekwencji ma również odzwierciedlenie w obszarze finansowym.

Należy przy tym podkreślić, że nadrzędnym działaniem każdego przedsiębiorstwa usługowego powinna być kompleksowa obsługa klienta, nie zaś jedynie wybrane działania marketingowe, zorientowane na zysk, a sama jakość usług nie powinna być postrzegana i oceniana wyłącznie przez wewnętrzny schemat przedsiębiorstwa. Jakość i obsługa klienta są bowiem integralną częścią funkcjonowania na rynku i pozycjonują firmę w branży, umożliwiając tym samym stworzenie efektywnej polityki konkurencyjnej.

Dodać należy, iż końcową miarą jakości wyrobów i usług przedsiębiorstwa jest ocena dokonywana przez klientów. Dlatego też skupienie się na kliencie i jego odpowiedniej obsłudze to podstawa strategii zarządzania, umożliwiająca stworzenie trwałej przewagi konkurencyjnej, utrzymanie, a nawet zwiększenie zadowolenia klientów, poprawę wydajności, a w konsekwencji zwiększenie przychodów dla każdej organizacji biznesowej.

Jakość obsługi klienta

We współczesnym świecie jakość jest ideą, która pojawia się we wszystkich aspektach życia. W odniesieniu do funkcjonowania przedsiębiorstwa mówi się o jakości produktów oraz usług, a ostatnio także zwraca się uwagę na jakość obsługi klienta. Jednakże, aby móc efektywnie zarządzać procesami jakości obsługi klienta, trzeba prawidłowo zdefiniować samo pojęcie jakości i obsługi klienta.

Pojęcie jakości funkcjonuje zarówno w codziennym życiu, jak również w obiegu naukowym. Często zależy od kontekstu, w którym zostało użyte. W rozumieniu naukowym jakość należy traktować jako kategorię interdyscyplinarną rozważaną przez wiele dyscyplin naukowych, dlatego definiowana jest w różnorodny sposób. W związku z tym, istnieje ponad sto różnych definicji jakości, a ich liczba wciąż się zwiększa. Wymienia się m.in. ujęcia: ekonomiczne, filozoficzne, techniczne, użytkowe, psychologiczne, normatywne¹.

Literatura przedmiotu pozwala na podział pojęcia jakości na dwie grupy w znaczeniach²: atrybutowym – jako zbiór cech oraz funkcjonalnym – jako stopień, w jakim dany produkt spełnia swoje funkcje i zaspokaja potrzeby. Z kolei w ujęciu ekonomicznym jakość jest rozpatrywana jako jedna z kategorii ekonomicznych i analizuje się ją wraz z innymi kategoriami, takimi jak wartość użytkowa i użyteczność. Kategorie te są wyjściowe dla określania pojęcia jakości, wyrażającego stopień zaspakajania potrzeb przez określony produkt rzeczowy lub usługę w sposób obiektywny lub subiektywny.

Należy mieć ponadto na uwadze, że problematyka jakości usług jest bardziej skomplikowana niż jakości dóbr materialnych³. Usługa ma bowiem charakter niematerialny, a ze względu na swoją różnorodność ma wartość indywidualną dla każdego klienta, a sam klient często uczestniczy w procesie jej świadczenia. Dla przedsiębiorstwa problemem jest to, że usługi nie mogą być magazynowane, planowanie usług wymaga zatem dostosowania ich do

¹ Stoma M: Modele i metody pomiaru jakości usług, Q&R Polska, Lublin 2012.

² Panasiuk A.: Certyfikacja jakości na polskim rynku turystycznym : krytyczna ocena w kontekście e-turystyki, [w:] Quality certification on the polish tourist market : critical assessment in the e-tourism context, red. J. Gancarczyk, Uniwersytet Jagielloński. Instytut Przedsiębiorczości, Kraków 2021, t. 2, s. 55-71.

³ Ibid.

popytu⁴. Dodać należy, iż odczucia klienta są kształtowane nie tylko przez efekt finalny, ale także przez formę obsługi na poszczególnych etapach. Pewność wysokiej jakości usług daje klientowi poczucie, że jego interesy są odpowiednio zabezpieczone, dzięki czemu będzie skłonny korzystać z usług danego przedsiębiorstwa często odchodząc od konkurencji.

Jednakże termin „obsługa klienta” również bywa różnie interpretowany. W wąskim ujęciu rozumiany jest jako zespół czynności wykonywanych przez pracownika firmy, stanowiących dodatek do sprzedawanego produktu lub usługi w momencie kontaktu z klientem⁵. Natomiast w szerszym ujęciu, z punktu widzenia logistyki, proces obsługi klienta zaczyna się jeszcze zanim klient nawiąże kontakt z pracownikiem lub odwiedzi punkt sprzedaży. Obsługa klienta najczęściej jest definiowana jako filozofia zarządzania, według której wszelkie działania organizacji są podporządkowane wymaganiom i oczekiwaniom klientów. Do tych działań zaliczyć należy: zapewnienie dostępności określonych produktów i usług, zapewnienie wysokiego standardu sprzedaży, kontakt z klientem, realizację dostaw i ich rozliczanie, dbałość o odpowiednią dokumentację, serwis posprzedażowy oraz naprawę ewentualnych szkód i korygowanie błędów⁶.

Obecne czasy charakteryzują się ciągle zmieniającymi się warunkami rynkowymi. Nie wystarczy, aby przedsiębiorstwo oferowało klientowi atrakcyjny produkt, po atrakcyjnej cenie, we właściwej jakości i ilości, gdyż jeśli nie zapewni klientowi odpowiedniej obsługi to nie przyniesie to większych korzyści. Wymusza to na przedsiębiorstwach zmiany w podejściu do klienta, tak aby w tworzonych ofertach uwzględniać również ich potrzeby i oczekiwania. Zadaniem przedsiębiorstw powinno być więc dążenie do zgodności z oczekiwaniami klientów. Położenie nacisku na fachowość obsługi, przejawiającą się w dotrzymywaniu standardów, wyraźnie wpływa na satysfakcję klienta⁷. Dobra jakość obsługi klienta jest elementem, który ma szansę na wyróżnienie produktów danego przedsiębiorstwa na tle konkurencji. Dostarczanie klientowi produktu lub usługi o najwyższej jakości będzie więc podstawowym warunkiem przetrwania na coraz bardziej konkurencyjnym rynku⁸.

Jakość obsługi zatem to proces oferowania klientom produktów zgodnych z ich oczekiwaniami, w terminie, w którym wyrażają na to zapotrzebowanie oraz za cenę, którą będą w stanie zaakceptować nie popełniwszy błędu. Powyższa definicja odnosi się do korzyści osiągniętych przez klientów z wysokiej jakości obsługi. Nie oznacza to jednak, że przedsiębiorstwo nie odnosi z tego tytułu żadnych korzyści. Doskonała jakość obsługi klienta jest źródłem wzrostu przewagi konkurencyjnej firmy, zwiększenia jej udziału w rynku, wzrostu sprzedaży, poprawy rentowności, a także poprawy jej wizerunku⁹.

⁴ Frankowska E.: Badanie stopnia zadowolenia klientów z jakości usług. Zeszyty Naukowe SGSP/Szkoła Główna Służby Pożarniczej, 2011.

⁵ Ibidem

⁶ Szydełko M.: Logistyczna obsługa klienta jako element kształtowania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa. Logistyka, Nr 5, Warszawa, s. 194-199, 2012.

⁷ Smolnik P.: Jakość logistycznej obsługi klienta na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, t.17, nr 6, Radom, str. 1546-1553, 2016.

⁸ Baum T., Kokkranikal J.: Zarządzanie zasobami ludzkimi w turystyce, [w:] Zarządzanie turystyką, red. Pender R. S., Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2008, s. 115-132.

⁹ Szymanowski W., Pawłowska B., Strychalska-Rudzewicz A.: Zarys zarządzania jakością: ujęcie marketingowo-logistyczne, Ars boni et aequi 2010.

Należy mieć również na uwadze, że klient, który jest zadowolony z obsługi, chętniej wróci do przedsiębiorstwa kupując ponownie jego produkty lub usługi, a ponadto właściwa obsługa to szansa na pozyskanie rekomendacji jakiej klient może udzielić przedsiębiorstwu. Dlatego szczególnie branże usługowe, powinny traktować wysoką jakość obsługi jako kwestię strategiczną z punktu widzenia możliwości budowania przewagi konkurencyjnej.

Jak już wspomniano, obsługa klienta jest trudnym do jednoznacznego zdefiniowania i jednocześnie szerokim terminem. Można stwierdzić, że obejmuje wszystkie etapy kontaktu między dostawcą a nabywcą, które obejmują elementy materialne jak i niematerialne¹⁰. Do podstawowych zadań obsługi klienta zalicza się¹¹:

- przygotowanie do przyjęcia i realizacji zamówienia klienta,
- kontakt z klientem i obsługa informacyjna,
- wewnętrzna obsługa zamówienia klienta,
- przygotowanie i wydanie zamówionego produktu,
- dostawa produktu do klienta,
- fakturowanie i obsługa płatności,
- usługi w zakresie instalacji i niezbędnego szkolenia,
- serwis gwarancyjny i pogwarancyjny,
- możliwość reklamacji produktu, czy też jego zwrot z uwzględnieniem obrotu opakowaniami,
- dostosowanie do wymagań ochrony środowiska w procesie sprzedaży i po zakończeniu użytkowania produktu – utylizacja opakowań.

Można stwierdzić, że obsługa zawiera w sobie dbałość o klienta, jego potrzeby i życzenia. a co go zadowala, jakie są jego potrzeby i oczekiwania oraz na znalezieniu najlepszego sposobu ich zaspokojenia¹². Dla klienta obsługa ma stać się pozytywnym, długo pamiętanym przeżyciem; powinna przekraczać jego oczekiwania w zaspokojeniu potrzeb.

Podsumowując, stwierdzić należy, że ze względu na brak jednoznacznej definicji obsługi klienta przyjmuje się ją na trzy sposoby¹³:

- jako filozofię - obsługa klienta jest rangą zobowiązania, za które odpowiedzialna jest cała firma poprzez zapewnienie klientowi satysfakcji dzięki możliwie najlepszej obsłudze;
- jako pomiar wykonania działań - obsługa klienta jest miernikiem realizacji wyników np. odsetek zamówień dostarczonych terminowo i w całości;
- jako określone działania - obsługę klienta traktuje się jako szczególne zadanie, które firma musi wykonać, aby zaspokoić potrzeby klienta.

W obsłudze klienta należy brać pod uwagę wszystkie trzy sposoby. W pierwszym etapie przedsiębiorstwo przyjmuje filozofię zorientowaną na klienta. Potrzeby klienta stanowią

¹⁰ Uvet H.: Importance of logistics service quality in customer satisfaction: an empirical study. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, t.13, nr 1, 2020.

¹¹ Skowron S., Dziwulski J.: Rola jakości obsługi klienta w procesie budowania przewagi konkurencyjnej organizacji, [w:] Zarządzanie organizacją i informacją. Wyd. Politechniki Lubelskiej, s. 43, Lublin, 2020,

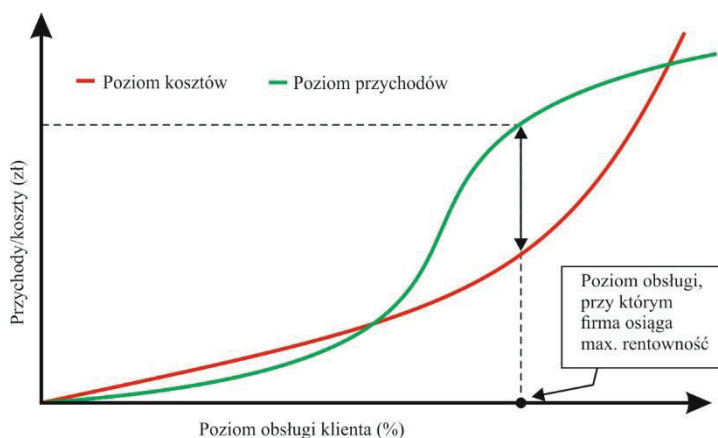
¹² Kucharska B.: Obsługa klienta w przedsiębiorstwie handlu detalicznego. Wyd. Akademii Ekonomicznej, Katowice 2010.

¹³ Coyle J.J., Bardi E.I., Langley C.J.: Zarządzanie logistyczne, Polskie Wyd. Ekonomiczne, Warszawa, 2010.

punkt wyjścia w planowaniu strategii firmy, a zasobami kieruje się tak, aby te potrzeby rozpoznać i zaspokoić. W drugim etapie określa się standardy i mierniki, oceniające wykonanie poszczególnych elementów obsługi. Końcowym, trzecim etapem jest ustalenie się przebiegu procesu obsługi klienta, który pozwoli na wykonanie i ocenę poszczególnych działań związanych z obsługą.

Analiza jakości obsługi klienta

Kreowanie jakości obsługi napotyka na liczne limity i ograniczenia, spośród nich największe koszty generują działania projakościowe. W miarę wzrostu jakości rosną bowiem koszty. Do głównych kosztów działań zmierzających do poprawy jakości należy zaliczyć: koszty utrzymywania wysokich stanów magazynowych, koszty transportu związane z przyspieszeniem realizacji dostaw, koszty nadzoru i kontroli, koszty szkolenia pracowników, koszty wdrażania oraz użytkowania systemów informatycznych. Aby z powodzeniem prowadzić działania biznesowe należy zaoferować klientom wyższy standard obsługi niż konkurencja, jednak nie wyższy niż taki, przy którym przychody wygenerowane poprzez wzrost jakości zostaną przewyższone przez koszty działań projakościowych¹⁴. Relacje pomiędzy kosztami działań projakościowych i przychodami, a poziomem obsługi ukazano na rys. 1.



Rys. 1. Relacja rentowności działań projakościowych do poziomu obsługi klienta

Źródło: na podstawie¹⁴

Poziom obsługi klienta będzie wpływał na jego satysfakcję z usługi lub produktu. Traktując klienta jako kluczowy podmiot należy zapewnić mu odpowiedni poziom obsługi. Istotnym zagadnieniem staje się jednak pomiar i ocena poziomu jakości usług. Jest to trudne zagadnienie wynikające z istnienia dużej ilości kryteriów oraz wyboru wymiennych wskaźników. Jednocześnie, standardy jakościowe usług nie są niekiedy równoznaczne z osiągnięciem przez klienta satysfakcji, ocenianej poprzez spełnienie jego indywidualnych

¹⁴ Szymanowski W., Pawłowska B., Strychalska-Rudzewicz A.: Zarządzania jakością: ujęcie marketingowo-logistyczne..., op. cit.

potrzeb i oczekiwań. Duże znaczenie odgrywa również interakcja występująca pomiędzy usługodawcą, który jako jedyny jest odpowiedzialny za jakość, a klientem, aktywnie uczestniczącym w procesie realizacji usługi¹⁵.

Przedsiębiorstwa powinny więc stale monitorować jakość dostarczanych towarów lub usług. Analiza jakości obsługi klienta dostarcza bowiem cennych informacji dotyczących świadczonych usług. Stanowi ona ponadto istotną część planowania strategii zarządzania jakością, gdzie orientacja na potrzeby klienta jest motywem wiodącym i umożliwia zminimalizowanie ryzyka spadku lub braku lojalności klientów¹⁶.

Do pomiaru i oceny jakości usług można wykorzystać wiele metod, które można podzielić na: bezpośrednie, do których można zaliczyć: system skarg i sugestii, techniki wypadków krytycznych, badania ankietowe klientów, zogniskowane grupy dyskusyjne, wywiady, analizy utraty klientów, badania jakości pracowników, SERVQUAL, SERVPERF, Blueprinting, Storyboarding, QFD, CSR, CSS, CRM, analiza wyznacznika ważności, Six Sigma oraz na metody pośrednie, takie jak pozorne zakupy, powtórni klienci, benchmarking zewnętrzny i wewnętrzny, trendy sprzedaży, udział w rynku, zwrot z inwestycji, raporty pracowników pierwszego kontaktu z klientami i serwisu, raporty stowarzyszeń branżowych¹⁷.

Najczęściej wykorzystywaną metodą są badania ankietowe. Popularność badań ankietowych klientów wynika z prostoty przeprowadzenia takich badań; dodatkową zaletą jest niski koszt badania oraz łatwość uzyskania zadowalającego wyniku. Te zalety mogą jednak często stanowić zagrożenie dla poprawności otrzymanego wyniku. Poprawność wyniku ankietyzacji wynika bowiem nie tylko z prawidłowego przygotowania i przeprowadzenia procedury ankietyzacji, ale również z nieuwzględnienia negatywnego oddziaływania na wynik czynnika ludzkiego występującego w procesie badania respondentów. Kluczowy dla poprawności i wiarygodności wyniku badania jest dobór metody zbierania informacji, adekwatny do zakresu i celu przeprowadzonej analizy. Najczęściej wynik badania jest podstawą do podejmowania decyzji biznesowych i dlatego istotne dla poprawności podejmowanych decyzji jest zgodność z rzeczywistością i wiarygodność zebranych danych, na podstawie których wyciągane są wnioski¹⁸.

¹⁵ Kowalik K., Mazur M.: Badanie jakości procesu obsługi klienta w kinie metodą Tajemniczy klient. *Archiwum Wiedzy Inżynierskiej*, t.1, 2016.

¹⁶ Krzesiwo K., Zaremba A.: Jakość obsługi klienta w biurach podróży–przykład Krakowa. *Prace Geograficzne*, t.2020, z. 160, s. 9-27, 2020.

¹⁷ Daroń M., Wilk M.: Doskonalenie wybranych obszarów obsługi klienta na przykładzie portu lotniczego. *Nowoczesne Systemy Zarządzania*, t.13, nr 3, s. 53-66, 2018.

¹⁸ Szyjewski Z., Szyjewski G.: Wiarygodność metod badawczych. *Business Informatics. Informatyka Ekonomiczna*, nr 2(44), s. 118-131, 2017.

Inną równie popularną metodą pośrednią (subiektywną) jest metoda SERVQUAL. Polega ona na pomiarze różnicy pomiędzy usługą oczekiwaną przez klienta, a usługą otrzymaną^{19,20,21,22}. Natomiast wśród metod bezpośrednich (obiektywnych), najczęściej stosowaną jest metoda mystery shopping, czyli „tajemniczego klienta”^{23,24,25,26}. Ta metoda badania jakości usług została stworzona jako opcja alternatywna do badań ankietowych konsumentów. Metoda ta została zastosowana po raz pierwszy w latach 40. XXw. w Stanach Zjednoczonych. W metodzie tej klientem jest wyszkolony „tajemniczy klient”, którego zadaniem jest ocena poszczególnych etapów usługi korzystając z nich jak zwykły klient. Najczęściej jest to pracownik przedsiębiorstwa wyspecjalizowanego w tego typu badaniach, ponieważ najważniejszym działaniem jest zachowanie anonimowości w badanej placówce. Ważnym jest, że osoba obsługująca „tajemniczego klienta” nie wie, że jest sprawdzana, przez co nie stara się wypaść lepiej niż zazwyczaj. W przypadku tej metody ograniczona zostaje subiektywność klienta, gdyż „tajemniczy klient” powinien być neutralny, tzn. nie może kierować się emocjami, lecz faktami²⁷. Informacje uzyskane tą drogą służą głównie porównaniu postępowania pracowników ze standardami danego przedsiębiorstwa lub z poziomem obsługi konkurencji.

Działalność stacji kontroli pojazdów w Polsce

Ostatnie dwie dekady to okres dużych zmian w zakresie badań technicznych pojazdów warunkujących ich dopuszczenie do ruchu. Początkowo zmiany dotyczyły wymagań technicznych, wyposażenia i kwestii organizacyjnych. Obecnie wciąż uwypuklają się niedociągnięcia, które mają skutki również w jakości badań²⁸. Liczba pojazdów sukcesywnie wzrasta, podąża za nią liczba stacji kontroli pojazdów. W 1998 r. w Polsce działało niewiele ponad 2000 SKP, w 2017 r. było ich już ok. 4700, a w roku 2020 już blisko 5380²⁹ (rys. 2). Rok rocznie okresowym badaniom technicznym w Polsce podlega ponad 15 mln pojazdów³⁰.

¹⁹ Dziadkowiec J.: Wykorzystanie programu Mystery Shopping w konsumenckiej ocenie jakości obsługi w biurach turystycznych. *Folia Turistica*, Akademia Wychowania Fizycznego im. B. Czecha w Krakowie, , nr 9, s. 69-87, 2000.

²⁰ Bielawa A., Frąs J., Gołębiowski M.: Metoda servqual jako skuteczne narzędzie oceny jakości usług. *Studia i prace wydziału nauk ekonomicznych i zarządzania* 12, s. 217-224, 2009.

²¹ Stoma M.: *Modele i metody pomiaru jakości usług...*, op. cit.

²² Krzesiwo K., Zaremba A.: *Jakość obsługi klienta w biurach podróży przykład Krakowa...*, op. cit.

²³ Ibid.

²⁴ Stoma M.: *Modele i metody pomiaru jakości usług...*, op. cit.

²⁵ Krzesiwo K., Zaremba A.: *Jakość obsługi klienta w biurach podróży–przykład Krakowa...*, op. cit.

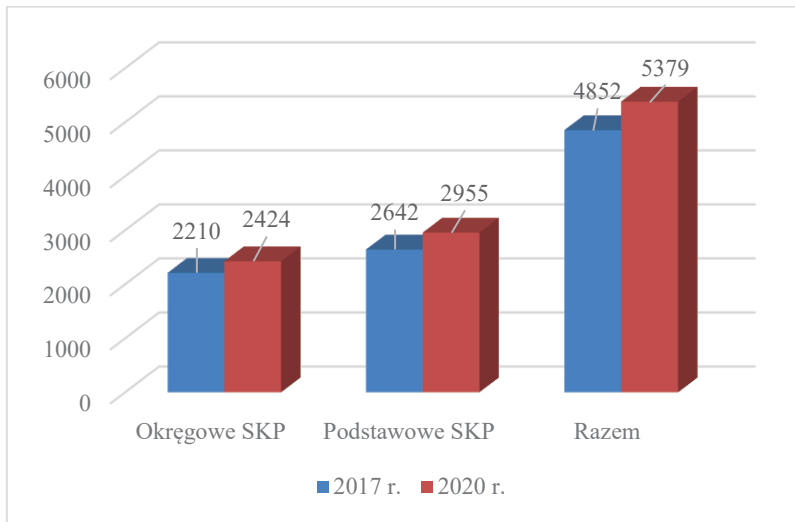
²⁶ Kowalik K., Mazur M.: *Badanie jakości procesu obsługi klienta w kinie metodą, Tajemniczy klient?...*, op. cit.

²⁷ Krzesiwo K. Zaremba A.: *Jakość obsługi klienta w biurach podróży–przykład Krakowa...*, op. cit.

²⁸ Dziędział P., Sowiński A., Zysińska M.: *Analiza zmian w systemie badań technicznych pojazdów w Polsce w latach 1998-2015*. *Logistyka*, nr 3, s. 1184-1191, 2015.

²⁹ Ibid.; CEPiK, *Statystyki*, Portal Informacyjny Centralnej Ewidencji Pojazdów i Kierowców, 2021, <http://www.cepik.gov.pl/statystyki>, 27.10.2021.

³⁰ Najwyższa Izba Kontroli, *Dopuszczanie pojazdów do ruchu drogowego – Raport NIK, Najwyższa Izba Kontroli*, 2017.



Rys. 2. Zestawienie liczby stacji kontroli pojazdów w Polsce w latach 2017-2020 r.

Źródło: CEPIK, Statystyki, 2021

Rodzaje stacji kontroli pojazdów

Obecnie w Polsce funkcjonują dwa rodzaje stacji kontroli pojazdów: podstawowa stacja kontroli pojazdów - PSKP oraz okręgowa stacja kontroli pojazdów – OSKP, wymienione w art. 83 ust. 1 pkt 1 i 2 ustawy z dnia 22 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym³¹. PSKP jest upoważniona do okresowych badań technicznych pojazdów o d.m.c. do 3,5t oraz przyczep przeznaczonych do łączenia z tymi pojazdami, o ile posiada stanowisko kontrolne przelotowe zapewniające jeden kierunek ruchu lub nieprzelotowe, o długości co najmniej 12m. Ponadto PSKP może prowadzić badania dodatkowe w odniesieniu do pojazdów o d.m.c. do 3,5t.

OSKP natomiast, upoważniona jest do okresowych badań technicznych wszystkich pojazdów, uwzględniając przy tym badania dodatkowe oraz ocenę zgodności z warunkami technicznymi dla pojazdów zabytkowych.

Ze względu na rodzaje badanych pojazdów oraz zakres przeprowadzanych badań w SKP wyróżnia się kilka wariantów stanowisk kontrolnych. Dla kontroli pojazdów o d.m.c. do 3,5t można wskazać stanowiska przejazdowe i nieprzejazdowe, czyli wymagające wycofywania pojazdu. Stanowiska do badania pojazdów o d.m.c. powyżej 3,5t będą z reguły wyposażone w kanał przeglądowy³².

Wybór rodzaju stanowiska powinien być poprzedzony analizą rodzaju pojazdów, które mają być badane w danej SKP. Dla przykładu, stanowisko uniwersalne wskazane jest w przypadku, kiedy zakłada się, że będą badane głównie pojazdy o d.m.c. powyżej 3,5t, a samo-

³¹ Dz. U. poz. 602, Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. - Prawo o ruchu drogowym, 1997.

³² Bocheński C.: Badania kontrolne samochodów, Wyd. Komunikacji i Łączności, 2000.

chody osobowe sporadycznie. Jeżeli natomiast przewiduje się, że oprócz dużej liczby badanych samochodów ciężarowych i autobusów łącznie z ciągnikami rolniczymi badane będą również w pokażniejszej liczbie samochody osobowe, wówczas warto rozważyć inwestycję w oddzielne stanowisko dedykowane dla tych właśnie pojazdów³³.

Wymagania stawiane diagnostom

W myśl nieobowiązujących już przepisów³⁴, aby wykonywać zawód diagnosty samochodowego potrzebne było wykształcenie kierunkowe oraz stosowna, uzależniona od wykształcenia, praktyka przy obsłudze lub naprawie samochodów. Gwarantowało to posiadanie niezbędnej wiedzy technicznej w odniesieniu do elementów konstrukcyjnych pojazdu. Wymagania te zostały uchylone ustawą z dnia 9 maja 2014 r. o ułatwieniu dostępu do wykonywania niektórych zawodów regulowanych³⁵. Jednocześnie wspomniana ustawa wprowadza zapisy w art. 84 do ustawy Prawo o ruchu drogowym³⁶, gdzie przywołuje wymagania dla personelu SKP. Zatem badanie techniczne pojazdów może wykonywać diagnosta uprawniony przez właściwego starostę. Uprawnienia wydaje się, gdy kandydat na diagnostę posiada wymagane wykształcenie techniczne oraz praktykę, ukończył szkolenie i zdał egzamin kwalifikacyjny. Jednakże, spotykane są opinie, że wymagania zostały ostatnio nazbyt zliberalizowane³⁷, co powoduje, że wśród diagnostów mogą pojawiać się osoby nie posiadające dostatecznego doświadczenia praktycznego w zakresie prowadzenia badań diagnostycznych, czy oceny zmian konstrukcyjnych pojazdów.

Wymagania stawiane stacjom kontroli pojazdów

Stacje kontroli pojazdów są przykładem obiektów działających w zapleczu motoryzacji, dla których dość dokładnie określono wymagania odnośnie wymiarów stanowiska, wyposażenia w aparaturę kontrolno-pomiarową, instalacje techniczne i technologiczne³⁸.

Wymienione w rozporządzeniu urzędnika i przyrządy muszą spełniać stosowne wymagania formalne i metrologiczne. Wymagane jest między innymi, aby urządzenia przeznaczone do wykorzystywania w SKP były uprzednio poddane ocenie zgodności zgodnie z ustawą z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności³⁹.

³³ Filipczuk J.: Projektowanie SKP, Nowoczesny Warsztat, t.107, nr 11, 2007.

³⁴ Dz. U. poz. 2469, Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 4 listopada 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań w stosunku do diagnostów, 2004.

³⁵ Dz. U. poz. 768, Ustawa z dnia 9 maja 2014 r. o ułatwieniu dostępu do wykonywania niektórych zawodów regulowanych, 2014.

³⁶ Dz. U. poz. 1990, Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 9 października 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy - Prawo o ruchu drogowym, 2018.

³⁷ Dziedziak P., Sowiński A., Zysińska M.: Analiza zmian w systemie badań technicznych pojazdów w Polsce w latach 1998-2015..., op. cit.

³⁸ Dz. U. poz. 275, Rozporządzenie Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 10 lutego 2006 r. w sprawie szczegółowych wymagań w stosunku do stacji przeprowadzających badania techniczne pojazdów, 2006.

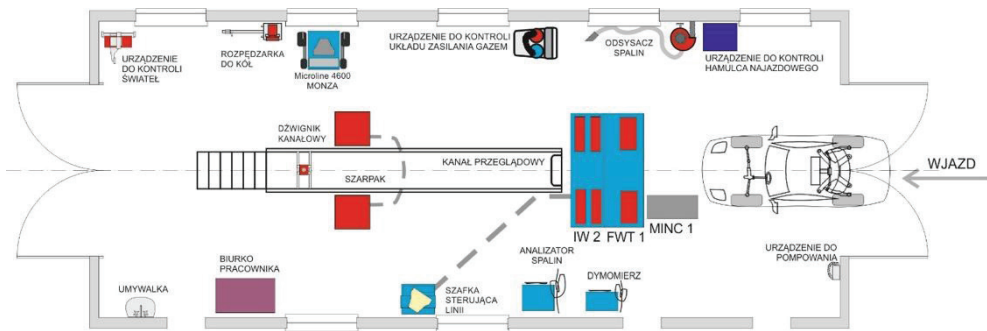
³⁹ Dz. U. poz. 155, Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności, 2019.

Ponadto wspomniane wyposażenie, z wyjątkiem urządzeń podlegających okresowej kontroli metrologicznej lub przyrządów objętych okresowym dozorem technicznym, podlega okresowej kontroli eksploatacyjnej.

Usytuowanie urządzeń na stanowisku kontrolnym

Ustawienie urządzeń na stanowisku kontrolnym decyduje o wygodzie przeprowadzania badań, czasie przeprowadzenia badania, kosztach eksploatacji obiektu, trwałości urządzeń oraz o wiarygodności wyników badań uzyskiwanych z poszczególnych urządzeń⁴⁰.

Właściwie zaprojektowana stacja kontroli pojazdów i przyjęcie racjonalnego procesu przebiegu kontroli stanowi o efektach ekonomicznych i jakości badań diagnostycznych. Na rys. 3 przedstawiono przykład wygodnego rozmieszczenia urządzeń kontrolno-pomiarowych na stacji kontroli pojazdów o d.m.c. do 3,5t.



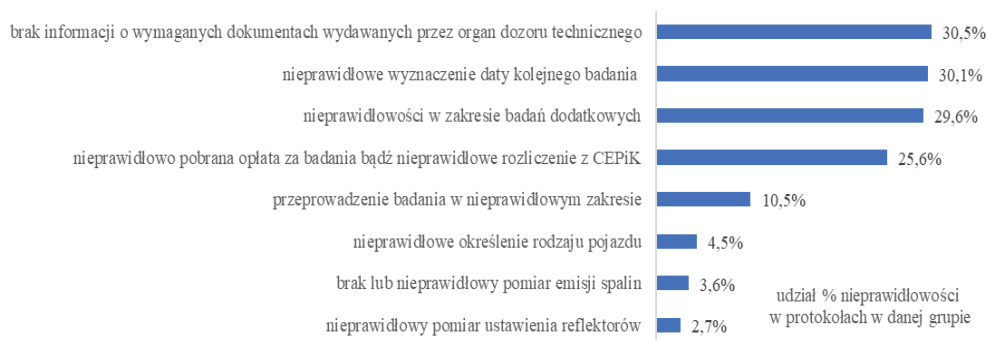
Rys. 3. Przykład rozmieszczenia urządzeń kontrolno-pomiarowych w SKP dla pojazdów o d.m.c. do 3,5 t

Nadzór nad stacjami kontroli pojazdów

Obecnie, zgodnie z zapisem ustawy – Prawo o ruchu drogowym, organem właściwym do sprawowania nadzoru nad stacjami kontroli pojazdów jest starosta właściwy ze względu na miejsce działalności stacji. W ramach prowadzonego nadzoru starosta obowiązany jest do skontrolowania stacji kontroli pojazdów przynajmniej raz w roku. Poza warunkami formalnymi, lokalowymi oraz technicznymi dotyczącymi wyposażenia ocenie podlegają także kwalifikacje personelu przeprowadzającego badania techniczne pojazdów.

Najwyższa Izba Kontroli w wyniku badań w latach 2014-2016 wykazała szereg nieprawidłowości (rys. 4). Negatywnie oceniono realizację nadzoru nad stacjami kontroli pojazdów i zatrudnionymi w nich pracownikami. W wielu przypadkach nieprawidłowości nadzoru wynikały ze względów organizacyjnych.

⁴⁰ Filipczuk J.: Projektowanie SKP..., op. cit.



Rys. 4. Najczęstsze nieprawidłowości w zakresie przeprowadzania i dokumentowania badań technicznych wskazywane przez inspektorów TDT

Źródło: NIK, 2017

Poza brakami w nadzorze stwierdzono także brak właściwej oceny prowadzenia przez diagnostów wymaganej dokumentacji oraz braki w ocenie prawidłowości wykonywania badań technicznych przez diagnostów. Wykazano przy tym, że do ruchu drogowego dopuszczone zostały pojazdy, których stan techniczny mógł być nieprawidłowy⁴¹.

Zarządzanie procesem badań technicznych

Zarządzanie jakością w odniesieniu do usług realizowanych w warunkach stacji kontroli pojazdów może opierać się na tzw. podejściu procesowym. Podejście to upowszechniło się wraz z wprowadzeniem normy ISO 9001:2000. Jest to sprawdzony w praktyce i najbardziej skuteczny sposób opisu oraz dokumentowania systemu zarządzania, także w przypadku SKP⁴².

W Polsce większość stacji kontroli pojazdów to niewielkie firmy prywatne, czasami mogą również wchodzić w skład większego przedsiębiorstwa, ale zawsze posiadają swoistą autonomię. W takim przypadku właścicielem procesów jest zazwyczaj kierownik lub właściciel stacji, który jest odpowiedzialny za realizację procesu głównego, czyli za realizację badań kontrolnych pojazdów. Jest on także osobą odpowiedzialną za kontakty z klientami, prowadzenie rejestru badanych pojazdów oraz organizację zasobów. Elementy infrastruktury stacji, jej wyposażenie kontrolno-pomiarowe, technologiczne i pomocnicze wraz z wykwalifikowaną kadrą pracowników stanowią zasoby niezbędne do realizacji procesu głównego.

Analizując proces realizacji badań technicznych na stacji kontroli pojazdów można stwierdzić, że na jego przebieg mają wpływ takie czynniki, jak: wymiary pomieszczenia, rozmieszczenie urządzeń, odległości od stanowisk biurowych, zastosowanie dźwignika pojazdu lub kanału przeglądowego, rodzaj zastosowanych bram wjazdowych itp. Wykaz czynności kontrolno-pomiarowych uwzględniający powyższe czynniki umożliwia opracowanie

⁴¹ Najwyższa Izba Kontroli. Dopuszczanie pojazdów do ruchu drogowego - Raport NIK², op. cit.

⁴² Szkoda J., Wojciechowski A., Dębicka E.: Ocena skuteczności systemu zarządzania jakością stacji kontroli pojazdów. Logistyka, nr 3, 2011.

planu organizacyjnego dla danej SKP, wspierającego przeprowadzanie badań technicznych⁴³. Realizacja czynności na SKP wg planu organizacyjnego pomaga w zrealizowaniu nadrzędnego celu usługi jakim jest rzetelne, cechujące się wysoką jakością przeprowadzenie badania technicznego pojazdu.

Jakość obsługi klienta na stacjach kontroli pojazdów w świetle badań

Metodyka badań

W pierwszym kwartale 2021 r. w regionie lubelskim, przeprowadzono badania autorskie mające na celu, poznanie świadomości i opinii konsumentów w odniesieniu do problematyki obsługi na stacjach kontroli pojazdów. Badanie przeprowadzono na losowo wybranej grupie kierowców, na podstawie opracowanego autorsko kwestionariusza wywiadu. W badaniu wzięło udział 213 respondentów, klientów stacji kontroli pojazdów.

W przeprowadzonym badaniu respondenci byli pytani o kwestie związane z oceną jakości obsługi na stacji kontroli pojazdów. Głównie były to zagadnienia związane z opinią dotyczącą: zaufania względem personelu stacji kontroli pojazdów, oceną kultury osobistej pracownika stacji, stosownego stroju roboczego diagnosty, dogodnością lokalizacji stacji, wygodą dojazdu do stanowiska pomiarowego, oceną stopnia informowania przez pracownika o wykonywanych testach, wynikach i kryteriach oceny tych wyników, oceną zaangażowania pracownika stacji, oraz profesjonalizmu przeprowadzonego badania przez pracownika stacji, a także czystości stanowiska pomiarowego, nowoczesności wyposażenia diagnostycznego oraz oceną dostępności i widoczności procedur i instrukcji stanowiskowych na stacji kontroli pojazdów.

Analiza wyników badań

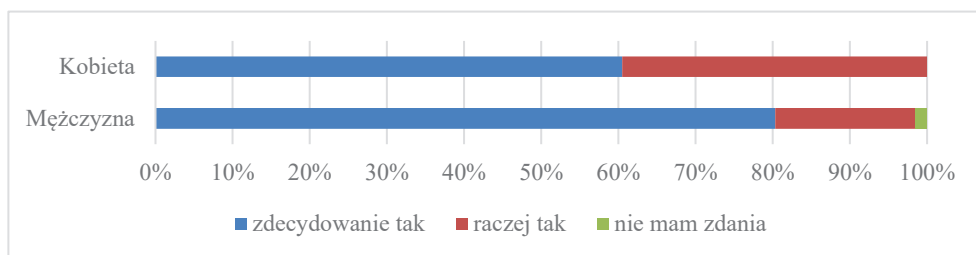
Cechy społeczno-demograficzne badanej populacji przedstawiono w tabeli 1. Wyniki przeprowadzonej analizy jakości obsługi przez personel stacji kontroli pojazdów przedstawiono na rys. 5-15.

Na wstępie pytano ankietowanych o dogodność lokalizacji stacji kontroli pojazdów, charakterystykę odpowiedzi przedstawiono na rysunku 5. Okazuje się, że lokalizacje stacji kontroli pojazdów zostały ocenione dość wysoko, gdyż zarówno kobiety (60%), jak i mężczyźni (aż 80%) odpowiadali zdecydowanie, że stacja, z której korzystali, umiejscowiona była w dogodnym miejscu. Może to świadczyć o tym, że tego rodzaju obiektów jest dosyć dużo i że są one przez to łatwo dostępne dla użytkowników pojazdów.

⁴³ Dudziak A., Kuranc A., Stoma M., Piekarski W.: Value stream analysis in relation to the tasks carried out at a vehicle inspection station. *Logistyka*, nr 6, s. 12093-12097, 2014.

Tabela 1. Profil socjo-demograficzny respondentów badania

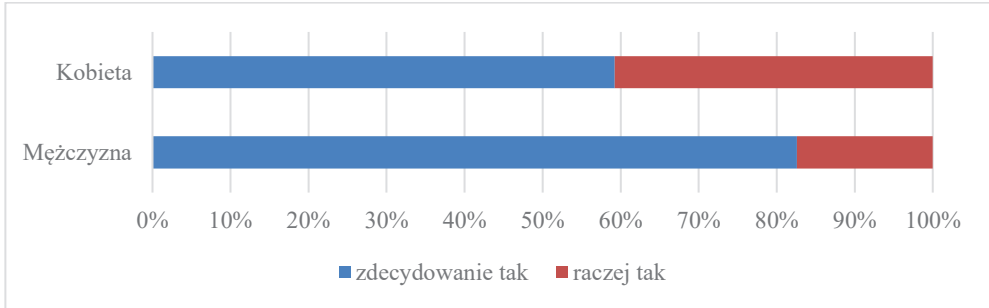
Ogółem	Liczba respondentów (szt.)	Udział procentowy (%)
		213
Płeć:		
kobiety	81	38
mężczyźni	132	62
Wiek:		
18-24 lat	23	11
25-30 lat	67	31
31-40 lat	22	10
41-50 lat	42	20
powyżej 50 lat	59	28
Czas posiadania prawa jazdy:		
mniej niż 5 lat	17	8
5-10 lat	76	36
10-20 lat	52	24
20-30 lat	36	17
powyżej 30 lat	32	15



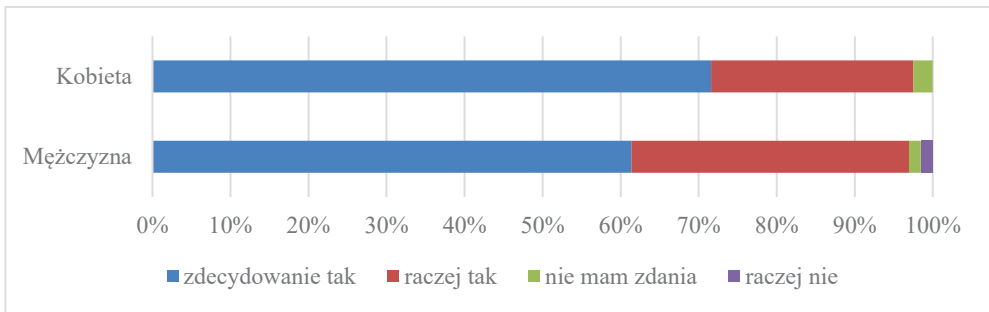
Rys. 5. Dogodność lokalizacji stacji kontroli pojazdów w opinii respondentów

Podobnie było w przypadku oceny wygody dojazdu do stanowiska pomiarowego. W opinii większości respondentów (83% mężczyzn i 59% kobiet) możliwość łatwego dojazdu do stanowiska pomiarowego oceniono bardzo podobnie jak lokalizację i również zdecydowanie wysoko (rys. 6).

Respondenci zostali także zapytani o to, w jaki sposób oceniają czystość na stacji kontroli pojazdów (rys. 7). W tym przypadku kobiety (72%) i mężczyźni (61%) ocenili, że stacja utrzymana jest w czystości, przy czym surowszymi sędziami okazali się być mężczyźni stwierdzając w 2%, że raczej nie była utrzymana czystość czego nie stwierdziły kobiety.

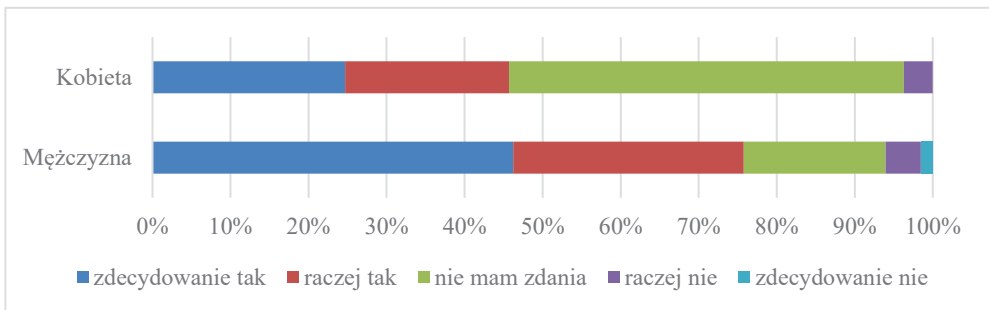


Rys. 6. Ocena wygody dojazdu do stanowiska pomiarowego w opinii respondentów



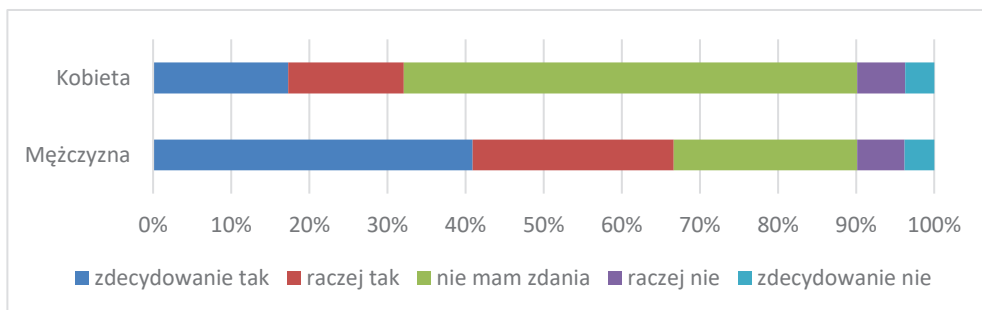
Rys. 7. Ocena czystości stanowiska pomiarowego na stacji kontroli pojazdów w opinii respondentów

Na pytanie dotyczące dostępności i widoczności procedur oraz instrukcji stanowiskowych na stacji kontroli pojazdów – 51% kobiet wyraziło opinię, że nie mają zdania na ten temat, co może świadczyć o tym, że nie były one ewidentnie wyeksponowane, natomiast 46% mężczyzn przyznało, że są one dostępne; jednocześnie 2% stwierdziło, że zdecydowanie nie były dostępne. Charakterystykę odpowiedzi przedstawiono na rys. 8.



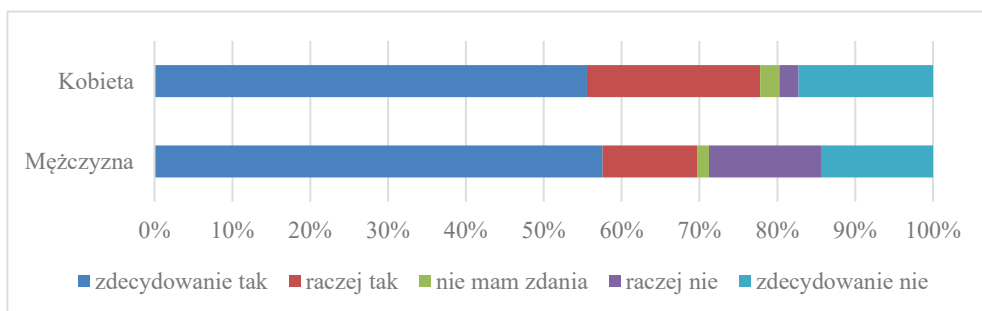
Rys. 8. Ocena dostępności i widoczności procedur i instrukcji stanowiskowych na stacji kontroli pojazdów w opinii respondentów

Na jakość obsługi klienta ma także wpływ wyposażenie wykorzystywane w badaniach pojazdów. Na pytanie dotyczące nowoczesności wyposażenia diagnostycznego stacji (rys. 9) aż 58% kobiet wyraziło opinię, że nie mają zdania lub że wyposażenie nie było nowoczesne, co może wynikać z faktu wyeksploatowania stanowisk lub braku znajomości tego zagadnienia. W przypadku mężczyzn 41% mężczyzn przyznało, że wyposażenie było nowoczesne. Podobny odsetek kobiet i mężczyzn stwierdził, że raczej nie było (odpowiednio po 6% kobiet i mężczyzn) i zdecydowanie nie było (odpowiednio po 4% kobiet i mężczyzn).



Rys. 9. Ocena nowoczesności wyposażenia diagnostycznego w opinii respondentów

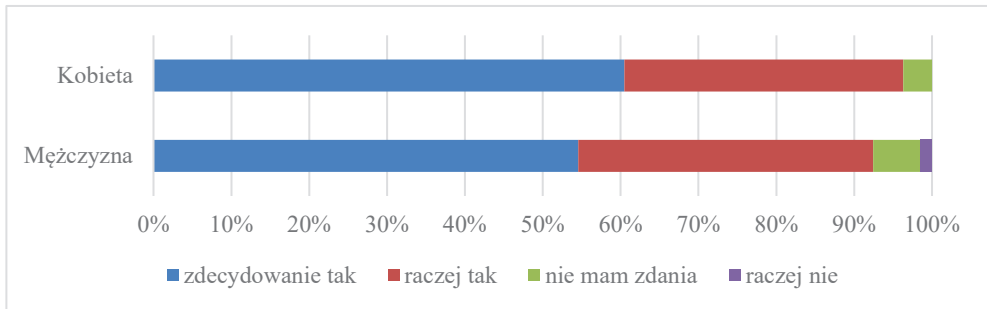
Na ogólną ocenę usługi mają wpływ także inne elementy wizerunkowe. W tej kwestii pytano respondentów między innymi o strój pracownika SKP. W tym przypadku 56% kobiet i 58% mężczyzn zdecydowanie przyznało, że diagnosta podczas realizowanego badania pojazdu był ubrany w stosowny strój roboczy. Niestety aż ok. 15% odpowiedzi zdecydowanie wskazywało na brak stosownego uniformu. Charakterystykę pozostałych odpowiedzi przedstawiono na rys. 10.



Rys. 10. Ocena stosownego stroju roboczego diagnosty stacji kontroli pojazdów w opinii respondentów

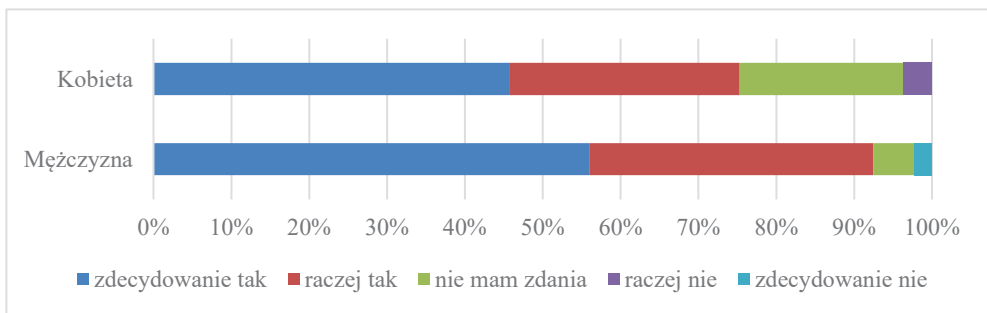
W odniesieniu do ogólnie postrzeganej oceny kultury osobistej pracownika stacji kontroli pojazdów można z kolei stwierdzić, że została ona oceniona bardzo wysoko. Na pytanie czy

pracownika SKP cechowała wysoka kultura osobista zdecydowanie tak odpowiedziało 61% kobiet i 54 % mężczyzn, raczej tak odpowiedziało kolejne 40 % ankietowanych, zarówno w grupie kobiet oraz mężczyzn. Charakterystykę pozostałych odpowiedzi zaprezentowano na rys. 11.



Rys. 11. Ocena kultury osobistej pracownika stacji kontroli pojazdów w opinii respondentów

W kwestii oceny jakości usługi istotne będzie także zaangażowanie pracownika. W tym przypadku zarówno kobiety (46 %) jak też mężczyźni (56 %) dostrzegli zdecydowanie zaangażowanie personelu w realizowaną usługę. Niepokoić może fakt, że wśród ankietowanych osób (ok. 2% mężczyźni) znalazły się odpowiedzi twierdzące coś zupełnie przeciwnego. Charakterystykę udzielanych odpowiedzi zaprezentowano na rys.12.

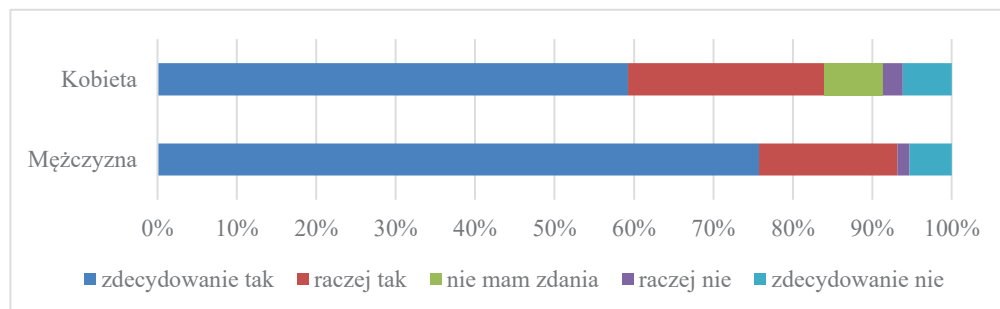


Rys. 12. Ocena zaangażowania pracownika stacji w opinii respondentów

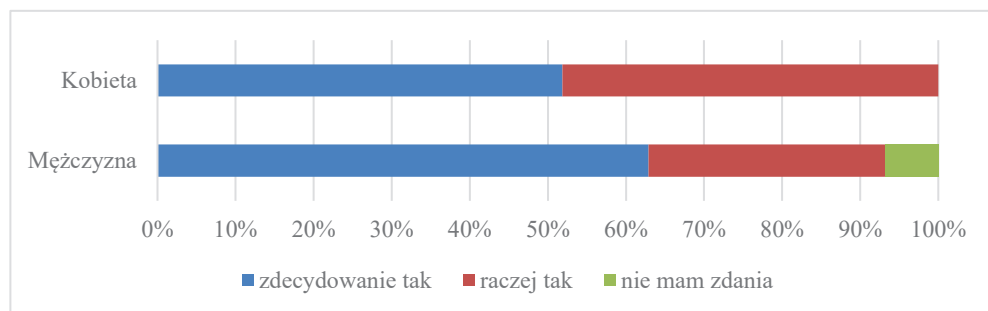
Na pytanie dotyczące tego, czy kierowcy są na bieżąco informowani o wykonywanych testach, wynikach i kryteriach oceny tych wyników kobiety (59%) oraz mężczyźni (76%) odpowiedzieli zdecydowanie, że byli informowani o przebiegu badania pojazdu i ocenili to działanie dość wysoko. Odsetek kobiet i mężczyzn, który stwierdził, że zdecydowanie nie poinformowano ich, był podobny. Charakterystykę odpowiedzi przedstawiono na rys. 13.

Podobnie została odzwierciedlona kwestia profesjonalizmu pracownika stacji kontroli pojazdów. Nieco ponad połowa kobiet (52%) oraz nieco więcej mężczyzn (63%) oceniło ją

cechę dość wysoko, jednocześnie 7% mężczyzn nie miało zdania. Charakterystykę odpowiedzi ukazują rys. 14.

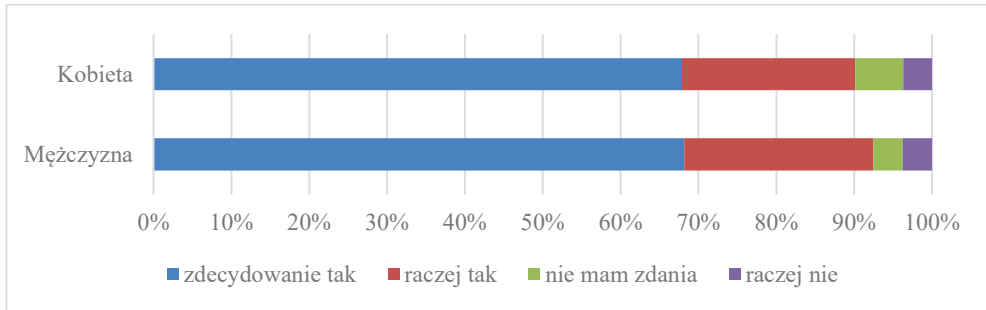


Rys. 13. Ocena informacji udzielanych przez pracownika SKP o wykonywanych testach, wynikach i kryteriach oceny tych wyników w opinii respondentów



Rys. 14. Ocena profesjonalizmu przeprowadzonego badania przez pracownika stacji kontroli pojazdów w opinii respondentów

Ostatecznie w opinii respondentów w odniesieniu do zaufania względem personelu stacji kontroli pojazdów, zarówno kobiety (67%) jak i mężczyźni (68%) jednoznacznie przyznali, że zdecydowanie wykazują takie zaufanie. Odmiennego zdania było mniej niż 10% ankietowanych. Rozkład odpowiedzi wśród ankietowanych ukazuje rys. 15.



Rys. 15. Zaufanie względem personelu stacji kontroli pojazdów w opinii respondentów

Wnioski i podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy ich wyników można poczynić pewne spostrzeżenia, które rzucają ciekawe światło na postrzeganie badań technicznych oraz obsługi klienta świadczonej przy tej okazji na stacjach kontroli pojazdów. W większości uzyskane informacje świadczą pozytywnie o obsłudze klienta, jednakże trafiają się także obszary, w których można przeprowadzić działania korygujące.

Powszechnie wydaje się, że domeną mężczyzn jest motoryzacja i technika motoryzacyjna. Zatem z ich strony można byłoby się spodziewać bacznej obserwacji przebiegu procesu kontroli pojazdów na SKP. W niektórych przypadkach wskazywali oni odpowiedzi potwierdzające występowanie wymaganego czynnika, na który z kolei w mniejszym stopniu wskazywały kobiety. Mogło to wynikać ze skierowania ich uwagi w inne obszary, ale również mogło to mieć związek z oceną innych stacji, gdzie faktycznie dane czynniki nie występowały.

Dla przykładu na pytanie dotyczące dostępności i widoczności procedur oraz instrukcji stanowiskowych na stacji kontroli pojazdów – 51% kobiet wyraziło opinię, że nie mają zdania, natomiast w przypadku mężczyzn podobną opinię wyraziło 24% pytanym panów. Może to potwierdzać tezę, że instrukcje stanowiskowe i dokumenty określające zasady pracy stacji kontroli pojazdów były raczej poza zasięgiem wzroku klientów (Dz. U. poz. 275, 2006).

Na ogólną ocenę usługi będą miały wpływ także elementy wskazujące na profesjonalizm personelu. Na takie postrzeganie pracownika składa się szereg czynników, o które pytano także w odrębnych pytaniach (np. strój lub identyfikator). Niestety aż ok. 15% odpowiedzi pytanym osób zdecydowanie wskazywało na brak stosownego uniformu. Wydaje się to błędem, ponieważ jak widać - takie braki są dostrzegane i mogą wpływać na ogólne postrzeganie stacji i realizowanych tam usług.

Jedynie mniej niż 8% mężczyzn i mniej niż 4% kobiet wyraziło wątpliwości w kwestii ogólnie pojmowanej kultury osobistej, co należy uznać za bardzo dobry wynik, mogący przelikać się na zaufanie do personelu stacji.

Ważne też jest informowanie o wynikach wykonywanych badań i testów, co było odzwierciedlone w odpowiedziach respondentów, którzy dostrzegali takie działania i oceniali je bardzo pozytywnie. Szczególnie mężczyźni wskazywali duże zainteresowanie badaniami pojazdu i doceniali uzyskiwane informacje.

Większość zadawanych pytań przekładało się na ocenę profesjonalizmu personelu stacji kontroli pojazdów, niemniej zadano także pytanie bezpośrednio dotyczące tej kwestii i odpowiedzi potwierdziły ogólny pozytywny odbiór profesjonalizmu personelu diagnostycznego, świadczącego usługę badania technicznego pojazdu i realizującego proces obsługi klienta w warunkach stacji kontroli pojazdów.

Podsumowując można stwierdzić, że przeprowadzone przez autorów badania pozwoliły dostrzec opisywaną przez Kucharską⁴⁴ dbałość o klienta, o jego potrzeby oraz oczekiwania w odniesieniu do oferowanej na stacji kontroli pojazdów usługi. Dla klienta obsługa ma stać się przede wszystkim pozytywnym i długo pamiętanym przeżyciem, a nawet powinna przekraczać jego oczekiwania w zaspokojeniu jego potrzeb. Należy podkreślić, że klient, który jest zadowolony z obsługi, chętniej wróci do tej stacji w celu wykonania kolejnego badania technicznego pojazdu. Dodatkowo będzie on źródłem pozyskania pozytywnej rekomendacji, jakiej klient może udzielić takiemu przedsiębiorstwu.

Uogólniając należy pamiętać, że szczególnie branże usługowe powinny traktować wysoką jakość obsługi jako kwestię strategiczną z punktu widzenia możliwości budowania przewagi konkurencyjnej.

Bibliografia

- Baum T., Kokkranikal J.: Zarządzanie zasobami ludzkimi w turystyce. [w:] Zarządzanie turystyką, [w:] Pender, R. Sharpley (red.), Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2008.
- Bielawa A., Frań J., Gołębiowski M.: Metoda SERVQUAL jako skuteczne narzędzie oceny jakości usług. Studia i prace wydziału nauk ekonomicznych i zarządzania 12, s. 217-224, 2009.
- Bocheński C.: Badania kontrolne samochodów. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 2000.
- CEPiK, Statystyki | Portal Informacyjny Centralnej Ewidencji Pojazdów i Kierowców, 2021, <http://www.cepik.gov.pl/statystyki>, 27.10.2021.
- Coyle J.J., Bardi E.I., i Langley C.J.: Zarządzanie logistyczne. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2010.
- Daroń M., Wilk M.: Doskonalenie wybranych obszarów obsługi klienta na przykładzie portu lotniczego. Nowoczesne Systemy Zarządzania, t.13, nr 3, s. 53-66, 2018.
- Dudziak A., Kuranc A., Stoma M., Piekarski W.: Value stream analysis in relation to the tasks carried out at a vehicle inspection station. Logistyka, nr 6, s. 12093-12097, 2014.
- Dz. U. poz. 155, Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności., 2019.
- Dz. U. poz. 275, Rozporządzenie Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 10 lutego 2006 r. w sprawie szczegółowych wymagań w stosunku do stacji przeprowadzających badania techniczne pojazdów, 2006.
- Dz. U. poz. 602, Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. - Prawo o ruchu drogowym, 1997.
- Dz. U. poz. 768, Ustawa z dnia 9 maja 2014 r. o ułatwieniu dostępu do wykonywania niektórych zawodów regulowanych, 2014.
- Dz. U. poz. 1990, Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 9 października 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy - Prawo o ruchu drogowym, 2018.
- Dz. U. poz. 2469, Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 4 listopada 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań w stosunku do diagnostów, 2004.

⁴⁴ Kucharska B.: Obsługa klienta ..., op. cit.”

- Dziadkowiec J.: Wykorzystanie programu Mystery Shopping w konsumenckiej ocenie jakości obsługi w biurach turystycznych. Folia Turistica/Akademia Wychowania Fizycznego im. B. Czecha w Krakowie, nr 9, s. 69-87, 2000.
- Dzidziak P., Sowiński A., Zysińska M.: Analiza zmian w systemie badań technicznych pojazdów w Polsce w latach 1998-2015. Logistyka, nr 3, s. 1184-1191, 2015.
- Filipcuk J.: Projektowanie SKP. Nowoczesny Warsztat, t.107, nr 11, 2007.
- Frankowska E.: Badanie stopnia zadowolenia klientów z jakości usług. Zeszyty Naukowe SGSP/Szkoła Główna Służby Pożarniczej, nr. 41, s. 203-217, 2011.
- Kowalik K., Mazur M.: Badanie jakości procesu obsługi klienta w kinie metodą, Tajemniczy klient. Archiwum Wiedzy Inżynierskiej, t.1, nr. 1, s. 53-55, 2016.
- Krzesiwo K., Zaremba A.: Jakość obsługi klienta w biurach podróży–przykład Krakowa. Prace Geograficzne, Z. 160, s. 9-27, 2020.
- Kucharska B.: Obsługa klienta w przedsiębiorstwie handlu detalicznego. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice. 2010.
- Najwyższa Izba Kontroli: Dopuszczanie pojazdów do ruchu drogowego - Raport NIK, Najwyższa Izba Kontroli 2017.
- Panasiuk A.: Certyfikacja jakości na polskim rynku turystycznym : krytyczna ocena w kontekście e-turystyki, [w:] Modele zarządzania organizacją i relacjami w kontekście technologii cyfrowych, red. J. Gancarczyk, Uniwersytet Jagielloński. Instytut Przedsiębiorczości, Kraków, t. 2, s. 55-71, 2021.
- Skowron S., Dziwulski J.: Rola jakości obsługi klienta w procesie budowania przewagi konkurencyjnej organizacji, [w:] Zarządzanie organizacją i informacją, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin s. 43-51, 2020.
- Smolnik P.: Jakość logistycznej obsługi klienta na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, t.17, nr 6, s. 1546-1553, 2016.
- Stoma M.: Modele i metody pomiaru jakości usług, Q&R Polska, Lublin, 2012.
- Szkoda J., Wojciechowski A., Dębicka E.: Ocena skuteczności systemu zarządzania jakością stacji kontroli pojazdów, Logistyka, nr 3, s. 2619-2628, 2011.
- Szydełko M.: Logistyczna obsługa klienta jako element kształtowania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa, Logistyka, nr 5, s. 194-199, 2012.
- Szyjewski Z., Szyjewski G.: Wiarygodność metod badawczych. Business Informatics. Informatyka Ekonomiczna, nr 2(44), s. 118-131, 2017.
- Szymanowski W., Pawłowska B., Strychalska-Rudzewicz A.: Zarys zarządzania jakością: ujęcie marketingowo-logistyczne, Ars boni et aequi 2010.
- Uvet H.: Importance of logistics service quality in customer satisfaction: an empirical study. Operations and Supply Chain Management: An International Journal, t.13, nr 1, s. 1-10, 2020.

Adres do korespondencji: e-mail: agnieszka.dudziak@up.lublin.pl

ORCID: Agnieszka Dudziak 0000-0002-4884-5403

ORCID: Andrzej Kuranc 0000-0001-6033-6380

ORCID: Grzegorz Zając 0000-0002-9025-4551

ORCID: Joanna Szyszlak-Bargłowicz 0000-0001-9273-6725

ORCID: Monika Stoma 0000-0003-0404-699X

ORCID: Tomasz Słowik 0000-0001-9449-2234

ZASTOSOWANIE METODY CSI DO BADANIA SATYSFAKCJI KONSUMENTÓW

Agnieszka Dudziak¹, Monika Stoma¹, Andrzej Kuranc², Tomasz Słowik², Joanna Szyszlak-Bargłowicz², Grzegorz Zajac²

¹ Zakład Logistyki i Zarządzania Przedsiębiorstwem, Katedra Energetyki i Środków Transportu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

² Katedra Energetyki i Środków Transportu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wstęp

Współczesny rynek dóbr i usług charakteryzuje się silną i stale rosnącą konkurencją oraz ciągłymi przeobrażeniami ekonomicznymi i technologicznymi, za którymi trzeba podążać. W tych warunkach to właśnie jakość jest czynnikiem walki o klientów. Obecnie, w czasach ogromnej konkurencji na rynku towarów i usług, stała się „bronią strategiczną” firm. Aby firma mogła osiągać coraz lepsze wyniki sprzedaży, zdobyć wysoką pozycję wśród konkurentów, jakość jej produktów lub usług musi być postrzegana i rozpoznawana przede wszystkim przez klienta. Klient wytycza najważniejsze kryteria wyboru produktu czy usługi i na tej podstawie firma tworzy produkt/usługę odpowiadającą tym potrzebom. Stanowi to punkt wyjścia dla określenia celów firmy, strategii i sposobów jej realizacji. Jednym z warunków zdobycia przez firmę trwałej pozycji na rynku i utrzymania poziomu jakości oferowanych usług, jest sprostanie wciąż rosnącym wymaganiom klientów. Wysoka jakość usług jest przede wszystkim efektem dobrego zarządzania firmą.

Badanie satysfakcji klienta jest obecnie niezbędnym elementem służącym do zdobycia przewagi konkurencyjnej na rynku. Natomiast w przypadku sektora usługowego precyzyjna ocena jakości nie jest prosta, ponieważ często zależy ona od osobistych odczuć konsumenta.

Należy zaznaczyć, że z pojęciem satysfakcji konsumenta nierozzerwalnie związane jest pojęcie jakości, czyli stopnia spełnienia oczekiwań konsumenta. Jakość zgodnie z definicją opublikowaną w normie PN-EN ISO 9000:2001 to... „stopień, w jakim inhereentne właściwości (dowolnego obiektu – przyp. autora) spełniają wymagania”¹.

Natomiast sama ocena jakości usług należy do trudnych zadań. Okazuje się, że jest to bardzo subiektywne w jaki sposób dana usługa jest odbierana przez konsumenta. Usługa, która dla jednej osoby ma wysoką jakość, dla innej może nie spełniać założonych

¹ Doroszewicz S.: Standaryzacja funkcji organizacji w systemowym podejściu do zarządzania jakością, Studia i Prace Kolegium Zarządzania, s. 130, 2007.

standardów. Najbardziej odpowiednie jest definiowanie jakości jako spełnienia wymagań klienta, a nie jako określone techniczne parametry, które w przypadku usług bardzo trudno wyodrębnić².

Dokonanie pomiaru i oceny jakości usług jest problemem nieco bardziej skomplikowanym niż badanie jakości wyrobów. Wynika to przede wszystkim ze złożonej i wielowymiarowej natury usług, co w konsekwencji niejednokrotnie uniemożliwia wykorzystanie wielu narzędzi i parametrów, szczególnie tych o charakterze ilościowym. Stąd też, kluczowe staje się dokonanie wyboru oraz zastosowanie odpowiedniej metody do pomiaru jakości usług (w zależności od obiektu, celu, przedmiotu i zakresu badań), co determinuje trafność i rzetelność uzyskanych wyników³.

Głównym celem firmy zorientowanej na wysoką jakość i duży udział w rynku powinno być zadowolenie klientów, które można osiągnąć poprzez dokładne rozpoznanie ich potrzeb i oczekiwań, a następnie zrealizowanie usługi zgodnie z tymi wymaganiami. W dalszej kolejności niezbędna jest weryfikacja stopnia zadowolenia klientów z jakości dostarczonych usług w celu ich nieustannego doskonalenia.

Istnieje wiele definicji jakości. Słowo to ma szerokie znaczenie i często zależy od kontekstu, w którym zostało użyte. Według normy ISO 9004-2, pod pojęciem jakości należy rozumieć wynik działania na styku między dostawcą a klientem oraz wewnętrznej działalności dostawcy w celu spełnienia potrzeb klienta.

Inna definicja dokonuje podziału jakości na pięć rodzajów:

1. Jakość postrzegana – opartą na założeniu, iż dobrą jakość można określić za pomocą zmysłów, odczuć.
2. Jakość opartą na produktach, w szczególności na ich projektach, gdyż od jakości projektu zależy jakość wyrobu końcowego.
3. Jakość opartą na użytkownikach, a więc klientach, którzy decydują o kryteriach jakości.
4. Jakość opartą na operacjach, czyli produkcji zgodnej z danymi technicznymi produktu.
5. Jakość opartą na wartości, w której czynnikiem określającym jakość danego produktu lub usługi jest jego cena⁴.

Głównym celem artykułu jest prezentacja metody CSI służącej do badania satysfakcji konsumentów, za pomocą której dokonywany jest pomiar oczekiwań konsumentów oraz stopień ich zadowolenia z obsługi. W metodzie CSI – *Customer Satisfaction Index*, głównym narzędziem pomiarowym jest kwestionariusz ankiety. Metoda ta jest jedną z popularniejszych metod służących do pomiaru jakości różnorodnych usług.

² Wojciechowska-Solis J.: Analiza jakości usług biur podróży województwa lubelskiego za pomocą metody servqual, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług, 96 Usługi w Polsce 2012: usługi publiczne-usługi komercyjne, s. 311-323, 2012.

³ Rodzeń A., Stoma M., Dudziak A.: Inne metody pomiaru jakości usług transportowych, czyli alternatywy dla metody Servqual, Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie Politechnika Śląska, 130, s. 501-511, 2018.

⁴ Frankowska E.: Badanie stopnia zadowolenia klientów z jakości usług, Zeszyty Naukowe SGSP Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Nr 41, 2011.

Metoda CSI w badaniach satysfakcji klienta

Metoda Wskaźnik Zadowolenia Klienta (CSI - *Customer Satisfaction Index*) jest jedną z najbardziej popularnych metod wykorzystywanych do pomiaru jakości usług⁵. Stanowi też doskonałe narzędzie służące do kreowania strategii marketingowej firmy. Pozwala na określenie poziomu satysfakcji oraz stopnia zadowolenia klientów z danego produktu czy usługi. Dzięki niej uzyskuje się odpowiedzi na następujące pytania⁶:

- jakie są oczekiwania klientów co do oferowanych produktów/usług;
- które z tych oczekiwań mają największe znaczenie dla klienta;
- w jakim stopniu produkty/usługi spełniają te oczekiwania;
- w jakie obszary należy inwestować i je rozwijać, a które z nich są przeinwestowane.

Wskaźnik CSI jest praktycznym narzędziem pomiarowym i ma w sobie wiele zalet, takich jak⁷:

- łatwość użytkowania metody;
- krótki czas wypełniania ankiety;
- rozpoznanie preferencji i oczekiwań klientów;
- możliwość porównania otrzymanych wyników dla przedsiębiorstw, które ze sobą konkurują.

Tabela 1. Kryteria oceny Wskaźnika Zadowolenia Klienta (CSI – *Customer Satisfaction Index*) – CSI %

Kryteria - wartości CSI %	Ocena
0-40%	Bardzo źle – klient skrajnie niezadowolony
40-60%	Źle – klient niezadowolony
60-75%	Średnio – występują pewne problemy w zakresie zadowolenia klienta
75-90%	Dobrze – występują nieliczne problemy z zadowoleniem klienta
90-100%	Bardzo dobrze – klient zadowolony w wysokim stopniu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Wolniak, Skotnicka-Zasadzień, 2008

Procedura metody CSI zawiera osiem podstawowych etapów, do których zalicza się: określenie klientów badanej firmy, dobór czynników, które mają wpływ na postrzeganie przez klientów oceny jakości produktu/usługi, konstrukcję ankiety, przeprowadzenie badań wśród klientów, opracowanie zebranych danych, obliczenie wskaźnika CSI, graficzne przedstawienie wyników na mapie jakości oraz interpretację wyników⁸.

⁵ Woźniak J., Zimon D.: Zastosowanie metody CSI do badania satysfakcji konsumentów na przykładzie wybranej sieci handlowej. *Modern management review*, XXI (23) s. 219-229, 2016.

⁶ Filipowicz G.: *HR Business Partner. Koncepcja i praktyka*. Wolters Kluwer, 2019.

⁷ Urbanek A.: Pomiar zrównoważonej mobilności miejskiej: przegląd badań. *Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów*, (171), s. 61-80, 2019.

⁸ Mazurek A.: Rola polityki rowerowej Kopenhagi w realizacji wiodących polityk publicznych Danii, *Zarządzanie Publiczne*, 43, 3, s. 323-333, 2018.

Satysfakcja klienta stała się kluczowym czynnikiem w procesie budowy długookresowego sukcesu przedsiębiorstwa. Wynika to z szeregu uwarunkowań funkcjonowania przedsiębiorstw, w tym zwłaszcza z nasycenia rynku i stagnacji sprzedaży oraz poszukiwania metod zwiększania skuteczności działań. Ekonomicznym miernikiem tej skuteczności jest zyskowność przedsiębiorstwa, do której droga wiedzie przez kreowanie jakości i satysfakcjonowanie klientów. Wysokie zadowolenie klientów sprzyja powstawaniu silnych emocjonalnych związków z firmą, wykraczających poza jedynie racjonalne preferencje, i kształtuje wysoką lojalność klienta. Związek między jakością, satysfakcją klientów i zyskownością przedsiębiorstwa tworzy więc łańcuch działań służących utrzymaniu kondycji i rozwojowi firmy na rynku.

Wyodrębnią się trzy podstawowe koncepcje satysfakcji klienta⁹:

1) biorąc pod uwagę naturę stanu psychologicznego konsumenta, można akcentować w satysfakcji elementy poznawcze lub raczej reakcje emocjonalne. Synteza tych dwóch punktów widzenia pozwala określić satysfakcję jako doświadczenie klienta wynikające z procesów poznawczych zintegrowanych z elementami emocjonalnymi;

2) rozpatrując charakter doświadczeń konsumenta, można wskazać na dwa podejścia:

- holistyczne, zgodnie z którym satysfakcja jest zespołem doświadczeń wynikających z konsumpcji,
- analityczne, wg którego satysfakcja jest rozpatrywana w odniesieniu do poszczególnych etapów procesu zakupu, konsumpcji i użytkowania produktu.

3) relatywny charakter satysfakcji polegający na procesie porównania subiektywnych odczuć i doświadczeń konsumenta z przyjętą podstawą odniesienia. Wybór podstawy odniesienia jest jednym z głównych kryteriów zróżnicowania teorii eksplikatywnych.

Zastosowanie podejścia analitycznego w badaniu satysfakcji klienta wymaga wyróżnienia następujących aspektów i rodzajów satysfakcji¹⁰:

- satysfakcja częściowa lub globalna,
- satysfakcja bieżąca lub skumulowana,
- satysfakcja niezależna lub porównawcza.

Satysfakcja częściowa odnosi się do danego elementu lub wymiaru produktu czy usługi, jak np. estetyka, trwałość, bezpieczeństwo, obsługa itd.

Satysfakcja globalna jest wypadkową czy sumą satysfakcji częściowych, gdyż odnosi się do całości usługi. Kryterium rozróżnienia wymienionych rodzajów satysfakcji jest zakres, czas badania oraz odniesienie lub nie do konkurencji.

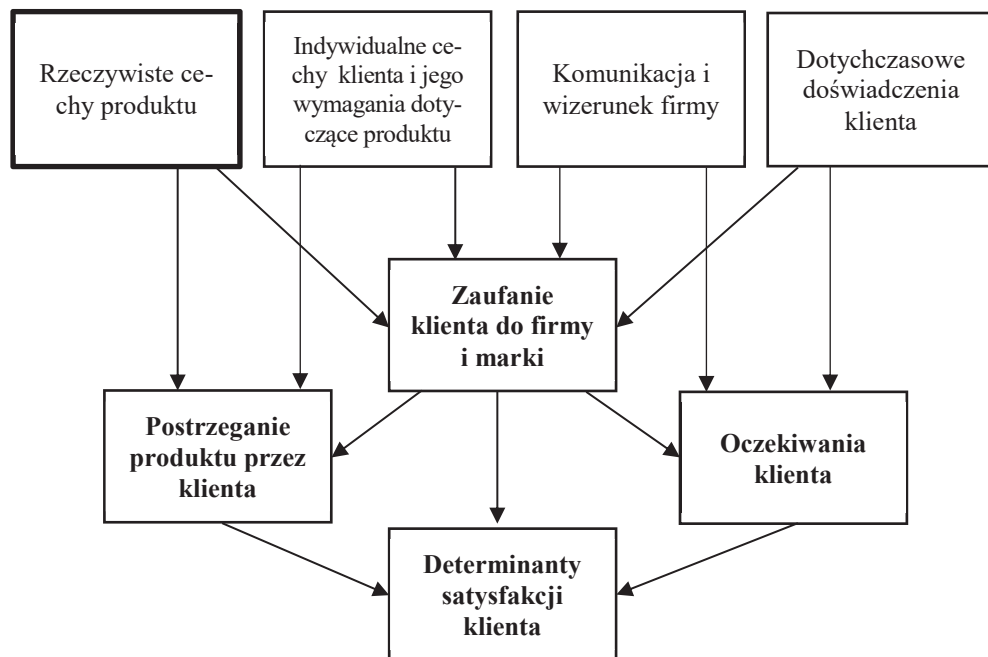
Satysfakcja bieżąca odnosi się do doświadczeń korzystania z usługi czy użytkowania produktu w danym czasie i przestrzeni, np. zadowolenie ze spożytego ostatnio obiadu w danej restauracji, z realizacji ostatniego zamówienia na Allegro itp.

Satysfakcja skumulowana stanowi wynik nawarstwiających się doświadczeń klienta w danym okresie i miejscu, a także w odniesieniu do określonego produktu, usługi, czy przedsiębiorstwa, np. zadowolenia z usługi telefonii komórkowej w okresie ostatnich 6 miesięcy czy zadowolenia z produktów firmy Danone w ciągu ostatniego roku.

⁹ Évrard Y.: La satisfaction des consommateurs: état des recherches, *Revue française du marketing*, 144, s. 53-66, 1993.

¹⁰ Faivre J.P.: Méthodologie des enquêtes de satisfaction clientèle, *Revue française du marketing*, 144, s. 67-90, 1993.

Badania wpływu różnych cech oferty na kształtowanie się satysfakcji klienta pokazują, że pewne atrybuty produktu uczestniczą jedynie w przeciwdziałaniu niezadowolenia klienta, a inne kształtują satysfakcję. Jest to podejście wywodzące się z socjologii pracy, a wyraża je „teoria dwóch czynników”¹¹.



Rys. 1. Czynniki wpływające na satysfakcję klienta

Źródło: Opracowanie własne na podstawie¹²

Metodyka obliczania wskaźnika zadowolenia klienta (CSI – ang. *Customer Satisfaction Index*)

Problem pomiaru zadowolenia klienta jest bardzo istotny dla współczesnych organizacji. W Polsce firmy stosują różnorodne metody tego pomiaru coraz częściej, jednakże ciągle nie jest to powszechna praktyka. Tymczasem na przykład w Japonii prawie każda firma, będąca

¹¹ Maddox R.N., Two-factor theory and consumer satisfaction: replication and extension, *Journal of consumer research*, 8, 1, s. 97-102, 1981.

¹² Hothum C., Spintig S.: Customer satisfaction research, *The Hesomar Handbook of Market and Opinion Research*, 4th ed., McDonald and Vangelder editors, Esomar, s. 853-890, 1998.

członkiem JUSE¹³, stosuje systematycznie mierzenie i rejestrowanie zadowolenia swych klientów¹⁴.

Metoda CSI (CSI – ang. *Customer Satisfaction Index*) – Wskaźnik Zadowolenia Klienta i służy do pomiaru poziomu zadowolenia klientów z oferowanych im produktów¹⁵. Badanie CSI daje odpowiedź na następujące pytania¹⁶:

- Jakie są oczekiwania klienta co do produktu/usługi?
- Które z tych oczekiwań mają największą wartość dla klienta?
- W jakim stopniu nasz produkt spełnia te oczekiwania?
- W które elementy należy inwestować i je rozwijać, a które są przeinwestowane?

Metoda CSI to metoda opierająca się na badaniach ankietowych zadowolenia klienta. Wskaźnik CSI mierzy zadowolenie klienta w zakresie ważności oraz spełnienia różnych wymagań oraz oczekiwań klientów, a także aspektów dotyczących funkcjonowania organizacji, np.¹⁷:

- charakterystyk wyrobów,
- profesjonalności pracowników,
- porównania z produktami konkurencyjnymi.

Pierwszym krokiem przy obliczaniu satysfakcji konsumenckiej, z wykorzystaniem metody CSI jest obliczenie oceny dla poszczególnych czynników i określenie ich wag. W tym celu należy posłużyć się następującymi wzorami:

$$C_i = \frac{\sum_k C_k * n_{ck}}{\sum_k n_{ok}} \quad (1)$$

$$W_i = \frac{\sum_k W_k * n_{ck}}{\sum_k n_{ok}} \quad (2)$$

Tabela 1. Szczegółowa analiza newralgicznych obszarów obsługi klienta

Ocena czynnika C_i (średnia zadowole- nia)	Bardzo niezadowolony	Raczej niezadowolony	obojętny	Raczej zadowolony	Bardzo zadowolony	Aspekt obsługi klienta - czyn- niki	Całkiem nieważne	nieważne	Średnio ważne	Ważne	Bardzo ważne	Waga czyn- nika W_i (średnia waga)
	Zadowolenie						Znaczenie					

¹³ JUSE - Union of Japanese Scientist and Engineers, Japońskie Stowarzyszenie Naukowców i inżynierów

¹⁴ Dahlgaard J.J., Kristensen K., Kanji G.K.: Podstawy zarządzania jakością, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2000.

¹⁵ Hamrol A.: Zarządzanie jakością z przykładami, Wydawnictwo naukowe PWN, 2005.

¹⁶ Wolniak R., Skotnicka B.: Wybrane metody badania satysfakcji klienta i oceny dostawców w organizacjach, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2008.

¹⁷ Hamrol A.: Zarządzanie jakością z przykładami..., op. cit.

	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Xc ₁	1	2	3	4	5	X ₁	1	2	3	4	5	Xw ₁
Xc ₂	3	4	5	1	2	X ₂	3	4	5	1	2	Xw ₂
Xc ₃	5	4	3	2	1	X ₃	5	4	3	2	1	Xw ₃

Źródło : Opracowanie własne.

Kolejnym etapem obliczeń jest wyznaczenie wagi względnej dla poszczególnych wskaźników analizowanej jakości obsługi na stacji paliw. W celu dalszej interpretacji wyników badania satysfakcji należy obliczyć także wartość maksymalną, którą należy przekształcić na wartość procentową. Obliczenie wskaźnika CSI, CSI Max oraz CSI% dla analizowanych zmiennych po dokonaniu obliczeń przedstawiono w tabeli 2.

Zastosowano tu następujące wzory do obliczenia w/w wskaźników:

$$CSI = \sum_{i=1}^N w_i * c_i \quad (3)$$

$$CSI \text{ Max} = \sum_{i=1}^N w_i * c_{i \text{ max}} \quad (4)$$

$$CSI \% = \frac{CSI}{CSI \text{ Max}} * 100\% \quad (5)$$

Tabela 2. Obliczenie Wskaźnika CSI, CSI max oraz CSI%

Czynniki satysfakcji	Ocena czynnika c _i	Waga czynnika w _i	Waga względna w _{wi}	Wskaźnik CSI	CSI Max	
X ₁	Xc ₁	Xw ₁	Xw _{w1}	Z ₁	Z _{max1}	
X ₂	Xc ₂	Xw ₂	Xw _{w2}	Z ₂	Z _{max2}	
X ₃	Xc ₃	Xw ₃	Xw _{w3}	Z ₃	Z _{max3}	
		∑ w _i = Y		CSI	CSI MAX	CSI %
				Z	Z _{max}	Z%

Źródło: Opracowanie własne

Otrzymany wskaźnik CSI kształtujący się na określonym poziomie Z%, należy interpretować zgodnie z przedstawionym w tabeli 3 kryterium, odnosząc do przedziału oceny satysfakcji na pokreślonym poziomie.

Tabela 3. Kryteria oceny wskaźnika CSI wyrażonego w procentach przyjęte w badaniach

Przedział wartości CSI	Ocena
0%-40%	Bardzo niezadowolony
40%-60%	Niezadowolony
60%-75%	Waha się
75%-90%	Zadowolony
90%-100%	Bardzo zadowolony

Źródło: Wolniak, Skotnicka 2008

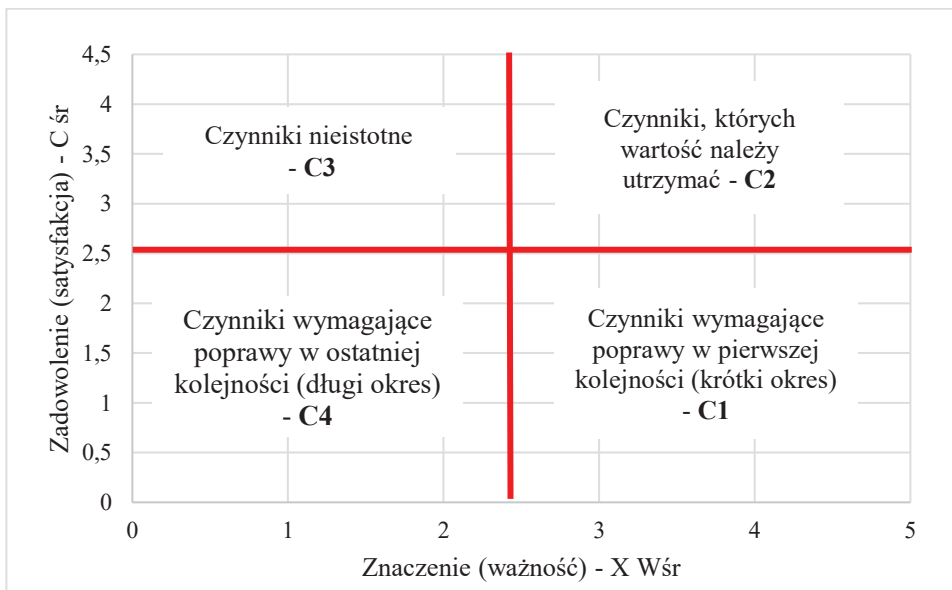
Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych w ich toku wyników należy dokonać sporządzenia tzw. mapy jakości (rys. 2). Jest to technika graficzna, mająca na celu prezentację wyników oceny poszczególnych elementów wpływających na satysfakcję klienta. Pierwszym etapem opracowania mapy jakości jest wyznaczenie punktów jej podziału. Podział następuje na cztery obszary, zgodnie ze średnią wagą czynnika W_i oraz średnią oceną tego czynnika c_i . Tym samym w kolejnym kroku analizy satysfakcji klienta otrzymujemy punkt podziału na osi znaczenia.

Otrzymane wyniki można przedstawić jak poniżej w tabeli 4.

Tabela 4. Wyznaczenie obszarów podziału dla mapy jakości

Czynniki satysfakcji	Waga czynnika W_i	Ocena czynnika c_i
X_1	X_{w1}	X_{c1}
X_2	X_{w2}	X_{c2}
X_3	X_{w3}	X_{c3}
średnie	$XW_{\text{śr}}$	$C_{\text{śr}}$

Źródło : Opracowanie własne.



Rys. 2. Obszary mapy jakości w podziale na znaczenie poszczególnych grup czynników

Następnie na opracowaną mapę jakości należy nanieść średnią wagę czynnika W_{sr} oraz średnią ocenę czynnika C_{sr} i w konsekwencji tego działania otrzymujemy mapę jakości.

Analiza rysunku „mapy jakości” pozwoli na wyciągnięcie wniosków:

- obszar na który należy zwrócić szczególną uwagę – C1;
- obszar, który należy utrzymać na niezmiennym poziomie – C2;
- obszar, który ma niewielkie znaczenie dla klientów – C3;
- obszar, który należy poprawić, lecz nie koniecznie w najbliższym czasie – C4.

Podsumowanie

Z uwagi na fakt, iż badanie satysfakcji klienta jest obecnie niezbędnym elementem służącym do analizy sytuacji firmy i tym samym zdobycia przewagi konkurencyjnej na rynku, większość firm stara się ten fakt stale monitorować. Jak już wspomniano w przypadku sektora usługowego precyzyjna ocena jakości nie jest prosta, ponieważ często zależy ona od osobistych odczuć konsumenta. Współczesny rynek dóbr i usług charakteryzuje się silną i stale rosnącą konkurencją oraz ciągłymi przeobrażeniami ekonomicznymi, a także technologicznymi, za którymi trzeba podążać. W tych warunkach to właśnie jakość jest czynnikiem walki o klientów. Dlatego też w czasie tak ogromnej konkurencji na rynku towarów i usług, stała się „bronią strategiczną” dla firm. Aby firma mogła osiągać coraz lepsze wyniki sprzedaży, zdobyć wysoką pozycję wśród konkurentów, jakość jej produktów lub usług musi być postrzegana i rozpoznawana przede wszystkim przez klienta. To on wytycza najważniejsze kryteria wyboru produktu czy usługi, natomiast firma tworzy produkt/usługę odpowiadającą tym potrzebom.

W niniejszej pracy przedstawiono jedną z wybranych metod oceny satysfakcji klienta – wskaźnik CSI, który jest dość popularnym narzędziem wykorzystywanym w tym celu. Niemniej jednak jest to narzędzie skuteczne przy ocenie satysfakcji konsumenta, aby ocenić i oddzielić od siebie te elementy, które zostają ocenione wysoko, od tych, które należałoby poprawić i udoskonalić. Jak powiedział P. Drucker „charakteru firmy nie określa jej nazwa, statut czy akty prawne. Określają go potrzeby klienta, które zostają zaspokojone, kiedy kupuje on jakiś produkt lub usługę. Zadowolenie klienta stanowi misję i cel każdej firmy. Odpowiedź na pytanie, czym jest nasza firma, można więc uzyskać, jedynie patrząc na nią z zewnątrz, z punktu widzenia klienta i rynku”. Dlatego też jednym z warunków zdobycia przez firmę trwałej pozycji na rynku i utrzymanie poziomu jakości oferowanych usług, jest sprośanie wciąż rosnącym wymaganiom klientów. Wysoka jakość usług jest przede wszystkim efektem dobrego zarządzania firmą.

Bibliografia

- Dahlgaard J.J., Kristensen K., Kanji G.K.: Podstawy zarządzania jakością. Wydawnictwo Naukowe PWN 2000.
- Doroszewicz S.: Standaryzacja funkcji organizacji w systemowym podejściu do zarządzania jakością. *Studia i Prace Kolegium Zarządzania*, 2007, 130.
- Évrard Y.: La satisfaction des consommateurs: état des recherches: *Revue française du marketing*. 144, s. 53-66, 1993.
- Faivre J.P.: Méthodologie des enquêtes de satisfaction clientèle: *Revue française du marketing*, 144, s. 67-90, 1993.
- Frankowska E.: Badanie stopnia zadowolenia klientów z jakości usług: *Zeszyty Naukowe SGSP / Szkoła Główna Służby Pożarniczej*, Nr 41, 2011.
- Filipowicz, G.: *HR Business Partner. Koncepcja i praktyka*. Wolters Kluwer, 2019.
- Hamrol A.: *Zarządzanie jakością z przykładami*, Wydawnictwo naukowe PWN 2005.
- Hothum C., Spintig S.: *Customer satisfaction research: The Hesomar Handbook of Market and Opinion Research*, 4th ed., McDonald and Vangelder editors, Esomar, s. 853-890, 1998.
- Maddox R.N.: Two-factor theory and consumer satisfaction: replication and extension: *Journal of consumer research*, 8, 1, s. 97-102, 1981.
- Mazurek A.: Rola polityki rowerowej Kopenhagi w realizacji wiodących polityk publicznych Danii: *Zarządzanie Publiczne*, 43, 3, s. 323-333, 2018.
- Rodzeń A., Stoma M., Dudziak A.: Inne metody pomiaru jakości usług transportowych, czyli alternatywy dla metody servqual. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie/Politechnika Śląska*, 130, s. 501–511, 2018.
- Urbanek A.: Pomiar zrównoważonej mobilności miejskiej: przegląd badań. *Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów*, (171), s. 61-80, 2019.
- Wojciechowska-Solis J.: Analiza jakości usług biur podróży województwa lubelskiego za pomocą metody servqual: *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług*, 96, *Usługi w Polsce 2012: usługi publiczne-usługi komercyjne*, s. 311-323, 2012.
- Wolniak R., Skotnicka B.: *Wybrane metody badania satysfakcji klienta i oceny dostawców w organizacjach*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2008.
- Woźniak, J., Zimon, D.: Zastosowanie metody CSI do badania satysfakcji konsumentów na przykładzie wybranej sieci handlowej. *Modern management review*, XXI (23) s. 219-229, 2016.

Adres do korespondencji: agnieszka.dudziak@up.lublin.pl
ORCID: Agnieszka Dudziak 0000-0002-4884-5403
ORCID: Monika Stoma 0000-0003-0404-699X
ORCID: Andrzej Kuranc 0000-0001-6033-6380
ORCID: Tomasz Słowik 0000-0001-9449-2234
ORCID: Joanna Szyszlak-Bargłowicz 0000-0001-9273-6725
ORCID: Grzegorz Zajac 0000-0002-9025-4551

ANALIZA STANU TECHNICZNEGO UKŁADU JEZDNEGO I HAMULCOWEGO W ASPEKTCIE BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO

Grzegorz Dzieniszewski^{1,2}, Maciej Leptacz²

¹ Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska w Przemyślu

² Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Rzeszowska, Oddział Stalowa Wola

Wstęp

Wypadki drogowe są jednym z najistotniejszych czynników odpowiedzialnych za zgony w populacji ludzkiej.

Rajchel określa bezpieczeństwo jako stan niezagrażenia określonych dóbr, a bezpieczeństwo ruchu drogowego to ustanowiony formalnie zespół gwarancji powodujących dla uczestnika ruchu niezagrażenie jego dóbr.¹

Bezpieczeństwo ruchu drogowego jest zdeterminowane przez troisty układ czynników, określanych jako człowiek, pojazd, droga, które razem tworzą system². Wadliwości występujące w tym systemie implikują wypadki drogowe, za które w istotnej mierze odpowiada człowiek. W przeciwieństwie do pozostałych podsystemów człowiek występuje w podwójnej roli - z jednej strony jako współautor, a z drugiej jako użytkownik ruchu drogowego³. Tak przyjęte uwarunkowania bynajmniej nie umniejszają siły oddziaływania stanu technicznego pojazdu. To również czynnik ludzki (człowiek) jest odpowiedzialny za rażące naruszenie przepisów o stanie technicznym pojazdów⁴. Lekkość użytkownikom w zakresie dbałości o stan techniczny pojazdów, wspomaganą obojętnością i biernością diagnostów samochodowych, skutkuje faktem, że po drogach poruszają się pojazdy, których układ jezdny i hamulcowy jest w stanie niezdatności technicznej. Jest to o tyle istotne, że sprawność i funkcjonowanie układów bezpieczeństwa biernego i czynnego domniemają i wymagają

¹ Rajchel K., Wieczorek S.: Wypadki drogowe w świetle badań, Erwico, Rzeszów 2000.

² Szymanek A.: Teoria i metodologia zarządzania ryzykiem w ruchu drogowym, Politechnika Raddomska, Wydawnictwo 2012.

³ Basiewicz T., Gołaszewski A., Rudziński L.: Infrastruktura transportu, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2007.

⁴ Łukasik Z., Kuśmińska-Fijałkowska A., Kołodziejczyk P.: Analiza stanu bezpieczeństwa na polskich drogach, Bezpieczeństwo i ekologia, Autobusy 10, 2016.

sprawności technicznej układów jezdnego i hamulcowego⁵. Pojazd może posiadać mnóstwo dostępnych systemów bezpieczeństwa, które na nic się zdadzą jeżeli na skutek zużycia dojdzie do rozłączenia węzła kinematycznego w układzie kierowniczym.

Istota pracy polega na analizie przypadków diagnostycznych w zakresie oceny stanu technicznego układu jezdnego i hamulcowego. Analiza przypadków rażących uchybień stanu technicznego pojazdów została odniesiona do danych dotyczących wypadków drogowych na terenie miasta Tarnobrzega w którym funkcjonuje analizowana stacja diagnostyczna w której przeprowadzono badania. Celem rozważań jest analiza jakości stanu technicznego układu jezdnego i hamulcowego pojazdu odniesiona do możliwych zagrożeń bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Aspekty techniczne i prawne sprawności układu jezdnego i hamulcowego pojazdów

Stan techniczny pojazdów, ze względu na swoją doniosłość dla bezpieczeństwa ludzi uczestniczących w działach komunikacyjnych, został uregulowany formalnie i prawnie. Efektem tych działań są obowiązkowe badania techniczne pojazdów w których bardzo istotnym elementem jest ocena stanu technicznego układów – hamulcowego i kierowniczego.

Badania techniczne pojazdów są obwarowane przepisami w ramach UE zgodnie z dyrektywą 2009/40WE⁶. Na mocy postanowień ogólnych w Polsce obowiązują szczegółowe rozporządzenia krajowe. Warunkują one tryb, zakres i warunki przeprowadzania badań technicznych pojazdów oraz szczegółowe wymagania odnośnie stacji kontroli pojazdów, ich wyposażenia oraz kwalifikacji i kompetencji diagnostów samochodowych.⁷

Wpływ konstrukcji pojazdu na geometrię i bezpieczeństwo

Współczesne pojazdy są konstrukcjami wyposażonymi w szereg systemów bezpieczeństwa czynnego i biernego. Systemy te imponują nazwami, opisami funkcjonowania i zapewnianym stopniem bezpieczeństwa. Ze względu na ograniczone ramy niniejszej pracy omówione zostaną tylko te spośród nich, które w praktyce diagnostycznej stanowią tzw. ciekawe przypadki.

Można śmiało stwierdzić, że pojazd jest na tyle bezpieczny na ile sztywna jest jego konstrukcja. Najczęściej stosowane obecne nadwozia to konstrukcje samonośne, będące pod względem wytrzymałościowym rodzajem konstrukcji cienkościennych⁸. Warto dodać, że na przełomie ostatnich 20 lat sztywność konstrukcji samonośny wrosła ośmiokrotnie. Stało się to głównie za sprawą różnicowania przekrojów, materiałów i wytrzymałości elementów stosowanych w budowie nadwozia. Ogólnie określa się to pojęciem klatki bezpieczeństwa, czyli

⁵ Sitek K., Syta S.: *Badania stanowiskowe i diagnostyka*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Wydanie 1, Warszawa 2011.

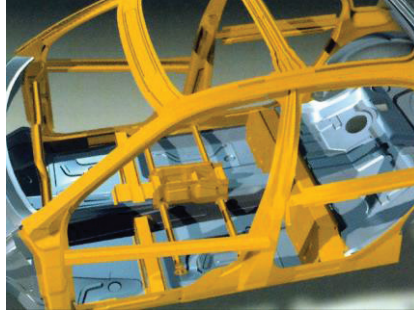
⁶ Dąbrowski M., Kowalczyk S., Trawiński G.: *Diagnostyka pojazdów samochodowych*, Podręcznik do nauki zawodu technik pojazdów samochodowych, WSIP, Warszawa 2018.

⁷ Gawlik Z.: *Vademecum Diagnosty, Auto-Transbud*, Kraków 2017.

⁸ Prochowski L., Żuchowski A.: *Właściwości nadwozia w zakresie pochłaniania energii podczas uderzenia samochodu w sztywną przeszkodę*, Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej, Mechanika 2016.

takiego wykonania nadwozia aby posiadało ono łatwo odkształcalne i rozpraszające energię obszary nadwozia oraz bardzo sztywne i wytrzymałe na odkształcenia przedziały pasażerski⁹.

Na rysunku 1 przedstawiono budowę klatki bezpieczeństwa.



Rys. 1. Układ konstrukcji nośnej nadwozia

Źródło: Wojtas, Skoda, 2018

Można zauważyć, że szczególny wpływ na sztywność tej konstrukcji ma mocna podłoga, zintegrowana ze słupkami drzewiowymi i progami. Oznacza to, że zarówno zastosowane w budowie nadwozia materiały, jak również miejsca łączenia elementów składowych i technika łączenia nie są przypadkowe. Oznacza to, że struktura nośna nadwozia może być naprawiana tylko w określonych przypadkach i zawsze z zastosowaniem odpowiedniej technologii. Na tym polega fenomen tanich pojazdów powypadkowych z USA lub z niektórych krajów UE. W krajach o właściwej kulturze technicznej, także etycznej, bardzo trudno znaleźć wykonawcę do zagrażającej życiu naprawy powypadkowej. Stąd pojazdy uszkodzone w sposób niemożliwy do naprawy zgodnie z właściwą technologią są zwyczajnie złomem wycofanym trwale z eksploatacji. Niestety w Polsce jest inaczej. Jest to wielka tragedia osób, które zostały oszukane, nabyły naprawiony złom – a podczas wypadku zginęły bo nadwozie wytrzymałościowo zachowało się zupełnie inaczej niż przewidział producent. Głównym problemem w Polsce jest całkowity brak odpowiedzialności za naprawy wykonane w niewłaściwy sposób oraz nieszczerły w tej kwestii system badań technicznych pojazdów. Na potrzeby niniejszej pracy zostanie zaprezentowanych kilka archiwalnych zdjęć z KWP w Rzeszowie a dotyczących omawianej problematyki.

Na rysunku 2 przedstawiono zdjęcie z miejsca wypadku w miejscowości Dylągówka.

Z danych KWP wynika, że do zdarzenia przedstawionego na rysunku 2 doszło na skutek nadmiernej prędkości, która spowodowała, że pojazd wypadł z drogi i na skutek uderzenia tylną częścią nadwozia w płot i w rów doszło do wyrwania części nadwozia tuż za przednimi fotelami. Pomimo, że wypadek nie był poważny, zginęły w nim dwie starsze osoby – rodzice kierowcy siedzący na tylnym fotelu. W trakcie badań wraku biegły ustalił, że tylna część nadwozia, tzw. połówka, była dospawana do części przedniej nadwozia niemalże doczołowo, bez jakiegokolwiek wzmocnienia, bez nakładki czy zakładki. Oczywiście pojazd niedawno

⁹ Reński A.: Bezpieczeństwo czynne samochodu. Zawieszenia oraz układy hamulcowe i kierownicze, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011.

przed wypadkiem został sprowadzony i naprawiony w taki jak opisano sposób. Gdyby pojazd miał fabryczną podłogę działające siły nie spowodowałyby żadnych poważanych obrażeń, gdyż niemożliwym jest rozdzielenie części głównego elementu nośnego struktury pojazdu – czyli podłogi. Reasumując, na terenie Niemiec pojazd był złomem, natomiast na terenie Polski po całkowitym zeszlifowaniu spawów – był bezwypadkowym modelem Audi.

Drugim identycznym przypadkiem jest pojazd przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 2. Zdjęcie z miejsca wypadku - Dylągówka

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie KWP
Rzeszów*



Rys. 3. Zdjęcie z miejsca wypadku - Jasienica

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie KWP
Rzeszów*

W tym przypadku (rys. 3) wypadek zakończył się śmiercią trzech osób z tylnego fotela. Po zderzeniu czołowym pojazd wypadł z drogi, dachował i na skutek działających sił odłączyła się dospawana tylna część. Warto zwrócić uwagę na równo ucięty prawy próg, który nawet nie doznał deformacji podczas odłączania się od niego dospawanej części progu i podłogi. Oczywiście opinia biegłego była niemalże identyczna jak w poprzednim przypadku i bezspornie wskazywała na naprawę przeprowadzoną niezgodnie ze sztuką.

Porównując konstrukcję z rysunku 1 w odniesieniu do rysunku 2 i rysunku 3 widać, że tam gdzie producent przewidział maksymalną wytrzymałość konstrukcji, stosując odpowiednie wzmocnienia podłogi progów – niefachowy mechanik porozcinał ustrój nośny i maskując ślady spawania dospawał tylną część.

Omówione dwa przypadki pokazują efekt powypadkowy, trzeba jednak pamiętać, że takie nadwozie ma znikomą sztywność skrętną i już podczas użytkowania jest bardzo niebezpieczne. Ulega deformacjom pod wpływem dynamicznych sił działających podczas jazdy co zupełnie rozstraja w czasie jazdy geometrię układu jezdnego. W takim przypadku nie może być mowy o bezpiecznym prowadzeniu pojazdu, który zachowuje się zupełnie odmiennie od założeń producenta.

Podobnym problemem, chociaż na zdecydowanie mniejszą skalę są pojazdy mocno skorodowane. Paradoks polega na tym, że pojazd mocno skorodowany nie będzie miał ważnych

badań technicznych – natomiast błyszczący zespawany z dwóch wrak z łatwością takie badania uzyska.

Analiza zużycia i typowych uszkodzeń układu jezdnego i hamulcowego w aspekcie bezpieczeństwa ruchu drogowego

Powiązanie stanu technicznego pojazdów z wypadkami i bezpieczeństwem ruchu drogowego jest zadaniem trudnym. Jak zostało zasygnalizowane w wstępie do niniejszej pracy, za bezpieczeństwo w ruchu drogowym odpowiada zespół czynników: człowiek – pojazd – droga. Zgodnie z definicją wypadku do jego zaistnienia niezbędny jest synergiczny wpływ różnych czynników. W praktyce oznacza to, że czynnik ludzki wraz z niesprawnym pojazdem i niebezpiecznymi rozwiązaniami drogowymi powoduje zaistnienie wypadku drogowego.

Znamiennym czynnikiem determinującym wpływ stanu technicznego na bezpieczeństwo ruchu drogowego jest element niewłaściwego zachowania uszkodzonego pojazdu w sytuacjach ekstremalnych. W przeciętnych warunkach eksploatacyjnych wyłączenie konstrukcji pojazdu nie przekracza 70% jego parametrów wytrzymałościowych. Oznacza to, że pojazd w złym stanie technicznym może przez długi czas poruszać się bez wypadku. Czynnikiem inicjującym destrukcyjnych wpływ stanu technicznego są drogowe sytuacje ekstremalne. Konieczność wykonania gwałtownego manewru, konieczność wykonania hamowania awaryjnego najczęściej powoduje przekroczenie możliwości technicznych zużytych i niesprawnych podzespołów pojazdu. W takich warunkach awarii ulega hamulcowy – pęknięcie metalowych skorodowanych lub zestarzonych gumowych przewodów hamulcowych w warunkach konieczności wykonania hamowania awaryjnego. Podobnie gwałtowny manewr omięcia przeszkody powoduje powstanie bardzo dużych sił w układzie jezdnym i kierowniczym, co w konkretnych przypadkach kończy się urwaniem elementów zawieszenia lub awaryjnym rozłączeniem węzła kinematycznego w układzie kierowniczym lub zawieszenia. Podobnie zachowuje się nadmiernie zużyte ogumienie, lub pojazd o niewłaściwej geometrii zawieszenia, który w warunkach awaryjnych może doznać utarty stateczności ruchu a w skrajnym przypadku nieoczekiwanego uślizgu kół i osi.¹⁰

Powyższe rozważania dowodzą, że pomimo iż stan techniczny pojazdu rzadko jest czynnikiem inicjującym wypadek drogowy implikowany awarią układu jezdnego lub hamulcowego to stanowi decydujący czynnik wypadkowy dla czynnika ludzkiego inicjującego wypadek. Potwierdzają to doświadczenia autora pracy w zakresie badań technicznych pojazdów. Ze względu na to, że doświadczenia diagnostyczne dotyczą stanu pojazdów w mieście Tarnobrzeg autor pracy przeanalizował wypadkowość dla tego miasta. Ze względów społecznych miasto Tarnobrzeg należy do grona najsłabszych ekonomicznie miast podkarpacia. Znajduje odzwierciedlenie w wieku i stanie technicznym pojazdów, niestety również ma przełożenie na wypadkowość. Typowym przypadkiem potwierdzającym omówioną problematykę jest śmiertelne potrącenie pieszego na Wisłostradzie w Tarnobrzegu (rysunek 4). Pomimo, że czynnikiem inicjującym wypadek był pieszy przekraczający jezdnię w niewłaściwym miejscu, to czynnikiem technicznym było pęknięcie elastycznego przewodu

¹⁰ Brożyna E.: Czynniki ludzkie a bezpieczeństwo w ruchu drogowym, Bezpieczeństwo i ekologia, 2017.

hamulcowego, które spowodowało nieoczekiwany przez kierowcę spadek siły hamowania i przyczyniło się do śmiertelnych skutków wypadku.



Rys. 4. Śmiertelne potrącenie spowodowane awarią układu hamulcowego

Źródło: Opracowanie własne

Techniczne czynniki bezpieczeństwa w ruchu drogowym – analiza przypadków diagnostycznych

Pojazd samochodowy, z wyjątkiem motocykla i trzykołowego pojazdu samochodowego o dopuszczalnej masie całkowitej nieprzekraczającej 1t, wyposaża się w następujące rodzaje układów hamulcowych, zwanych dalej „hamulcami”¹¹:

- hamulec roboczy działający na wszystkie koła – przeznaczony do zmniejszania prędkości pojazdu i zatrzymywania go w sposób niezawodny, szybki i skuteczny, niezależnie od jego prędkości i obciążenia oraz od kąta wzniesienia lub spadku jezdni, z możliwością regulowania intensywności hamowania i dokonywania hamowania z miejsca kierowcy bez użycia rąk; w odniesieniu do pojazdu inwalidzkiego dopuszcza się użycie jednej ręki,
- hamulec awaryjny działający na koła co najmniej jednej osi pojazdu, przeznaczony do zatrzymania pojazdu w razie awarii hamulca roboczego, z możliwością regulowania intensywności hamowania i dokonywania hamowania z miejsca kierowcy z możliwością trzymania kierownicy przynajmniej jedną ręką,
- hamulec postojowy, przeznaczony do unieruchamiania pojazdu na wzniesieniu i spadku, z możliwością działania podczas nieobecności kierowcy, przy czym robocze części hamulca powinny pozostawać w położeniu zahamowania za pomocą wyłącznie mechanicznego urządzenia i dokonywania hamowania z miejsca kierowcy.

Wyposażenie w hamulec postojowy nie jest wymagane, jeżeli hamulec awaryjny, spełnia wymagane warunki określone dla hamulca postojowego.

Układ kierowniczy nie powinien wykazywać luzów, parametry geometryczne układu jezdni powinny mieścić się w tolerancjach wskazanych przez producenta¹². Ze względu na ważność wspomnianych czynników w ramach niniejszej pracy poddano analizie trzy

¹¹ Gawlik Z.: *Vademecum Diagnosty*, Auto-Transbud, Kraków 2017.

¹² Gawlik Z.: *Przewodnik po przepisach prawnych w zakresie badań technicznych pojazdów*, Auto-Transbud, Kraków 2017.

przypadki pojazdów w których podczas okresowych badań technicznych ujawniono uszkodzenia zagrażające bezpieczeństwu ruchu drogowego.

Wspomniane uprzednio analizy zostały oparte na trzech przypadkach diagnostycznych w pojazdach: BMW seria 5 oraz Opel Meriva.

Analiza przypadku BMW seria 5

Pojazd BMW seria 5 został przyjęty do stacji diagnostycznej celem ustalenia przyczyny niestabilnego prowadzenia pojazdu i ścinania opon. Badanie wstępne kontroli zbieżności wykazało duże odchylenia od stanu normatywnego. W związku z bardzo intensywnym „ścianianiem opon” pojazd został skierowany na stanowisko naprawcze celem ustalenia mechanizmu i przyczyny powstawania omówionych problemów.

Na rysunku 5 przedstawiono zdjęcie z oględzin, podczas którego ustalono, że potencjalną przyczyną jest uszkodzona tuleja pływająca tylnego zawieszenia.

Ponieważ charakterystyczny objaw niszczenia opon występował na obydwu kołach osi tylnej pojazdu zdecydowano o dokonaniu oględzin tulei z drugiej strony.

Na rysunku 6 przedstawiono wygląd metalowo – gumowej tulei pływającej z drugiej strony pojazdu. Podczas badania ujawniono, że tuleja z drugiej strony jest wypracowana, niemniej jednak nie jest rozwarstwiona tak jak tuleja przedstawiona na rysunku 5.



Rys. 5. BMW 5 - Uszkodzona tuleja pływająca tylnego zawieszenia

Źródło: Opracowanie własne



Rysunek 6. BMW 5 – Tuleja po drugiej stronie pojazdu

Źródło: Opracowanie własne

Ustalenia diagnostyczne spowodowały zakwalifikowanie obydwu tulei do wymiany. Niemniej jednak nie były to jedyne uszkodzenia ujawnione w tym pojeździe. Potencjalnie o wiele groźniejszym był nadmierny luz na sworzniu wahacza, który powodował niestabilne prowadzenie pojazdu i ścinanie opon. W przypadku dalszej eksploatacji sworzni mógł ulec większemu uszkodzeniu i wypięć się z wahacza. Wtedy podczas jazdy pojazd utraciłby kierowność, a zwiększone opory wynikające z niekontrolowanego przemieszczania się koła doprowadziłyby do tzw. dachowania.

Na rysunku 7 przedstawiono uszkodzony wahacz przedniego zawieszenia. Zużycie tego elementu jest groźne ze względu na realne niebezpieczeństwo rozłączenia węzła kinematycznego, ponadto całkowicie rozregulowuje geometrię zawieszenia i ze względu na brak stabilności położenia uniemożliwia dokonanie tej regulacji.

Rysunek 8 przedstawia zdemontowany uszkodzony wahacz. Po zdemontowaniu można zauważyć, że uszkodzenie wahacza jest jeszcze bardziej poważne, gdyż oprócz krytycznego zużycia sworznia – bardzo intensywnie jest także zużyta tuleja metalowo – gumowa będąca częścią wahacza.

W związku z powyższym podjęto decyzję o wymianie wahacza i poddania drugiego wahacza szczególnej ocenie stanu technicznego. Podczas oceny stanu technicznego okazało się, że drugi wahacz jest w nienagannym stanie technicznym, wykazuje pełną zdolność eksploatacyjną i nie ma konieczności jego wymiany.

Dlatego też podjęto decyzję o wymianie tylko jednego (uszkodzonego) wahacza. Warto zauważyć, że wahacze – w odróżnieniu od np. amortyzatorów- mogą być wymieniane pojedynczo, dlatego też przyjęty wariant naprawy jest zgodny ze sztuką.



Rys. 7. BMW 5 - Uszkodzony wahacz przedniego zawieszenia

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 8. BMW 5 - Wahacz po zdemontowaniu

Źródło: Opracowanie własne

Na rysunku 9 przedstawiono zawieszenie po zdemontowaniu tulei. Ze względu na to, że elementy zawieszenia w tym pojeździe są wykonane ze stopu aluminium, niezbędne okazało się diagnostyczne ustalenie czy miejsce współpracy z tuleją nie zostało uszkodzone w procesie zużycia mechanicznego lub nie doznało pęknięć na skutek nadmiernych luzów powodujących wymuszenia mogące przekraczać granice wytrzymałości materiału.



Rys. 9. BMW 5 – Zawieszenie po zdemontowaniu tulei

Źródło: Opracowanie własne

Ponieważ nie stwierdzono żadnych przeciwwskazań do montażu tulei, została zamontowana nowa tuleja pływająca lewego i prawego wahacza – rysunek 10.

Na rysunku 11 przedstawiono bardzo poważne i niestety bardzo częste uszkodzenie elastycznego przewodu hamulcowego. Analogiczne uszkodzenie było przyczyną przedstawionego na rysunku 4 śmiertelnego potrącenia, spowodowanego awarią układu hamulcowego. W analizowanym przypadku jeszcze nie doszło do wypadku, lecz przewód elastyczny jest już w krytycznym stanie, który grozi pęknięciem. W przypadku pęknięcia dochodzi do wycieku płynu hamulcowego, co powoduje częściową lub całkowitą utratę sprawności hamulców. W ramach naprawy zostały wymienione elastyczne przewody hamulcowe z obydwu stron.



Rys. 10. BMW 5 – Zamontowana nowa tuleja

Źródło: (Opracowanie własne)



Rys. 11. BMW 5 – Uszkodzony przewód hamulcowy elastyczny

Źródło: Opracowanie własne

Po dokonaniu wymiany uszkodzonych elementów przeprowadzono ponowny pomiar geometrii zawieszenia. W wyniku pomiarów ustalono, że dla osi przedniej zostały przywrócone właściwe nastawy regulacyjne dla zbieżności połówkowej, natomiast dla osi tylnej przywrócone zostało właściwe pochylenie koła, zbieżność połówkowa i całkowita osi tylnej, oraz kąt geometrycznej osi jazdy.

Zestawienie wyników pomiaru geometrii zawieszania przed i po naprawie przedstawiono na rysunku 12.

Klient:		Data: 2021-05-07 10:31				
Firma:		VIN				
Numer		Technik:				
Przebieg:		Nr zlecenia:				
WYNIKI POMIARU GEOMETRII ZAWIESZENIA						
BMW, 2008, 5 SERIES (E60), Sedan AWD Standard Suspension 18" Wheels						
Kąty podstawowe		Początkowe	Specyfikacje		Końcowe	
			Min	Maks		
Przód	WSZ	Lewy	---	---	---	
		Prawy	---	---	---	
	Pochylenie koła	Lewy	-1°14'	-0°45'	0°05'	-1°11'
		Prawy	-0°52'	-0°45'	0°05'	-0°53'
	Zbieżność	Lewy	0°14'	0°04'	0°08'	0°06'
Prawy		-0°02'	0°04'	0°08'	0°07'	
Całkowita		0°12'	0°08'	0°16'	0°13'	
Tył	Pochylenie koła	Lewy	-1°27'	-2°05'	-1°55'	-2°02'
		Prawy	-1°55'	-2°05'	-1°55'	-2°01'
	Zbieżność	Lewy	0°19'	0°07'	0°11'	0°08'
		Prawy	0°22'	0°07'	0°11'	0°08'
		Całkowita	0°41'	0°14'	0°22'	0°17'
Kąt geometrycznej osi jazdy			0°01'	0°12'	0°00'	
Kąty wtórne		Początkowe	Specyfikacje		Końcowe	
			Min	Maks		
PSZ	Lewy	---	---	---	---	
	Prawy	---	---	---	---	
Poch. koła + PSZ	Lewy	---	---	---	---	
	Prawy	---	---	---	---	
Różn. k. skrętu	Lewy	---	1°23'	2°23'	---	
	Prawy	---	1°23'	2°23'	---	
Maks. skręt - koło zew.	Lewy	---	39°42'	39°42'	---	
	Prawy	---	39°42'	39°42'	---	
Zmiana krzywej zbieżności	Lewy	---	---	---	---	
	Prawy	---	---	---	---	
Przesunięcie kół na osi	Przód	-3mm	---	---	-4mm	
	Tył	-21mm	---	---	-19mm	
Różnica rozstawu kół		0mm			0mm	
Nierównoległość osi		18mm			15mm	
wysokość zawieszenia - przód	Lewy	---	622mm	642mm	---	
	Prawy	---	622mm	642mm	---	
Wysokość zawieszenia - tył	Lewy	---	601mm	621mm	---	
	Prawy	---	601mm	621mm	---	
Kąt ramy					---	

Rys. 12. BMW 5 - Wynik pomiaru geometrii pojazdu

Źródło: Opracowanie własne

Analiza przypadku Opel Meriva

Kolejnym bardzo niebezpiecznym przypadkiem diagnostycznym jest uszkodzona przekładnia kierownicza w pojeździe Opel Meriva – rysunek 3.13. Pomimo, że symptomy uszkodzenia były dobrze słyszane jako głośne stuki przy skręcaniu kierownicą, a podczas jazdy pojazd prowadził się niestabilnie, właściciel lekceważył te objawy. Dopiero negatywny wynik badania technicznego spowodował, że zdecydował się na remont układu kierowniczego.

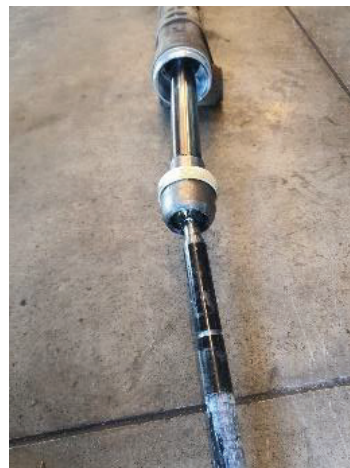
Warto zauważyć, że w tym przypadku zagrożenie wypadkiem było ogromne. Wykruszone znacznej wielkości fragmenty zębów na listwie zębatej spowodowały, że w przekładni kierowniczej znajdowały się odłamki, które w każdej chwili mogły zablokować przekładnię kierowniczą. Oznacza to, że w każdej chwili mogło dojść do całkowitej utraty kierowności pojazdu, co z dużym prawdopodobieństwem byłoby przyczyną wypadku.

Ponadto można zauważyć bardzo nietypowe zużycie zębów listwy zębatej przekładni, noszące znamiona wykruszenia z udziałem ciał obcych. Wyraźnie widać, że ślady blokowania mechanizmu przekładni pojawiały się już wcześniej.

W efekcie zużycia i uszkodzeń, pojazd nie trzymał toru jazdy. Na rysunku 14 została pokazana lewa strona przekładni oraz uszkodzona listwa zębata.



Rys. 13. Opel Meriva - Uszkodzona przekładnia kierownicza, nadmierny luz na listwie



Rys. 14. Opel Meriva – uszkodzona listwa zębata

Źródło: Opracowanie własne

Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 15 przedstawia zdemontowaną przekładnię kierowniczą. Można zauważyć, że zewnętrzny wygląd przekładni w żaden sposób nie zwiastuje tak poważnych i groźnych uszkodzeń. Osłony gumowe są kompletne i prawidłowo założone, brak wycieków środka smarnego lub uszkodzeń obudowy.

Rysunek 16 przedstawia widok wewnętrznych mechanizmów przekładni kierowniczej. Wyraźnie widać ślady zatarć oraz intensywnego zużycia ściernego. Ujawniony mechanizm zatarć potwierdza, że wpływ uszkodzenia na bezpieczeństwo był bardzo duży. W każdej chwili mogło dojść do zablokowania układu kierowniczego w trakcie jazdy.



Rys. 15. Opel Meriva - Zdemontowana uszkodzona przekładnia kierownicza



Rys. 15. Opel Meriva – ślady intensywnego zużycia ściernego

Źródło: Opracowanie własne

Źródło: Opracowanie własne

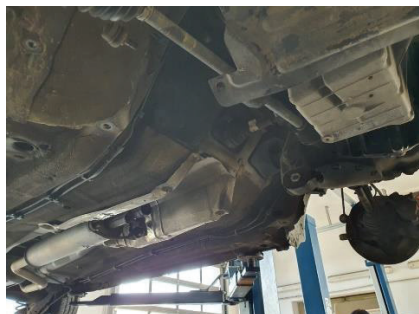
Ze względów konstrukcyjnych i rozwiązań zastosowanych w Oplu Meriva proces wymiany przekładni nie był zbyt skomplikowany. Przekładnia jest mocowana do ramy pośredniej i dzięki temu można dokonać wymiany przy niewielkim stopniu demontażu pojazdu. Na rysunku 17 przedstawiono pojazd ze zdemontowaną ramą pośrednią i zdemontowaną przekładnią kierowniczą.

Rysunek 18 przedstawia widok zdemontowanej ramy pośredniej i zamontowanej do niej nowej przekładni kierowniczej.

Omówiona technologia naprawy w sposób oczywisty potwierdza, że nie była to naprawa skomplikowana ani czasochłonna. Koszt przekładni również nie był wysoki. Całość naprawy wyniosła kilkaset złotych. W ten sposób usunięto ryzyko wypadku, który mógł zaistnieć praktycznie w każdej chwili ruchu pojazdu.

W tym miejscu warto sobie zadać pytanie, dlaczego przekładnia pojazdu była w tak złym stanie techniczny. Mechanizmów i przyczyn może być wiele. Dokonane oględziny ujawniły, że wykruszenia występują w kilku miejscach listwy zębatej. Może to sugerować, że albo materiał, albo obróbka cieplno-chemiczna listwy zębatej nie były właściwe. Tezę tą potwierdza fakt, że osłony gumowe nie były uszkodzone, wewnątrz przekładni nie było zanieczyszczone i skorodowane. Można zatem z dużym prawdopodobieństwem wykluczyć destrukcyjny wpływ zewnętrznego ciała obcego, które potencjalnie mogło znaleźć się w przekładni.

Pewnym wyjaśnieniem tej sytuacji jest powypadkowa przeszłość pojazdu. Można zatem domniemywać, że podczas naprawy powypadkowej zastosowany został zamiennik przekładni odznaczający się bardzo niską jakością.



Rys. 16. Opel Meriva – Zdemonstrowana z pojazdu rama pośrednia

Źródło: Opracowanie własne



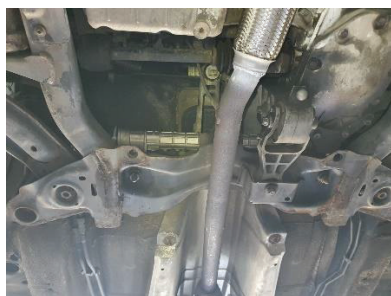
Rys. 17. Opel Meriva - Zamontowana nowa przekładnia kierownicza na ramie pośredniej

Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 19 przedstawia widok ramy pośredniej z nową przekładnią kierowniczą zamontowane do pojazdu.

Podsumowując analizę diagnostyczną tego przypadku, można zauważyć, że nie tylko czynniki eksploatacyjne mają wpływ na stan techniczny pojazdów. Bardzo istotna jest także kwestia jakości technicznej części i zamiennych stosowanych w naprawach i sama technologia napraw.

Na rysunku 20 przedstawiono zamontowaną nową przekładnię o właściwych parametrach i dobrej jakości.



Rys. 18. Opel Meriva – Przekładnia i rama pośrednia zamontowane w pojeździe

Źródło: Opracowanie własne



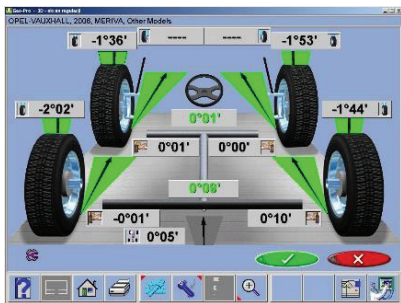
Rys. 19. Opel Meriva – Zamontowana przekładnia kierownicza przed ustawianiem geometrii zawieszenia

Źródło: Opracowanie własne

Tak poważna ingerencja w układ kierowniczy pojazdu, oraz wymiana przekładni kierowniczej wymagają bezwzględnie ustawienia geometrii układu kierowniczego oraz kontroli geometrii układu jezdnego.

Na rysunkach 21, 22 oraz 23 przedstawiono zrzuty ekranowe z urządzenia na którym dokonywano kontroli oraz regulacji geometrii zawieszenia.

Dokonana naprawa pozwoliła na przywrócenie pełnej sprawności układu kierowniczego. Wszystkie parametry geometrii zawieszenia osiągają normatywne parametry. Przywrócona została pełna sprawność pojazdu, poziom bezpieczeństwa powrócił do takiego stanu w jakim pojazd uzyskał homologację.



Rys. 20. Opel Meriva – Parametry geometrii pojazdu po ustawieniu

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 21. Opel Meriva - Geometria przedniej osi pojazdu

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 22. Opel Meriva - Geometria tylnej osi pojazdu

Źródło: Opracowanie własne

Wnioskiem nadrzędnym płynącym z analizy tego przypadku jest konieczność permanentnego monitorowania stanu technicznego pojazdu oraz konieczność stosowania części zamiennych o właściwej jakości.

Podsumowanie i wnioski końcowe

Bezpieczeństwo ruchu drogowego zależy od wielu czynników, głównie od systemu człowiek – pojazd – droga¹³. Na sporą część z tych czynników przeciętny użytkownik ma bardzo minimalny wpływ - chociażby na stan infrastruktury drogowej. Na niektóre czynniki wpływ ten jest niewielki - jak na poziom wykształcenia kierowców i ich cechy psychofizyczne. Jednak istnieje jeden czynnik, który jest mocno zależny od użytkownika – stan techniczny pojazdu.

Bynajmniej nie chodzi tutaj o to aby zakazać użytkowania pojazdów starych, jakich w rejonie aktywności zawodowej autora pracy jest bardzo dużo. Rzecz w tym, aby stan techniczny pojazdów był właściwy.

Pokutuje błędny pogląd i przekonanie o tym, że zły stan pojazdów wynika ze złej sytuacji ekonomicznej gospodarstw domowych. Jest to nieprawda. Jak wykazano w ramach niniejszej pracy, spektakularne przypadki zagrożenia bezpieczeństwa ruchu drogowego przez zły stan pojazdów najczęściej są możliwe do usunięcia stosunkowo niskim kosztem.

Problemem złego stanu technicznego pojazdów jest raczej mentalność, przekonanie o tym, że wypadki dotyczą „innych”, że jeżdżąc powoli i ostrożnie można jeździć niesprawnym pojazdem. Są to oczywiście błędne koncepcje, gdyż jak udowodniono w ramach niniejszej pracy, niesprawności pojazdu ujawniają się bardzo intensywnie w sytuacjach ekstremalnych. Sparciały gumowy przewód hamulcowy może być eksploatowany latami, aż do chwili gdy konieczne będzie wykonanie hamowania awaryjnego. A wtedy przewód ulegnie uszkodzeniu i dojdzie do wypadku – często śmiertelnego, jak ten omówiony w niniejszej pracy. Pojawia się pytanie o koszt – kilkadziesiąt złotych za przewód i tyleż samo za wymianę, a z tego powodu zginął człowiek.

Główne wnioski wynikające z pracy można wyartykułować w następujący sposób:

1. Istnieje ścisła korelacja stanu technicznego pojazdów z bezpieczeństwem ruchu drogowego;
2. Kluczowe dla bezpieczeństwa ruchu drogowego układy pojazdu to układ jezdny, kierowniczy i hamulcowy;
3. Typowe zużycie i uszkodzenie w układzie jezdnym i hamulcowym jest niezbyt kosztowne i stosunkowo proste do usunięcia;
4. System badań technicznych powinien być bardziej „szczelny” w stosunku do stanu technicznego układów pojazdu odpowiadających za bezpieczeństwo ruchu drogowego.

¹³ Łata K.: Bezpieczeństwo na drogach, Wydawnictwo Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji, Kraków 2001.

Bibliografia

- Basiewicz T., Gołaszewski A., Rudziński L.: Infrastruktura transportu, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2007.
- Brożyna E.: Czynniki ludzkie a bezpieczeństwo w ruchu drogowym, *Bezpieczeństwo i ekologia*, 2017.
- Dąbrowski M., Kowalczyk S., Trawiński G.: Diagnostyka pojazdów samochodowych. Podręcznik do nauki zawodu technik pojazdów samochodowych, WSIP, Warszawa 2018.
- Gawlik Z.: Przewodnik po przepisach prawnych w zakresie badań technicznych pojazdów, Auto-Transbud, Kraków 2017.
- Gawlik Z.: *Vademecum Diagnostyki*, Auto-Transbud, Kraków 2017.
- Gębiś P.: *Niezbędnik diagnostyki SKP 2021, SIMP*, Tarnów 2021.
- Łata K.: *Bezpieczeństwo na drogach*, Wydawnictwo Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji, Kraków 2001.
- Łukasik Z., Kuśmińska-Fijałkowska A., Kołodziejczyk P.: *Analiza stanu bezpieczeństwa na polskich drogach*, *Bezpieczeństwo i ekologia*, *Autobusy* 10, 2016.
- Prochowski L., Zuchowski A.: *Właściwości nadwozia w zakresie pochłaniania energii podczas uderzenia samochodu w sztywną przeszkodę*, *Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej, Mechanika*, 2016.
- Rajchel K., Wieczorek S.: *Wypadki drogowe w świetle badań*, Erwico, Rzeszów, 2000.
- Reński A.: *Bezpieczeństwo czynne samochodu. Zawieszenia oraz układy hamulcowe i kierownicze*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011.
- Sitek K., Syta S.: *Badania stanowiskowe i diagnostyka*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Wydanie I, Warszawa 2011.
- Szymanek A.: *Teoria i metodologia zarządzania ryzykiem w ruchu drogowym*, Politechnika Radomska, Wydawnictwo, 2012.
- Wojtas A., Szkoła M.: *Analiza wybranych czynników wpływających na bezpieczeństwo w ruchu drogowym*, *Logistyka*, 2018.

Adres do korespondencji: e-mail: g.dzieniszewski@pwsu.edu.pl
ORCID: Grzegorz Dzieniszewski 0000-0002-2712-1131

PROJEKT KONSTRUKCYJNY PRZYCZEPY DO PRZEWOZU KONI Z ZASTOSOWANIEM SYSTEMÓW CAD I MES

Grzegorz Dzieniszewski^{1,2}, Michał Banaczyk²

¹ Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska w Przemyślu

² Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Rzeszowska, Oddział Stalowa Wola

Wstęp

Przyczepa do przewozu koni to pojazd bez własnego napędu, który jest dostosowany do ciągnięcia przez inny pojazd silnikowy. Jest specjalnie przystosowana do transportu drogowego koni. Jej dopuszczalna masa całkowita nie może przekraczać 3,5t.

Prezentowane rozważania obejmują dobór układu jezdnego oraz projekt układu nośnego przyczepy, zastosowanie metody elementów skończonych do analizy wytrzymałościowej ramy przyczepy, opracowanie dokumentacji technicznej przyczepy (modele bryłowe, symulacje MES, rysunki wykonawcze i złożeniowe).

Konstrukcje mechaniczne są najczęściej modelowane jako bryły, rzadziej jako powierzchnie¹. Koncepcja pracy w programie Inventor zaleca stosować modele bryłowe, bardziej podatne na obliczenia MES². Oprogramowania komputerowe wprowadziły szereg udogodnień dla inżynierów oraz zastąpiły ręczny proces projektowania³. Systemy CAD i MES optymalizują proces projektowy i konstrukcyjny⁴.

Do wykonania projektu przyczepy wykorzystano oprogramowanie Autodesk Inventor 2020 Professional. Program ten zawiera narzędzia do projektowania modeli trójwymiarowych, pozwala na tworzenie dokumentacji technicznej oraz umożliwia przeprowadzenie analiz i symulacji mechanizmów⁵.

¹ Penkala P., Gorecki T.: Modelowanie bryłowe i powierzchniowe w systemach CAD/CAM, Postępy nauki i techniki, Nr 4, 2010, 75-84.

² Płuciennik P.: Projektowanie elementów maszyn z wykorzystaniem programu Autodesk Inventor, PWN, Warszawa 2013.

³ Bąk R., Burczyński T.: Wytrzymałość materiałów z elementami ujęcia komputerowego. WNT, Warszawa 2009.

⁴ Chlebus E.: Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji, WNT, Warszawa 2000.

⁵ Jaskulski A.: Autodesk Inventor 2020 PL / 2020+ Podstawy metodyki projektowania, PWN, Warszawa 2019.

Powszechną tendencją jest modelowanie konstrukcji ramowych z wykorzystaniem generatora ram, niemniej jednak ta metoda ta nie zawsze jest optymalna ze względu na złożoność konstrukcji przyczep.⁶

Warunki i sposoby transportu drogowego koni

„Przyczepa – pojazd bez silnika, przystosowany do łączenia go z innym pojazdem.”⁷

Szczegółowe warunki dotyczące przewozu koni oraz wymiarów gabarytowych przyczep można znaleźć w ustawach i rozporządzeniach. Opisują one minimalne powierzchnie wymagane do transportu żywych zwierząt oraz sposoby transportu.

Warunki transportu

„Nikt nie może przewozić zwierząt lub zlecać transportu zwierząt w sposób powodujący ich okaleczenie lub przyczyniający się do zadawania im cierpienia.”⁸

Przyczepy dedykowane do przewozu koni powinny być wyposażone w:

- izolowane ściany oraz zadaszenie, które ma za zadanie chronić zwierzęta przed czynnikami atmosferycznymi,
- dostosowaną powierzchnię, umożliwiającą swobodny transport dla zwierząt,
- poidła oraz systemy karmienia zwierząt,
- wentylację przystosowaną do gatunku oraz wymiarów zwierzęcia.

Konie należy przewozić z uwzględnieniem podziału na zwierzęta dorosłe oraz źrebaki, kastrowane i niekastrowane, wykazujące agresję do siebie. Do przewozu takich par należy zastosować ścianki działowe.

Podłoga przyczepy oraz trap musi posiadać odpowiednią przyczepność kopyt oraz zapewniać łatwość utrzymania czystości podczas przewozu. Otwarty trap powinien być nachylony do podłoża pod kątem nie większym niż 20°.

Środki przewozu muszą być wyczyszczone oraz zdezynfekowane przed każdą przejechaną trasą.

Czas podróży

„Należy m.in. wybrać gałąź transportu, środek transportu, dopilnować, aby zostały spełnione wszystkie wymogi związane ze szczegółowymi przepisami dotyczącymi transportu żywych zwierząt oraz zaplanować trasę przejazdu z uwzględnieniem miejsc, w których można zatrzymać się na obowiązkowe postoje.”⁹

⁶ Polaski R., Zimmicki K.: Projekt i analiza wytrzymałościowa stojaka motocyklowego w środowisku Autodesk Inventor, Postępy w inżynierii mechanicznej, Nr 6, 2015, 57-66

⁷ Ustawa z dnia 20 czerwca 1997r. Prawo o ruchu drogowym

⁸ Rozporządzenie rady (WE) NR 1/2005 z dnia 22 grudnia 2004 r. w sprawie ochrony zwierząt podczas transportu i związanych z tym działań oraz zamieniające dyrektywy 64/432/EWG i 93/119/WE oraz rozporządzenie (WE) nr 1255/97

⁹ Szczepańska A.: Aspekty logistyczne w obszarze transportu zwierząt żywych na przykładzie przewozu koni. Logistyka, 2011.

Czas transportu koni nie może przekroczyć 8 godzin. Aby wydłużyć czas podróży, należy spełnić odpowiednie warunki.

- 1) Przyczepa powinna posiadać dodatkowe oprzyrządowanie, takie jak:
 - złącze do wody,
 - system wentylacji.
- 2) W przyczepie powinna znajdować się wystarczająca ilość ściółki.
- 3) Przewoźnik powinien zapewnić dostateczną ilość paszy.
- 4) Wymagany jest bezpośredni dostęp do zwierząt.
- 5) Maksymalny czas transportu wynosi 24 godziny (łącznie z przystankami). Dorosłe konie powinny mieć zapewniony godzinny postój po upływie 14 godzin podróży (źrebięta natomiast po upływie 9 godzin). Można pominąć postój jeżeli przewóz zakończy się w ciągu dwóch godzin.

Minimalna przestrzeń

Przestrzeń jaką należy zapewnić w czasie transportu drogowego zwierząt koniowatych, uzależniona jest od przedziału wiekowego zwierząt.

Gabaryty powierzchni mogą różnić się o 10% (dla dorosłych koni i kucyków) lub 20% (dla źrebiąt) w zależności od: czasu transportu, pogody, masy oraz kondycji fizycznej zwierząt.

W tabeli 1 przedstawiono minimalne wymiary powierzchni przyczepy przeznaczonej do przewozu koni.

Tabela 1. Wielkość powierzchni przyczepy do transportu koni

Dorosłe konie	1,75 m ² (0,7 x 2,5 m)
Młode konie (6 – 24 miesięcy) (dla podróży do 48 godzin)	1,2 m ² (0,6 x 2m)
Młode konie (6 – 24 miesięcy) (dla podróży ponad 48 godzin)	2,4 m ² (1,2 x 2m)
Kucyki (poniżej 144 cm)	1,2 m ² (0,6 x 1,8m)
Źrebięta (0 – 6) miesięcy	1,4 m ² (1 x 1,4m)

Źródło: (Rozporządzenie ministra Infrastruktury z dnia 6 października 2003r. w sprawie szczegółowych warunków i sposobu transportu zwierząt)

W tabeli 2 przedstawiono wymagane wymiary przyczepy.

Tabela 2. Wymiary przyczepy

Długość	12 m
Szerokość	2,55 m
Wysokość	4 m
Odległość między tylną osią pojazdu samochodowego a przednią osią przyczepy	Nie mniejsza niż 3 m
Odległość między najdalej wysuniętym do przodu punktem przestrzeni ładunkowej położonej za kabiną kierowcy a tylnym obrysem przyczepy	Nie może przekraczać 16,4 m

Źródło: Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia

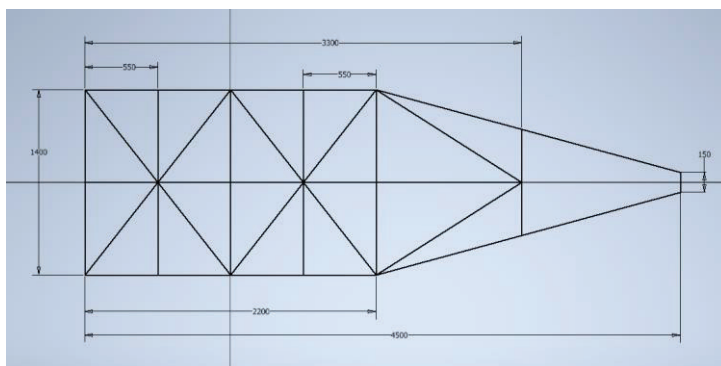
Projekt ramy podwozia przyczepy

Pierwszym etapem projektowania było zaprojektowanie ramy przyczepy. Następnie za pomocą metody MES, została poddana analizie wytrzymałościowej.

Szkic ramy

Szkic ramy podwozia przyczepy został stworzony w oparciu o minimalną wielkość powierzchni, jaka jest wymaga do przewozu koni w transporcie drogowym.

Na rysunku 1 przedstawiono szkic konstrukcyjny ramy przyczepy.



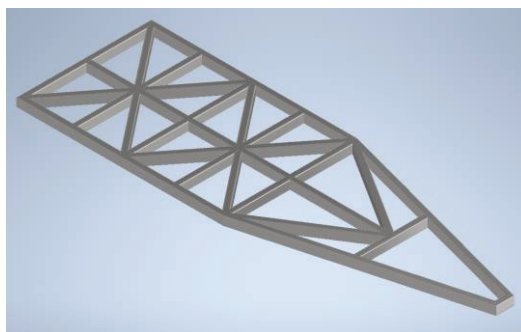
Rys. 1. Szkic ramy przyczepy

Źródło: Opracowanie własne

Model ramowy

Do wykonania modelu ramowego wykorzystano generator ram. Kształtowniki pochodzą z biblioteki Content Center programu Autodesk Inventor Professional 2020. Profile zostały wstawione w odniesieniu o wcześniej wykonany szkic. Wykorzystane kształtowniki to ISO 4019, prostokątne, o profilu wydrążonym konstrukcyjnie, o wymiarach 60x100x5mm.

Na rysunku 2 przedstawiono model ramy podwozia przyczepy.



Rys. 2. Model ramowy

Źródło: Opracowanie własne

Analiza wytrzymałościowa

Do symulacji wytrzymałościowej zastosowano dwie podpory stałe w miejscu zaczepu kulowego przyczepy oraz cztery podpory przesuwne w miejscu usytuowania kół. Rama została obciążona siłą rozłożoną w trzech punktach o łącznej wartości 10000N.

W tabeli 3 przedstawiono wartości poszczególnych sił.

Tabela 3. Wartości sił obciążenia

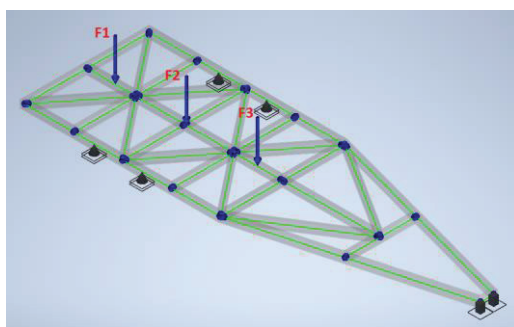
Siła	Wartość
F1	2000 N
F2	6000 N
F3	2000 N

W tabeli 4 przedstawiono wartości właściwości wytrzymałościowych materiału wykorzystanego do przeprowadzenia analizy.

Tabela 4. Właściwości wytrzymałościowe materiału

Właściwości	Wartości
Granica plastyczności	207 Mpa
Wytrzymałość na rozciąganie	345 Mpa
Moduł Younga	220 GPa

Na rysunku 3 zostały przedstawione umiejscowienia podpór oraz przyłożenia sił.

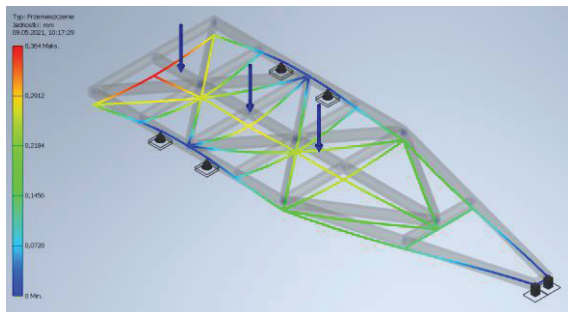


Rys. 3. Rozkład sił oraz umiejscowienie podpór w trakcie symulacji

Źródło: Opracowanie własne

Model przyczepy został poddany analizie wytrzymałościowej.

Na rysunku 4 przedstawiono przemieszczenie belek ramy w milimetrach.

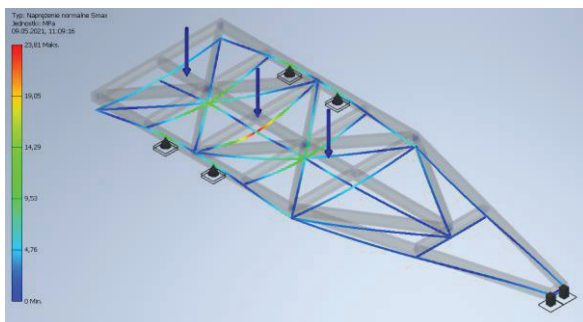


Rys. 4. Przesunięcie belek ramy

Źródło: Opracowanie własne

Maksymalne przesunięcie jest równe 0,36 mm i występuje w tylnej belce ramy przyczepy.

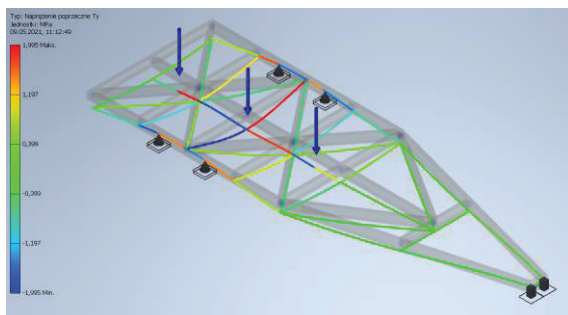
Na rysunku 5 przedstawiono maksymalne naprężenia normalne.



Rys. 5. Naprężenia normalne

Źródło: Opracowanie własne

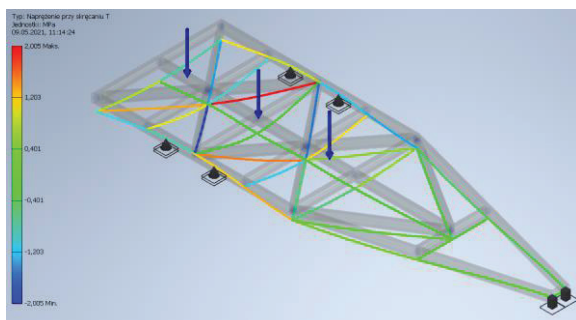
Na rysunku 6 przedstawiono naprężenia poprzeczne na osi y.



Rys. 6. Naprężenia poprzeczne

Źródło: Opracowanie własne

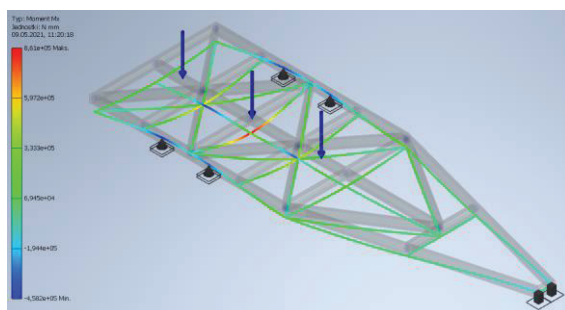
Na rysunku 7 przedstawiono naprężenia przy skręcaniu.



Rys. 7. Naprężenia przy skręcaniu

Źródło: Opracowanie własne

Na rysunku 8 przedstawiono momenty skręcające.



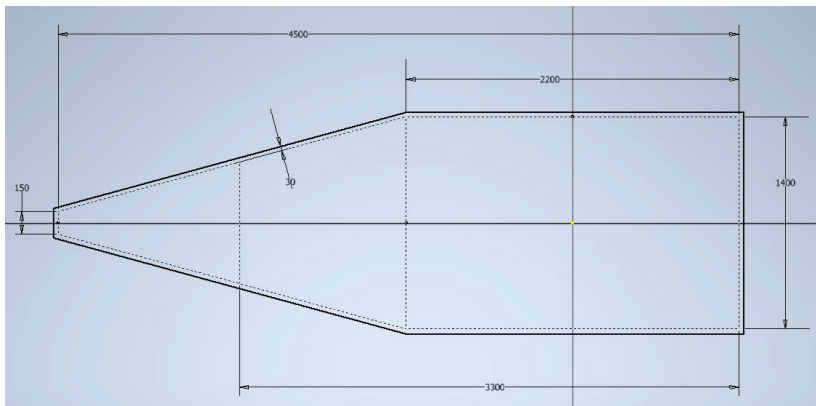
Rys. 8. Momenty skręcające

Źródło: Opracowanie własne

Konstrukcja ramowa nadwozia przyczepy

Szkic bazowy

Na rysunku 9 przedstawiono szkic z wymiarami przyczepy z odsunięciem o połowę szerokości kształownika ramy przyczepy (30 mm).



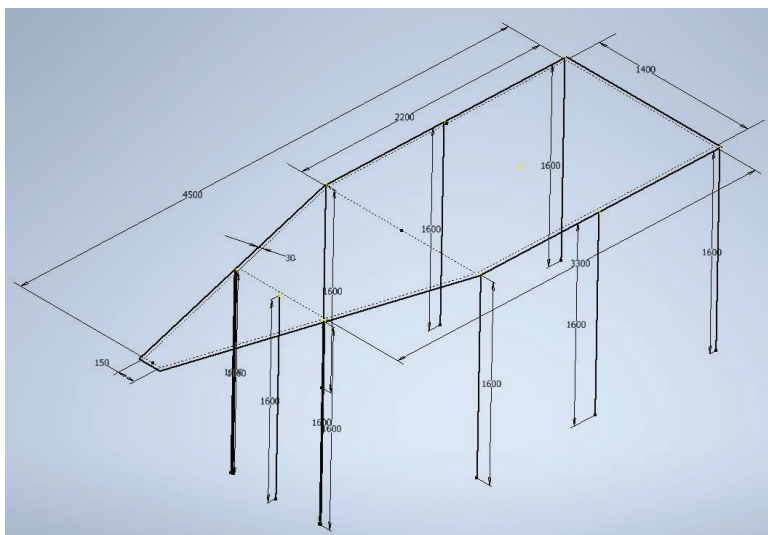
Rys. 9. Szkic bazowy

Źródło: Opracowanie własne

Konstrukcja ramowa ścian

Do szkicu bazowego dorysowano szkic 3D, który określa pozycję oraz długości kształtowników.

Na rysunku 10 przedstawiono szkic 3D konstrukcji ścian przyczepy.

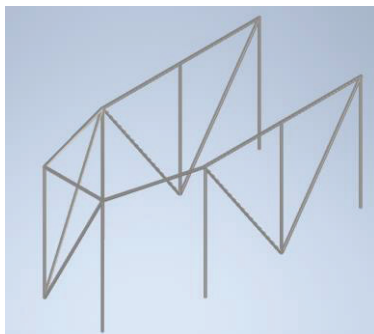


Rys. 10. Szkic 3D konstrukcji ścian

Źródło: Opracowanie własne

Za pomocą polecenia wstaw kształtnik, dodano kształtniki z biblioteki Content Center ISO 4019 o profilu kwadratowym i wymiarach 30x30x3mm.

Na rysunku 11 przedstawiono konstrukcję z kształtowników ścian przyczepy.



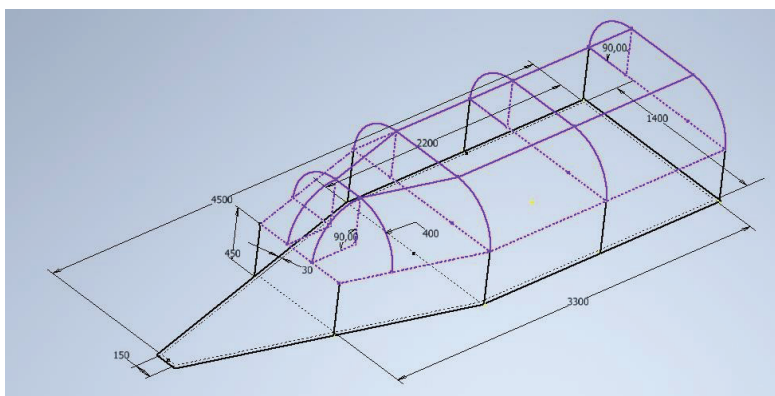
Rys. 11. Konstrukcja ramowa ścian

Źródło: Opracowanie własne

Konstrukcja ramowa dachu

Analogicznie do tworzenia szkicu ścian został utworzony szkic 3D, który określa położenie konstrukcji z kształtowników dachu przyczepy.

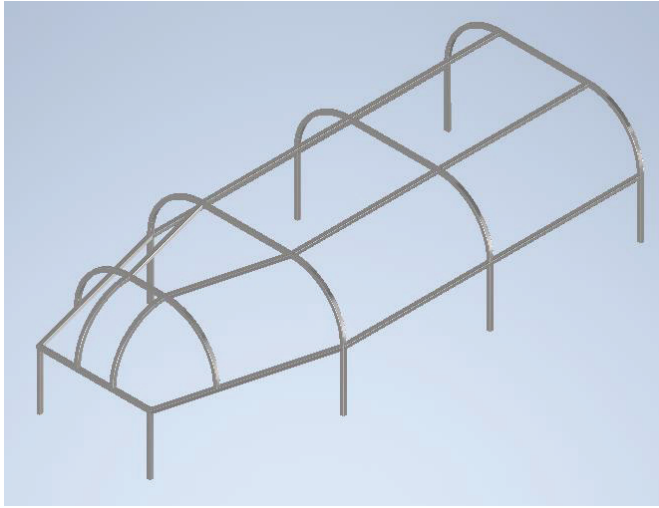
Na rysunku 12 przedstawiono szkic 3D konstrukcji dachu przyczepy.



Rys. 12. Szkic 3D dachu

Źródło: Opracowanie własne

Na rysunku 13 przedstawiono konstrukcję z kształtowników dachu przyczepy.

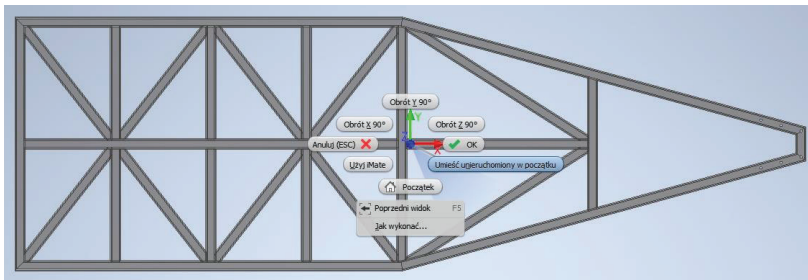


Rys. 13. Konstrukcja ramowa dachu

Źródło: Opracowanie własne

Złożenie przyczepy do przewozu koni

Rama przyczepy została unieruchomiona w początku układu współrzędnych. Na rysunku 14 przedstawiono wstawianie ramy przyczepy.

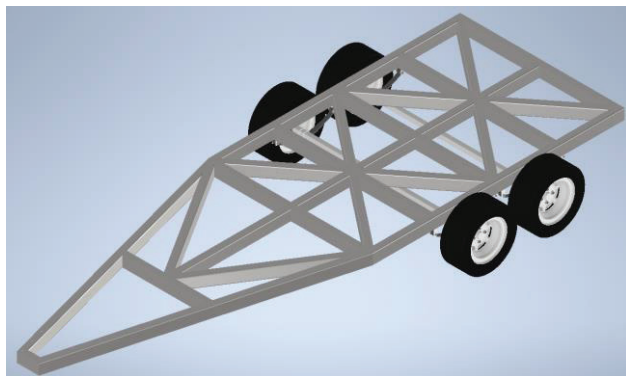


Rys. 14. Unieruchomienie ramy przyczepy

Źródło: Opracowanie własne

Złożenie zawieszenia zostało zestawione z ramą przyczepy. Następnie utworzono kopie złożenia za pomocą szyku komponentów.

Na rysunku 15 przedstawiono zestawienie zawieszenia do ramy.



Rys. 15. Zawieszenie przyczepy

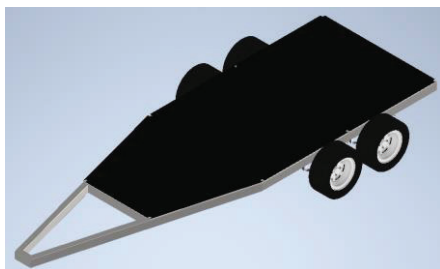
Źródło: Opracowanie własne

Podłoga przyczepy została wykonana z dwóch materiałów. Blacha podłogi ma na celu wytrzymanie obciążenia zadanego przez masę konia, a guma zapewnienie przyczepności.

Na rysunku 16 przedstawiono wstawienie podłogi przyczepy.

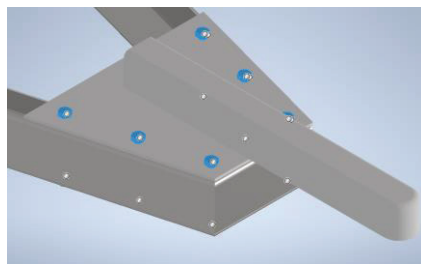
Łącznik przyczepy został związany z dyszlem. Do mocowania łącznika użyto połączeń śrubowych.

Na rysunku 17 przedstawiono mocowanie łącznika przyczepy.



Rys. 16. Podłoga przyczepy

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 17. Łącznik przyczepy

Źródło: Opracowanie własne

Konstrukcję ramową zestawiono z ramą przyczepy.

Na rysunku 18 przedstawiono zestawienie konstrukcji ścian.

Konstrukcja nadwozia przyczepy została pokryta blachą. Na rysunku 19 przedstawiono pokrycie nadwozia blachą.

W ścianie przyczepy umieszczono drzwi zamocowane na zawiasach. Na rysunku 20 przedstawiono wstawianie drzwi.

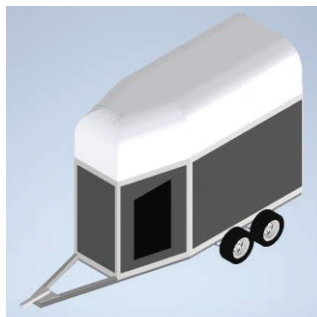
Kolejnym krokiem było związanie trapu przyczepy zamocowanego na zawiasach.

Na rysunku 21 przedstawiono wstawianie trapu.



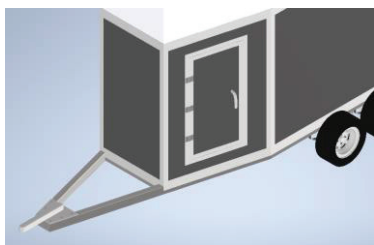
Rys. 18. Konstrukcja ramowa ścian przyczepy

Źródło: Opracowanie własne



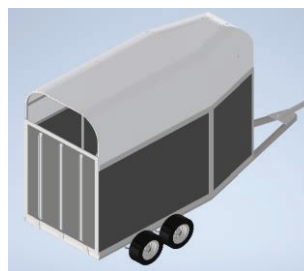
Rys. 19. Nadwozie przyczepy

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 20. Drzwi przyczepy

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 21. Trap przyczepy

Źródło: Opracowanie własne

Na końcu zestawiono wzmocnienia przyczepy wraz z tylnym zderzakiem. Do wzmocnień zestawiono błotniki nad kołami.

Na rysunku 22 przedstawiono wstawienie wzmocnień, zderzaka i błotników.

Na rysunku 23 przedstawiono kompletne złożenie przyczepy do przewozu koni.



Rys. 22. Wzmocnienia, zderzak i błotniki

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 23. Przyczepa do przewozu koni – kompletne złożenie

Źródło: Opracowanie własne

W tabeli 5 przedstawiono wartości sił.

Tabela 5. Wartości sił

☐ Siła:1

Typ obciążenia	Siła
Wielkość	6000,000 N
Układ współrzędnych belki	Nie
Kąt płaszczyzny	0,00 deg
Kąt w płaszczyźnie	180,00 deg
Fx	0,000 N
Fy	0,000 N
Fz	-6000,000 N
Odsunięcie	1100,000 mm

☐ Siła:2

Typ obciążenia	Siła
Wielkość	2000,000 N
Układ współrzędnych belki	Nie
Kąt płaszczyzny	0,00 deg
Kąt w płaszczyźnie	180,00 deg
Fx	0,000 N
Fy	0,000 N
Fz	-2000,000 N
Odsunięcie	300,000 mm

☐ Siła:3

Typ obciążenia	Siła
Wielkość	2000,000 N
Układ współrzędnych belki	Nie
Kąt płaszczyzny	0,00 deg
Kąt w płaszczyźnie	180,00 deg
Fx	0,000 N
Fy	0,000 N
Fz	-2000,000 N
Odsunięcie	1900,000 mm

W tabeli 6 przedstawiono siły i momenty na wiązaniach.

Tabela 6. Siły i momenty na wiązaniach

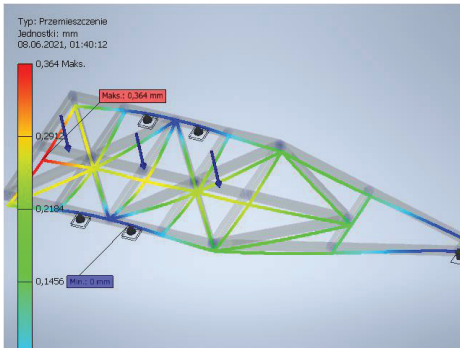
Nazwa więzu	Siła reakcji		Moment reakcji	
	Wielkość	Komponent (X,Y,Z)	Wielkość	Komponenty (Mx,My,Mz)
Wiązanie nieruchome:1	154,973 N	0,000 N	135221,637 N mm	-27475,972 N mm
		0,000 N		132400,763 N mm
		154,973 N		0,000 N mm
Wiązanie nieruchome:2	154,672 N	0,000 N	135200,777 N mm	27526,864 N mm
		0,000 N		132368,886 N mm
		154,672 N		0,000 N mm
Wiązanie swobodne sworzniove:1	2518,147 N	0,000 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		0,000 N		0,000 N mm
		2518,147 N		0,000 N mm
Wiązanie swobodne sworzniove:2	2327,051 N	0,000 N	0,000 N mm	-0,000 N mm
		0,000 N		0,000 N mm
		2327,051 N		0,000 N mm
Wiązanie swobodne sworzniove:3	2326,450 N	0,000 N	0,000 N mm	-0,000 N mm
		0,000 N		0,000 N mm
		2326,450 N		0,000 N mm
Wiązanie swobodne sworzniove:4	2518,707 N	0,000 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		0,000 N		-0,000 N mm
		2518,707 N		0,000 N mm

W tabeli 7 przedstawiono podsumowanie wyników statycznych.

Tabela 7. Wyniki statyczne

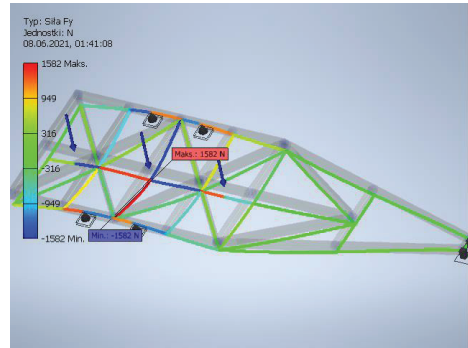
Nazwa		Minimalna	Maksymalna
Przemieszczenie		0,000 mm	0,364 mm
Siły	Fx	0,000 N	0,000 N
	Fy	-1581,675 N	1581,679 N
	Fz	0,000 N	0,000 N
Momenty	Mx	-458247,199 N mm	861001,159 N mm
	My	0,000 N mm	0,000 N mm
	Mz	-91837,869 N mm	91842,740 N mm
Naprężenia normalne	Smax	0,000 MPa	23,815 MPa
	Smin	-23,815 MPa	0,000 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	23,815 MPa
	Smin(Mx)	-23,815 MPa	0,000 MPa
	Smax(My)	0,000 MPa	0,000 MPa
	Smin(My)	0,000 MPa	0,000 MPa
	Saxial	0,000 MPa	0,000 MPa
Naprężenia poprzeczne	Tx	0,000 MPa	0,000 MPa
	Ty	-1,995 MPa	1,995 MPa
Naprężenia przy skręcaniu		T	-2,005 MPa

Na rysunku 24 przedstawiono przemieszczenia belek.
Na rysunku 25 przedstawiono siły działające na osi y.
Na rysunku 26 przedstawiono momenty na osi x.
Na rysunku 27 przedstawiono maksymalne naprężenia normalne.
Na rysunku 28 przedstawiono naprężenia zginające.



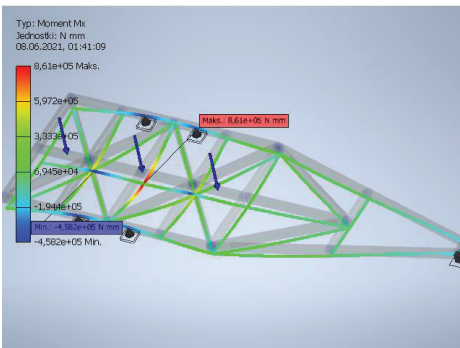
Rys. 24. Przemieszczenia

Źródło: Opracowanie własne



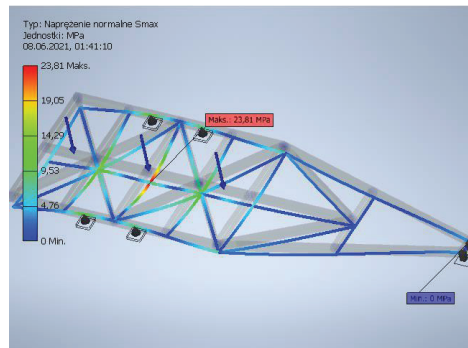
Rys. 25. Siła na osi y

Źródło: Opracowanie własne



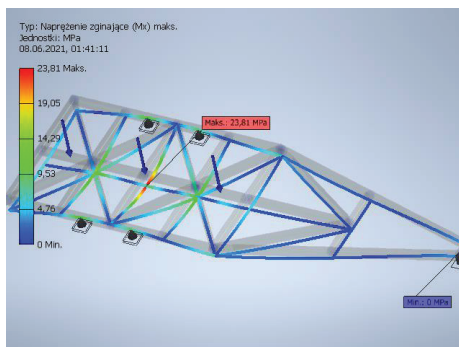
Rys. 26. Moment na osi x

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 27. Naprężenia normalne

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 28. Naprężenia zginające

Źródło: Opracowanie własne

Podsumowanie

Celem niniejszych rozważań było wykonanie projektu konstrukcyjnego przyczepy do przewozu koni, przeprowadzenie analizy wytrzymałościowej ramy podwozia przyczepy, dobranie i zamodelowanie układu nośnego, wykonanie rysunków wykonawczych i złożeniowych.

Metoda elementów skończonych wykazała, że rama przyczepy poddana symulacji spełnia wszystkie kryteria wytrzymałościowe co do naprężeń maksymalnych i przemieszczeń belek konstrukcji. Przyczepa spełnia normy co do wymiarów gabarytowych wymaganych +w transporcie drogowym. Do przyczepy został dobrany układ zawieszenia piórowego oraz zamodelowano nadwozie oparte na konstrukcji ramowej.

Wykorzystane systemy w trakcie realizacji projektu pozwoliły na optymalizację procesu projektowania przyczepy. Wszystkie etapy konstrukcyjne zostały wykonane w programie Autodesk Inventor 2020 Professional. Za pomocą tego oprogramowania zamodelowano części przyczepy, wykonano złożenia, przeprowadzono analizę wytrzymałościową ramy oraz utworzono rysunki konstrukcyjne i złożeniowe elementów przyczepy.

Metoda elementów skończonych zastąpiła ręczny proces obliczeniowy oraz wyeliminowała konieczność budowania prototypu w celu sprawdzenia wytrzymałości elementów lub konstrukcji¹⁰. Za pomocą odpowiedniego środowiska można ingerować w geometrię modelu jednocześnie sprawdzając czy wytrzyma zadane obciążenia.

W trakcie modelowania należy nadać odpowiednie wiązania w szkicu oraz narysować go parametrycznie. Takie zabiegi umożliwiają łatwe wprowadzanie zmian w modelu co znacznie przyspiesza czas projektowania części.

Tworzenie dokumentacji konstrukcyjnej w systemach CAD pozwala na wykonanie rysunków technicznych na podstawie wcześniej wykonanych elementów lub konstrukcji.

¹⁰ Jonak J.: Komputerowo wspomagane projektowanie maszyn Część 1,2, Politechnika Lubelska, Lublin, 2016.

Wszelkie ingerencje w modelach 3D są automatycznie nanoszone na rysunkach. Oprogramowanie daje możliwość tworzenia widoków oraz przekrojów części na podstawie rzutu bazowego. Umożliwia szybkie nanoszenie wymiarów oraz cech zamodelowanych części na rysunkach konstrukcyjnych.

Bibliografia

- Bąk R., Burezyński T.: Wytrzymałość materiałów z elementami ujęcia komputerowego. WNT, Warszawa, 2009.
- Chlebus E.: Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji, WNT, Warszawa, 2000.
- Jaskulski A.: Autodesk Inventor 2020 PL/2020+ Podstawy metodyki projektowania, PWN, Warszawa 2019.
- Jonak J.: Komputerowo wspomagane projektowanie maszyn Część 1,2, Politechnika Lubelska, Lublin 2016.
- Penkala P., Gorecki T.: Modelowanie bryłowe i powierzchniowe w systemach CAD/CAM, Postępy nauki i techniki, Nr 4, 75-84, 2010.
- Płuciennik P: Projektowanie elementów maszyn z wykorzystaniem programu Autodesk Inventor, PWN, Warszawa, 2013.
- Polaski R., Zimnicki K.: Projekt i analiza wytrzymałościowa stojaka motocyklowego w środowisku Autodesk Inventor, Postępy w inżynierii mechanicznej, Nr 6, 57-66, 2015.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia.
- Rozporządzenie ministra Infrastruktury z dnia 6 października 2003r. w sprawie szczegółowych warunków i sposobu transportu zwierząt.
- Rozporządzenie rady (WE) NR 1/2005 z dnia 22 grudnia 2004r. w sprawie ochrony zwierząt podczas transportu i związanych z tym działań oraz zamieniające dyrektywy 64/432/EWG i 93/119/WE oraz rozporządzenie (WE) nr 1255/97.
- Szczepańska A.: Aspekty logistyczne w obszarze transportu zwierząt żywych na przykładzie przewozu koni. Logistyka 2011.
- Ustawa z dnia 20 czerwca 1997r. Prawo o ruchu drogowym.

Adres do korespondencji: e-mail: g.dzieniszewski@pwsu.edu.pl
ORCID: Grzegorz Dzieniszewski 0000-0002-2712-1131

PROJEKTOWANIE POJAZDÓW ROLNICZYCH W ASPEKTCIE TRIBOLOGII ZUŻYCIA WĘZŁÓW CIERNYCH

Grzegorz Dzieniszewski^{1,2}, Łukasz Zagula³

¹ Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska w Przemyślu

² Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Rzeszowska, Oddział Stalowa Wola

Wstęp

Procesy tribologiczne są determinowane czynnikami konstrukcyjnymi oraz eksploatacyjnymi¹. Szczególnie w przypadku ciągników rolniczych wpływ czynników eksploatacyjnych jest wyjątkowo istotny. Trwałość klina smarnego w parach kinematycznych zależy od parametrów fizycznych oleju smarowego oraz od zastosowanych pasowań i warunków ruchu².

W niniejszych badaniach podjęto próbę skorelowania warunków pracy z uszkodzeniami i zużyciem. Dodatkowo wykonano opracowanie metody naprawy zużytych części oraz podjęto próbę zmniejszenia wskaźników zużycia.

Aspekty tarcia i smarowania mają także znaczenie w przypadku tarcia innego niż płynne³. W maszynach rolniczych kompozycja składu smaru plastycznego ma także wpływ na wrażliwość pary kinematycznej na wpływ czynników zewnętrznych.⁴

Praca ma na celu pokazanie w jaki sposób następuje zużycie w elementach ciągnika rolniczego, ukazanie jak wyglądają uszkodzone elementy oraz ich pomiar i diagnoza. Wszystkie oznaki zużycia i uszkodzenia pozwalają na opracowanie wskaźników tribologicznych, dzięki którym można wykonać ich optymalizację oraz dobrać planowane reperatury⁵. Optymalizacja wskaźników zużycia pozwoli na dłuższą bezawaryjną pracę maszyny, co wpłynie korzystnie na kwestie finansowe związane z jej utrzymaniem oraz pozwoli na sprawniejszą pracę.

¹ Marczał R.: Trybologia, Ossolineum, Wrocław, 1977.

² Hebda M.: Procesy tarcia, smarowania i zużywania maszyn, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Warszawa-Radom 2007.

³ Nosal S.: Tribologia - wprowadzenie do zagadnień tarcia, zużywania i smarowania, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2012.

⁴ Krawiec S.: Kompozycje smarów plastycznych i stałych w procesie tarcia stalowych węzłów maszyn, Wrocław 2011.

⁵ Pająk W.: Rodzaje remontów. Proces technologiczny remontów, Szczecin 2014.

Podczas badań do pomiarów wykorzystane zostały takie urządzenia pomiarowe jak średnicówka z czujnikiem zegarowym oraz suwmiarka elektroniczna.

Suwmiarka to Futuro 109320.0100. Charakteryzują ją:

- zakres pomiarowy 0-150mm,
- typ A,
- rozdzielczość pomiarowa 0,001,
- klasa ochrony IP67,
- głębokościomierz prostokątny 4x1,4mm.



Rys. 1. Przyrządy używane w pomiarach tribologicznych

Źródło: Opracowanie własne

Średnicówka posiada czujnik zegarowy o dokładności 0,01mm⁶.

Wszystkie pomiary zostały przeprowadzone przynajmniej trzykrotnie, a z otrzymanych wyników została wyciągnięta średnia arytmetyczna. Właściwy dobór parametrów geometrycznych ma znaczący wpływ na eksploatacji maszyn.⁷

Weryfikacja silnika

Pierwszym z obiektów badań był silnik Perkins 3.152 montowany w ciągnikach rolniczych oraz innych maszynach roboczych. Silnik zamontowany był w wózku widłowym GPW 2504. Pojazd pracował w tartaku, był narażony na silne zapylenie. Pojazd pracował przez 6 dni w tygodniu. Intensywność pracy była średnia. Przebieg silnika to ok. 3000 mtg od ostatniego remontu.

Na rysunku 2 przedstawiony jest rozmontowany silnik.

Dane techniczne tego silnika zawarte są w tabeli 1.

⁶ Adamczak S., Makiela W.: Metrologia w budowie maszyn, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2021.

⁷ Legutko S.: Podstawy eksploatacji maszyn. WSiP, Warszawa 2004



Rys. 2. Silnik Perkins

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 1. Dane techniczne silnika Perkins 3.152

Liczba cylindrów	3
Pojemność	2502cm ³
Paliwo	olej napędowy
Stopień sprężania	17,4:1
Moc	47 KM przy 2500 obr/min
Moment obrotowy	155 Nm. przy 1350 obr/min
Typ chłodzenia	chłodzenie cieczą
Waga	202 kg

Tuleje cylindrowe

W silniku zastosowane są suche tuleje cylindrowe. Sucha tuleja to taka, która nie styka się bezpośrednio z czynnikiem chłodzącym. Grubość tulei wynosi 3,82mm. Montowane są one na wcisk w bloku silnika. Tuleje po wymontowaniu z silnika zostały zmierzone.

Otrzymane wartości zostały przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Pomiary tulei cylindrowych

Wymiar nominalny (mm)	Średnica tulei cylindrowej (mm)		
	Tuleja 1	Tuleja 2	Tuleja 3
91,50 – 91,68	91,55 – 91,62	91,54- 91,63	91,54- 91,65

Na poniższych zdjęciach (rysunek 3-8) pokazano wygląd tulei cylindrowych oraz ich pomiary.

Tuleja 1 posiada ślady zużycia ciernego. Zużycie gładzi jest znaczne, ale mieści się w tolerancji przewidzianej przez producenta.



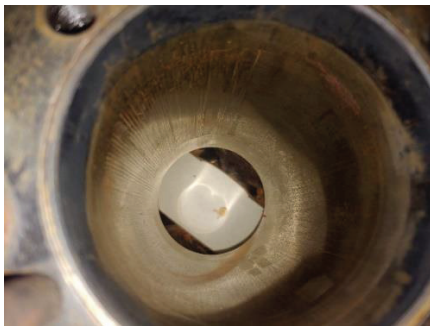
Rys. 3. Zdjęcie gładzi cylindrowej tulei 1



Rys. 4. Pomiar tulei 1

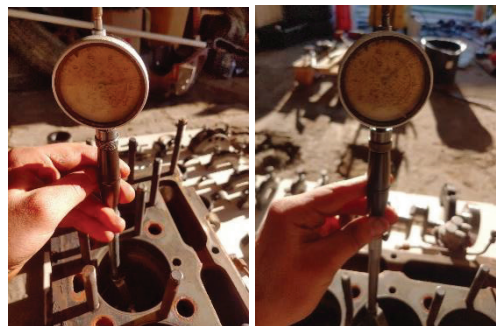
ródło: Opracowanie własne

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 5. Rysy na gładzi tulei 2

Źródło: Opracowanie własne



Rys.6. Pomiary zużycia gładzi na tulei 2

Źródło: Opracowanie własne

Na tulei 2 widoczne są pionowe rysy, są to ślady nadmiernego zużycia ściernego spowodowanego uszkodzeniem tłoka i pierścieni pracujących w tej tulei. Pomimo ogólnego zużycia mieszczącego się w normie, rysy dyskwalifikują tę tuleję do dalszej eksploatacji.

Tuleja 3 jest mocno zużyta ale mieści się w tolerancji zużycia. Na gładzi można zaobserwować drobne rysy.

Tuleje w silniku noszą ślady zużycia. Rysy na gładzi drugiego i trzeciego cylindra wykluczają tuleje z dalszej eksploatacji, pomimo średnicy teoretycznie pozwalającej na dalszą pracę. Rysy będą powodować spadek ciśnienia sprężania w cylindrach co będzie powodować nierówną pracę i słabe osiągi silnika. Podczas remontu zaleca się wymianę wszystkich tulei na nowe. Pierwsza tuleja nie wykazuje żadnych uszkodzeń ale stopień jej zużycia w porównaniu z nowymi tulejami kwalifikuje ją do wymiany



Rys. 7. Gładź na tulei 3

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 8. Pomiary tulei 3



Źródło: Opracowanie własne

Rysy na powierzchni tulei spowodowane są tarcieniem ciernym. Spowodowane to było uszkodzeniem tłoka 2. Luźne cząsteczki dostały się również do pozostałych tulei powodując ich uszkodzenia.

Wał korbowy

W silniku zastosowany jest stalowy wał kuty. Wał posiada wartości nominalne średnice czopów głównych jak i korbowodowych. Nie był więc poddawany szlifowaniu pod wymiary naprawcze. Wał został pokazany na rysunku 9.

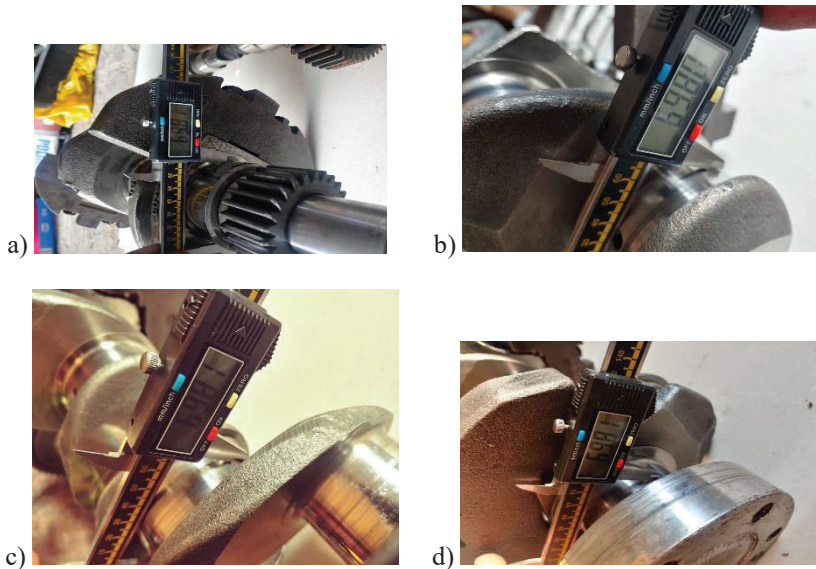


Rys. 9. Wał korbowy

Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 10 pokazuje proces mierzenia czopów głównych.

Pierwszy czop korbowy posiada normalne ślady zużycia. Jego wymiar mieści się w tolerancji zużycia przewidzianej przez producenta. Drugi czop posiada największe zużycie powierzchni. Zużycie to mieści się dalej normie. Czop trzeci posiada wymiar identyczny jak czop pierwszy. Zmierzona szerokość czopu korbowego cztery wynosi 69,81mm i mieści się w normie.



Rys. 10. Pomiar czopów głównych: a) czop 1, b) czop 2, c) czop 3, d) czop 4

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 3 zawiera zbiór zmierzonych wartości.

Tabela 3. Wyniki pomiarów czopów głównych

Wymiar nominalny (mm)	Średnica czopów głównych (mm)			
	1	2	3	4
91,83 – 91,792	91,81	91,80	91,81	91,81

Źródło: Opracowanie własne

Po oględzinach i pomiarach czopów głównych można stwierdzić że nadają się one do dalszej eksploatacji. Wymiary poszczególnych czopów są porównywalne i mieszczą się w tolerancji zużycia przewidzianej przez producenta. Drobne rysy na powierzchniach czopów można poddać procesowi polerowania. Nie zmieni to znacząco wymiarów, ale pomoże przy docieraniu.

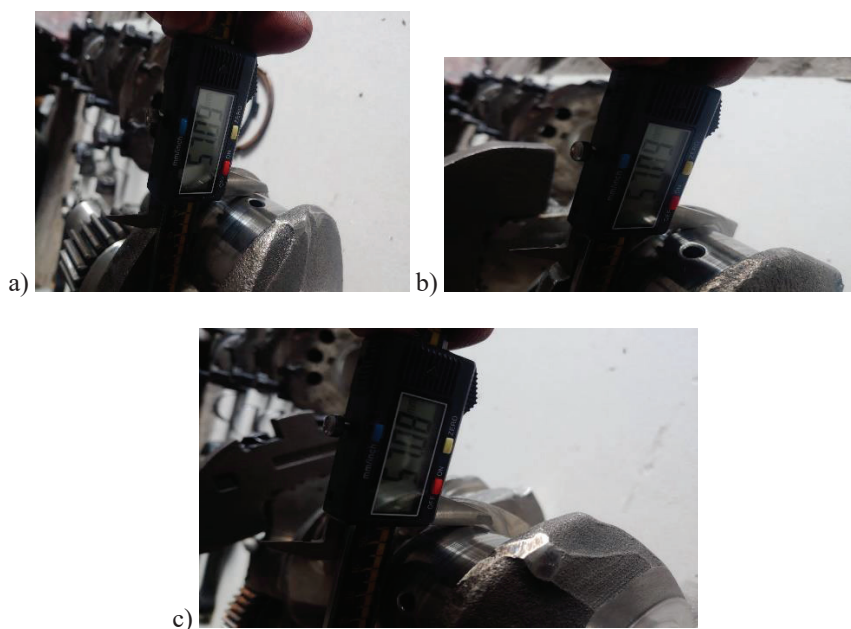
Czopy korbowodowe posiadają wymiar nominalny równy 57,11 mm. Maksymalne zużycie tych czopów, tak jak w przypadku czopów głównych wynosi 0,038 mm, zatem minimalna średnica czopu korbowodowego nadającego się do dalszej eksploatacji wynosi 57,072 mm.

Rysunek 11 zawiera dokumentację badania tych czopów, a tabela 4 zawiera zmierzone wymiary.

Tabela 4. Wyniki pomiarów czopów korbowodowych

Wymiar nominalny (mm)	Średnica czopów korbowodowych (mm)		
	1	2	3
57,11 – 57,072	57,09	57,09	57,08

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 11. Pomiar czopów korbowych: a) czop 1, b) czop 2, c) czop 3

Źródło: Opracowanie własne

Czop korbowodowy numer jeden posiada wymiar 57,09, który mieści się w tolerancji zużycia przewidzianej przez producenta. Drugi czop korbowodowy posiada takie samo zużycie jak czop pierwszy. Nadaje się on do dalszej eksploatacji. Czop numer trzy posiada wymiar 57,08 i także mieści się w normie.

Czopy korbowodowe wału korbowego podobnie jak czopy główne noszą minimalne ślady zużycia. Zużycie mieści się w tolerancji przewidzianej przez producenta wału. Nadają

się więc one do dalszej eksploatacji. Tak jak w przypadku czopów głównych zaleca się spolerowanie powierzchni czopów.

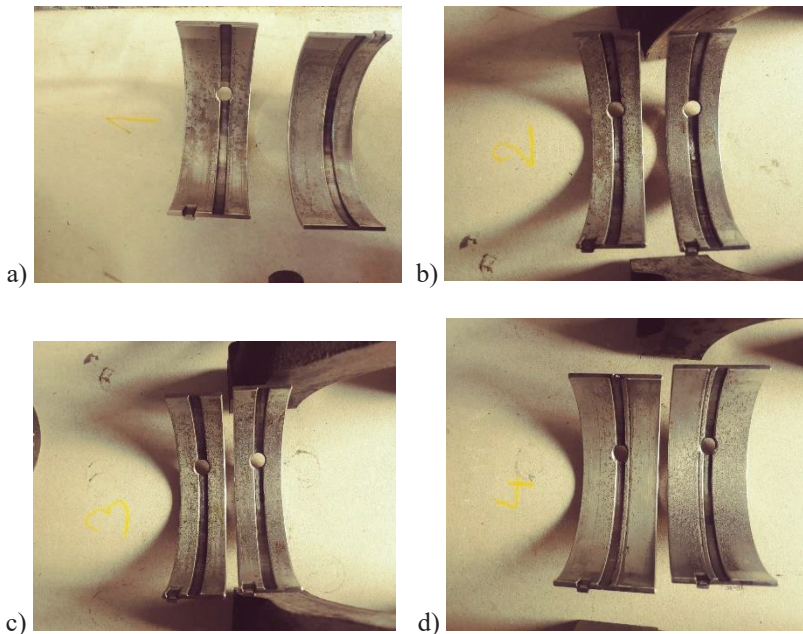
Panewki ślizgowe

Panewki, jakie zostały zastosowane to panewki dwuwarstwowe. Warstwa ślizgowa wykonana jest z ze stopu łożyskowego, a warstwa zewnętrzna ze stali.

Tabela 5. Wyniki pomiarów panewek głównych

Wymiar nominalny (mm)	Grubość panewek głównych (mm)				
		1	2	3	4
2,08	Górna	2,07	2,05	2,07	2,07
	Dolna	2,07	2,04	2,05	2,06

Wizualny stan panek czopów głównych przedstawia rysunek 12.



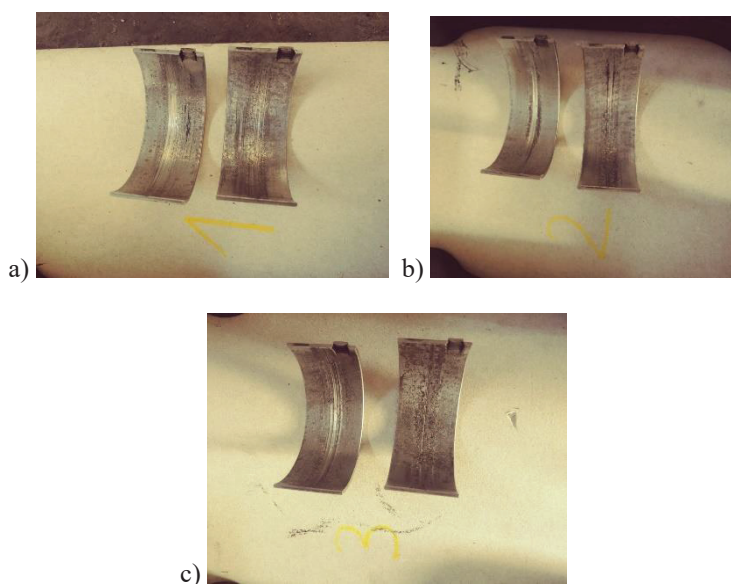
Rys. 12. Panewki główne z: a) czopu 1, b) czopu 2, c) czopu 3, d) czopu 4

Źródło: Opracowanie własne

Panewki z czopów 1 i 2 posiadają liczne wżery na powierzchni ślizgowej. Panewki z czopów 3 i 4 mają identyczne uszkodzenia jak wcześniejsze łożyska.

Na łożyskach ślizgowych głównych można zaobserwować mnóstwo wżerów. Spowodowane są one przez odrywające się cząsteczki wierzchniej warstwy panewki. Można założyć, że zastosowane panewki były bardzo niskiej jakości. Odrywające się cząsteczki spowodowały również drobne ryski na powierzchniach czopów. Na powierzchniach panewek można zaobserwować również bardzo małe przytarcia. Największe zużycie można zaobserwować na panewce 2 i 3. Panewki te były najbardziej obciążone uszkodzonym tłokiem 2. Uszkodzony tłok stawiał większy opór niż reszta przez co panewki umieszczone najbliżej były narażone na największe zużycie i uszkodzenia.

Rysunek 13 przedstawia wizualny stan panewek czopów korbowodowych.



Rys. 13. Panewki korbowodowe z: a) czopu 1, b) czopu 2, c) czopu 3

Źródło: Opracowanie własne

Panewki z czopu korbowego 1 posiadają wżery na całej powierzchni. Na środku obu można dostrzec oznaki przytarcia o charakterze szepiana II rodzaju. Panewki z czopów 2 i 3 także posiadają liczne wżery. Przytarcia na środkowej części można zaobserwować na dolnych (po lewej) panewkach. Występuje na nich zużycie adhezyjne.

Na panewkach korbowodowych, tak jak w przypadku panewek głównych, widać wżery na powierzchni ślizgowej. Wszystkie panewki noszą ślady paskowego przytarcia na środku. Ten rodzaj zużycia może wskazywać na niewystarczająco zaokrąglony lub przytkany kanał olejowy⁸. Złe rozprowadzanie oleju doprowadziło do tego, że panewka pracowała w tarcu mieszanym co spowodowało „przytarcie”.

⁸ Skrobaccki A., Ekielski A.: Pojazdy i ciągniki rolnicze, NWJ, Warszawa 2006.

Grubość panewek została zmierzona, a wyniki zapisane w tabeli 6.

Tabela 6. Wyniki pomiarów panewek korbowodowych

Wymiar nominalny(mm)	Grubość panewek korbowodowych (mm)			
		1	2	3
1,81	Góra	1,79	1,79	1,79
	Dół	1,81	1,80	1,80

Tłoki

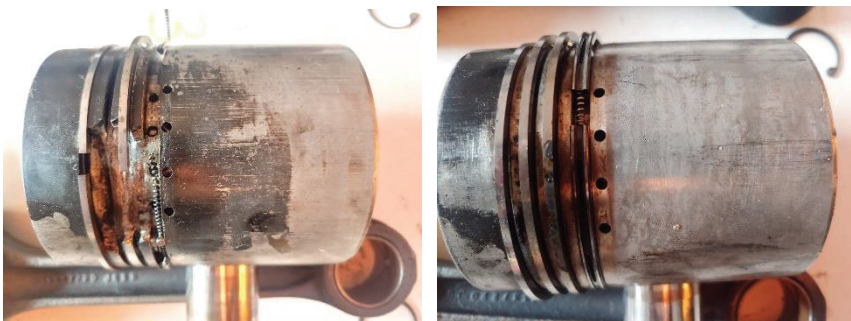
W silniku zostały zastosowane tłoki ze stopu aluminium z czterema pierścieniami. Tłok 1 posiada pojedyncze rysy na powierzchni (rysunek 14).



Rys. 14. Tłok 1

Źródło: Opracowanie własne

Tłok 2 posiada poważne uszkodzenia. Tłok posiada pęknięcie w części pierścieniowej. Trzy pierścienie zostały uszkodzone, a powierzchnia tłoka posiada głębokie rysy (rysunek 15).



Rys. 15. Tłok 2

Źródło: Opracowanie własne

Tłok 3 posiada widoczne rysy na powierzchni (rys. 16).



Rys. 16. Tłok 3

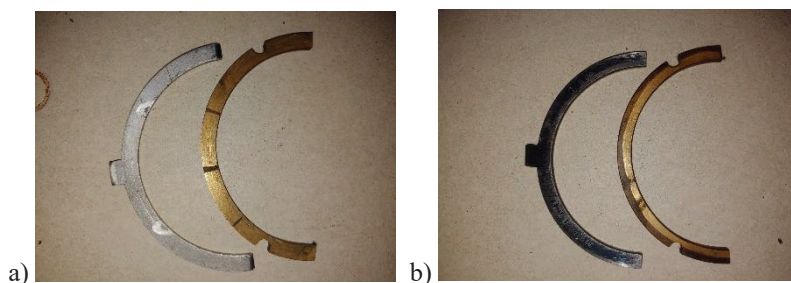
Źródło: Opracowanie własne

Wszystkie tłoki posiadają uszkodzenia spowodowane zużyciem ciernym. Uszkodzenia pokrywają się ze śladami zniszczeń w tulejach cylindrowych. Tłok numer dwa posiada największe uszkodzenia. Jego pęknięcie spowodowało zniszczenie tulei numer dwa oraz utratę kompresji na tym cylindrze.

Panewki oporowe

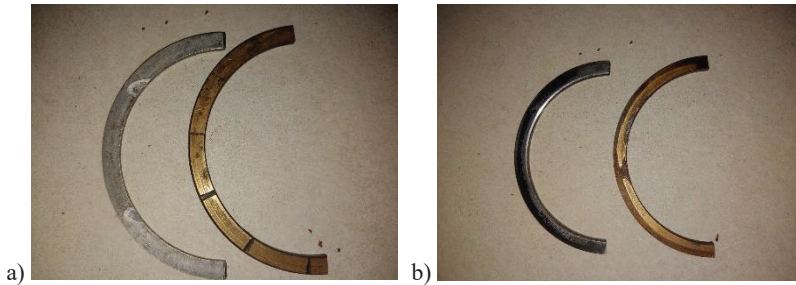
W silniku zostały zastosowane dwa rodzaje panewek ślizgowych. Aluminiowe umieszczono od strony rozrządu, natomiast mosiężne umiejscowione były od strony uszczelniacza wału korbowego.

Rysunek 17 i rysunek 18 przedstawiają stan panewek oporowych.



Rys. 17. Panewki oporowe dolne: a) od strony wału korbowego, b) od strony podpory

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 18. Panewki oporowe górne: a) od strony wału korbowego, b) od strony podpory

Źródło: Opracowanie własne

Dolne panewki nie posiadają oznak przytarć. Zmierzone wartości pokazują jednak, że posiadają one już dość duże zużycie. Górne panewki podobnie jak dolne posiadają dość duże zużycie. Na mosiężnej panewce od strony wału korbowego można zaobserwować ślady tarcia.

Panewki zostały zmierzone, a wyniki umieszczono w tabeli 7 oraz w tabeli 8.

Tabela 7. Wyniki pomiarów aluminiowych panewek oporowych

Wymiar nominalny (mm)	Grubość panewek oporowych aluminiowych (mm)	
	3,12	Góra
Dół		3,03

Tabela 8. Wyniki pomiarów mosiężnych panewek oporowych

Wymiar nominalny (mm)	Grubość panewek oporowych mosiężnych (mm)	
	3,78	Góra
Dół		3,75

Sworzeń tłoka

Sworznie tłoka posiadają znaczne zużycie.
Wyniki pomiarów umieszczono w tabeli 9.

Tabela 9. Wyniki pomiarów sworzni tłokowych

Wymiar nominalny (mm)	Średnica sworznia tłoka (mm)		
	1	2	3
31,75	31,63	31,62	31,63

Tuleja korbowodu

Na tulejach korbowodowych można zaobserwować nieznaczne zużycie powierzchni. Wyniki pomiarów umieszczono w tabeli 10.

Tabela 10. Wyniki pomiarów tulei korbowodowych

Wymiar nominalny (mm)	Średnica tulei korbowodu (mm)		
	1	2	3
31,74	31,76	31,78	31,78

W badanym silniku uszkodzone lub zużyte są wszystkie tuleje cylindrowe. Tłok numer dwa wraz z pierścieniami uległ uszkodzeniu a reszta tłoków posiada rysy na powierzchni. Tuleje korbowodów posiadają znaczne zużycie. Wszystkie panewki posiadają uszkodzenia na powierzchni ślizgowej. Blok silnika nie posiada pęknięć a wał korbowy nie jest nadmiernie zużyty. Głowica silnika została poddana w warsztacie próbie szczelności, która przeszła pomyślnie.

Zmierzone wymiary zebrane są w tabeli 11.

Tabela 11. Zestawienie wymiarów

Wymiar nominalny (mm)	Część				Najbliższy wymiar naprawczy (mm)	
91,50 – 91,68	Średnica tulei cylindrowej (mm)				brak	
	Tuleja 1	Tuleja 2	Tuleja 3			
	91,55 – 91,62	91,54- 91,63	91,54- 91,65			
91,83 – 91,792	Średnica czopów głównych (mm)				-0,254	
	1	2	3	4		
	91,81	91,80	91,81	91,81		
57,11 – 57,072	Średnica czopów korbowodowych (mm)				-0,254	
	1	2	3			
	57,09	57,09	57,08			
2,08	Grubość panewek głównych (mm)				+0,254	
		1	2	3		4
	Górna	2,07	2,05	2,07		2,07
	Dolna	2,07	2,04	2,05	2,06	
1,81	Grubość panewek korbowodowych (mm)				+0,254	
		1	2	3		
	Góra	1,79	1,79	1,79		

Wymiar nominalny (mm)	Część			Najbliższy wymiar naprawczy (mm)
	Dół	1,81	1,80	
3,12	Grubość panewek oporowych aluminiowych (mm)			brak
	Góra		3,03	
	Dół		3,03	
3,78	Grubość panewek oporowych mosiężnych (mm)			brak
	Góra		3,72	
	Dół		3,75	
31,75	Średnica sworznia tłoka (mm)			brak
	1	2	3	
	31,63	31,62	31,63	
31,74	Średnica tulei korbowodu (mm)			brak
	1	2	3	
	31,76	31,78	31,78	

Plan naprawy silnika będzie zatem obejmował zastosowanie nowych:

- tulei cylindrowych,
- kompletnych tłoków ze sworzniami i zestawem pierścieni,
- tulei korbowodowych,
- zestawów panewek głównych i korbowodowych,
- wszystkich potrzebnych uszczelek.

Należy wykonać obróbkę ubytkową wszystkich czopów wału korbowego. Zalecane jest również sprawdzenie osiowania bloku silnika.

Pierwszym etapem naprawy głównej rozmontowanego silnika będzie jego dokładne mycie i czyszczenie kanałów wodnych i olejowych. Po wyczyszczeniu silnika montaż reszty elementów powinien przebiegać w sterylnych warunkach. Pomieszczenie, w którym będzie następowała naprawa oraz wszystkie narzędzia powinny zostać wyczyszczone. Pierwszym etapem montażu jest montaż tulei cylindrowych. Jako, iż zastosowano suche tuleje najłatwiejszym sposobem ich montażu jest zamrożenie tulei. Zamrożone tuleje należy włożyć do rozgrzanego wcześniej bloku silnika. Zjawisko rozszerzalności cieplnej metali spowoduje bezproblemowe umieszczenie tulei na swoich miejscach. Następnym etapem prac jest zamocowanie wału korbowego. W tym celu przed zamontowaniem wału umieszczamy na miejscach panewki czopów głównych. Górna część panewki wkłada się do bloku silnika a dolną do podpory wału. Zewnętrzna część panewki powinna zostać zamontowana bez żadnego smaru, natomiast część ślizgową mająca kontakt z czopem wału korbowego należy posmarować olejem silnikowym⁹. Wał kładzie się na panewki i przykręca podpory. Podpory należy dokręcić kluczem dynamometrycznym z odpowiednim momentem przewidzianym przez producenta. Po dokręceniu wał powinien swobodnie się obracać. Następnym etapem jest złożenie zestawów korbo-tłokowych. Na tłok należy założyć pierścienie. Pierścienie zakłada się

⁹ Skrobcki A., Ekielski A.: Pojazdy i ciągniki rolnicze, NWJ, Warszawa, 2006.

na odpowiednie miejsca, uważając przy tym aby szczeliny na pierścieniach nie pokrywały się. Tłoki następnie łączy się z korbowodem za pomocą sworznia tłokowego. W korbowodzie i stopie korbowodu umieszcza się panewki korbowodowe zgodnie z zasadą opisaną wcześniej dla panewek głównych. Tłoki wraz z korbowodami wkłada się w tuleje cylindrowe głową korbowodu w stronę wału. Do montażu należy użyć przyrządu ściskającego pierścienie tłokowe. Korbowody mocuje się do czopów korbowodowych, a następnie przykręca ich stopy. Stopy korbowodu należy dokręcać z odpowiednim momentem. Po zamocowaniu tłoków wał korbowy powinien obracać się bez zacięć. Następnym etapem jest montaż wałka rozrządu smarując go odpowiednio oraz kół zębatych rozrządu. Koła należy ustawić w taki sposób aby umieszczone na nich znaki zgadzały się. Następnie należy zamocować uszczelniacz wału korbowego. Kolejnym krokiem jest montaż pompy olejowej, smoka olejowego oraz miski olejowej. Wszędzie tam gdzie jest wymagane należy zastosować nowe uszczelki. Później montuje się wszystkie pozostałe pokrywy i dekle. Po przykręceniu wszystkich pokryw montuje się głowicę. Pod głowicą umieszcza się nową uszczelkę. Głowicę przykręca się z odpowiednim momentem stosując się również do odpowiedniej kolejności przykręcania śrub. Ostatnim etapem jest montaż osprzętu silnika takiego jak pompa wtryskowa, pompa wody czy wtryskiwacze.

Optymalizacja zużycia silnika będzie polegać na:

- odpowiednim dotarciu remontowanej jednostki napędowej,
- wymianianiu oleju wraz z filtrami zgodnie z zaleceniami producenta,
- stosowaniu dobrej jakości olejów oraz filtrów,
- tankowaniu paliwa dobrej jakości.

Podsumowanie

Celem niniejszych rozważań były badania węzłów ciernych ciągnika rolniczego. Wykonano obserwacje tych węzłów, zostały one zbadane organoleptycznie, a także zmierzono dokładnym sprzętem pomiarowym poszczególne elementy narażone na zużycie. Otrzymane wyniki zostały zweryfikowane oraz porównane z wymiarami nominalnymi tych elementów.

W silniku Perkins badaniami objęte zostały tuleje cylindrowe, tłoki, czopy wału korbowego, panewki oraz sworznie tłoka i tuleje korbowodów. Główną przyczyną uszkodzeń w silniku okazał się pęknięty tłok. W wyniku szkód poczynionych w silniku do ponownego użycia nadaje się tylko wał korbowy. Pozostałe elementy silnika muszą zostać wymienione na nowe.

Na podstawie badań można poznać skalę uszkodzeń i zużycia, jakie zachodzi w węzłach ciernych ciągnika rolniczego.

Badania te pozwalają na optymalizację tego zużycia. Optymalizacja dobierana jest osobno do każdego badanego zespołu. Dobra optymalizacja warunków użytkowania oraz serwisowania maszyn wpływa znacząco na czas ich działania, co pozwala na zaoszczędzić czas i pieniądze spowodowane rzadszymi naprawami i remontami¹⁰.

Warunki, w których pracuje maszyna mają kluczowe znaczenie w trakcie jej eksploatacji.

¹⁰ Gierek A.: Zużycie tribologiczne. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2005.

Bibliografia

- Adamczak S., Makiela W.: Metrologia w budowie maszyn, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2021.
- Gierek A.: Zużycie tribologiczne. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2005.
- Hebda M., Wachal A.: Trybologia. WNT, Warszawa, 1980.
- Hebda M.: Procesy tarcia, smarowania i zużywania maszyn, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Warszawa-Radom, 2007.
- Krawiec S.: Kompozycje smarów plastycznych i stałych w procesie tarcia stalowych węzłów maszyn, Wrocław 2011.
- Legutko S.: Podstawy eksploatacji maszyn, WSiP, Warszawa, 2004.
- Marczak R.: Trybologia, Ossolineum, Wrocław, 1977.
- Nosal S.: Tribologia - wprowadzenie do zagadnień tarcia, zużywania i smarowania, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2012.
- Pająk W.: Rodzaje remontów. Proces technologiczny remontów, Szczecin, 2014.
- Skrobaccki A., Ekielski A.: Pojazdy i ciągniki rolnicze, NWJ, Warszawa, 2006.

Adres do korespondencji: e-mail: g.dzieniszewski@pwsu.edu.pl
ORCID: Grzegorz Dzieniszewski 0000-0002-2712-1131

WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW CAD I MES W PROJEKTOWANIU PRZYCZEPY DO PRZEWOZU BEL

Grzegorz Dzieniszewski^{1,2}, Paweł Dryka²

¹ Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska w Przemysłu

² Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Rzeszowska, Oddział Stalowa Wola

Wstęp

Rozwój środków transportu w rolnictwie sprawił, że transport przestał sprawiać większego problemu ale komfort i łatwość załadunku czasami bywa dokuczliwy. Najwięcej problemem z załadunkiem sprawiają elementy wielkogabarytowe, w rolnictwie jest to między innymi wysuszona sianokiszonka z prasowana do kształtu beli.

Sianokiszonka jest to rodzaj kiszonki przyrządzonej z wysuszonych roślin m.in. z siana lub słomy.

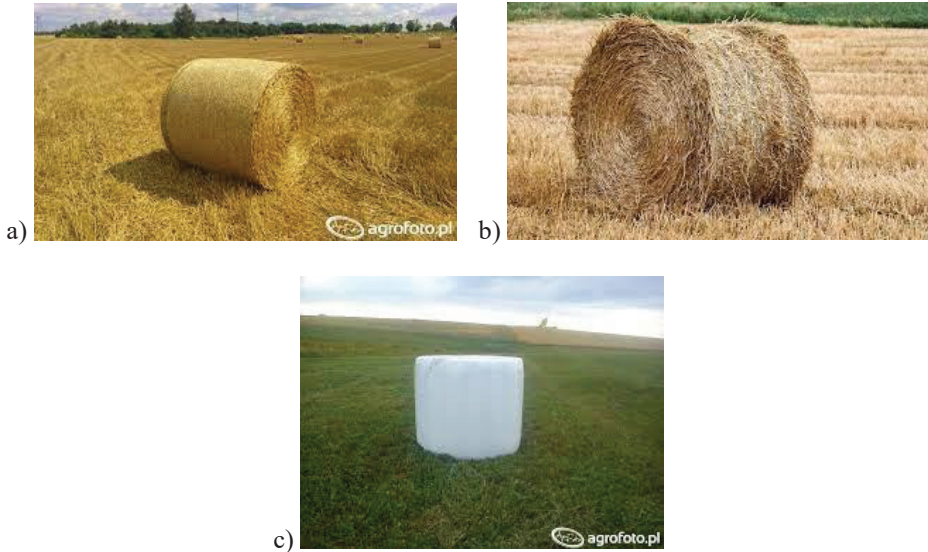
Siano to ścięte trawy łąkowe i rośliny z rodziny bobowatych, które zostały następnie wysuszone i zmagazynowane. Cały ten przebieg nazywa się sianem kosi. Siano jest głównym pokarmem zwierząt przeżuwających między innymi koni, krów itp.

Słomą są nazywane skoszone i wymłócone łodygi i liście zbóż czy rzepaku. Jest wykorzystywana jako pokarm dla zwierząt przeżuwających oraz jako ściółka którą przerabia się na obornik. Produkuje się również z niej sztuczny obornik, strzechę, biopaliwo albo wykorzystuje do ozdoby.

„Siano lub słoma, zbierane w postaci luźnej, charakteryzują się małą masą objętościową, wskutek czego operowanie takim materiałem jest utrudnione i bardzo pracochłonne. Poza tym w niewielkim stopniu jest wykorzystywana ładowność środków transportowych, a do składowania niezbędne są pomieszczenia o dużej pojemności. Zmniejszenie objętości (zwiększenie masy objętościowej) siana lub słomy można uzyskać w wyniku zagęszczenia luźnych źdźbeł, tj. przez prasowanie.”¹

Wysuszoną sianokiszonkę się zbiera między innymi za pomocą pras belujących, które prasują siano lub słomę do kształtu walca oraz owijają ją siatką lub folią w celu odgradzenia od powietrza. Na rysunku 1 pokazane są bele.

¹ Waszkiewicz C., Kuczewski J.: Maszyny Rolnicze cz.1, Wydawnictwo Szkole i Pedagogiczne, Warszawa, 1998.



Rys. 1. Rodzaje bel: a) ze słomy, b) z siana, c) z sianokiszonki

Źródło: Waszkiewicz, Kuczewski, 1998

Prasy rolnicze są to specjalnie przystosowane maszyny rolnicze mające na celu zebranie i sprasowanie do postaci beli lub wiązki skoszonej sianokiszonki². Za pomocą pras może być zbierana słoma po kombajnowa o wilgotności 15-25%, siano z wałków o wilgotności 14-40% oraz zielonka podwiednięta o wilgotności 40-65%.³

Prasy można podzielić na:

prasy belujące (rolujące) czyli prasy które zebrane rośliny rolują do postaci walca o wysokości 120cm, średnicy od 120-180cm i masie od 200kg do 1t. Prasowane rośliny są zbierane do wnętrza komory za sprawą podbieraka, a następnie za sprawą gumowych pasów, wałków lub innych kombinacji umieszczonych we wnętrzu belarki siano, słoma lub inna roślinność jest zwijana do postaci walców. Gdy bela uzyska odpowiednią formę zostaje zawinięta w sznurek lub siatkę⁴. Zielonkę należy dodatkowo owinać folią, żeby odciąć wpływ zewnętrznych czynników atmosferycznych. Po owinięciu bela jest wysuwana z prasy belującej przez tył, który jest otwierany. Główną zaletą tego typu prasy jest to, że sianokiszonka jest już na początku rolowania ubijana. Rysunek 2 przedstawia taką prasę.

prasy kostkujące czyli prasy, które ubijają materiał do postaci prostokątów do ręcznego ładowania o masie 10kg i masie do 200kg przy mechanicznym ładowaniu. Kostkę się tworzy po przez podniesienie sianokiszonki z ziemi za sprawą palców podbieracza. Później zebrana

² Fajnhaken H., Kasprzyk T.: Samochody specjalne i specjalizowane, Wydawnictwo Komunikacyjne, Warszawa, 2004.

³ Waszkiewicz C., Kuczewski J.: Maszyny Rolnicze cz.1, Wydawnictwo Szkole i Pedagogiczne, Warszawa, 1998.

⁴ Zaremba Z: Przyczepy i naczepy specjalizowane, WKŁ, 2018.

roślinność jest przenoszona za sprawą specjalnego ślimaka do komory formującej. W tej komorze jest formowany i odcinany kształt koski za sprawą specjalnego tłoka i noża⁵. Po osiągnięciu odpowiedniego rozmiaru kostka jest owijana sznurkiem, a następnie jest wypychana na ziemię lub na przyczepę za sprawą specjalnej drabiny. Na rysunku 3 jest pokazana taka prasa.



Rys. 2. Prasa belująca

Źródło: Waszkiewicz, Kuczewski, 1998



Rys. 3. Prasa kostkująca

Źródło: Waszkiewicz, Kuczewski, 1998

Prasy rolnicze można podzielić także ze względu na stopień sprasowania słomy, siana czy innej zielonki⁶:

- prasy o niskim stopniu zgniotu, które redukują objętość do 50%,
- prasy o średnim stopniu zgniotu, które redukują objętość do 25%,
- prasy o wysokim stopniu zgniotu, które redukują objętość do 15%.

Rozważania obejmują zamodelowanie każdej części z osobna, a następnie wykonanie złożenia wszystkich poszczególnych części w jeden zespół poprzez wykorzystanie programów CAD i MES.

Zagadnienia konstrukcyjne

Zaprojektowana przyczepa ma być jak najlepiej przystosowana do przewozu bel. Ma posiadać dużą płaską platformę do przewozu ładunku, ograniczoną z przodu i z tyłu ściankami podporowymi aby podczas ruszania i hamowania ciągnika ładunek się nie przesunął do przodu ani do tyłu i nie zleciał. Duża powierzchnia platformy ma umożliwiać jak najbardziej skuteczne wykorzystanie nośności przyczepy. Projektowana platforma ma nie posiadać ścianek bocznych aby ułatwić jak najbardziej proces załadunku i rozładunku przyczepy. Platforma ma się znajdować jak najniżej, tak aby proces załadunku i rozładunku był jeszcze łatwiejszy i skuteczniejszy.

⁵ Prochowski L., Żuchowski A.: Technika transportu ładunków, WKŁ, 2016.

⁶ Połomski W.: Pojazdy samochodowe i przyczepy, WKŁ, 2020.

Wybór programu do projektowania

Do zaprojektowania przyczepy wybrano program Autodesk Inventor Profesjonal. Inventor jest to program wersji CAD, czyli jest to wersja programu służąca do modelowania bryłowego projektowanego urządzenia jako model 3D. W oparciu o wykonany model można wykonać rysunki konstrukcyjne, poglądowe, złożeniowe itp. Autodesk Inventor Profesjonal jest programem zaprojektowanym do projektowania mechanicznego w bardzo dobrej jakości⁷. Program tego rodzaju został stworzony dla inżynierów i konstruktorów w celu ułatwienia i skrócenia czasu pracy. Zmiany wprowadzane na modelu bryłowym zostają automatycznie wprowadzane na wszystkich rysunkach płaskich.

Program został stworzony w 1999 roku jako odpowiednik dla programów Pro/ENGINEER, Solid Edge lub SolidWorks. W Inventorze projektowanie elementu wykonywane jest w oparciu o jądro ShapeManager. Dzięki niemu możliwe jest wykonywanie tak zwanej hybrydowej techniki pracy, która pozwala łączyć kilka zaprojektowanych części w jednym modelu.

Model projektowany jest precyzyjnym wzorcem cyfrowym 3D, dzięki któremu można dopasować różne elementy do siebie, sprawdzić formę i funkcję produktu w czasie pracy oraz zmniejszając przymus sprawdzania produktu⁸. Dzięki wizualizacji i symulacji produktów można szybko usunąć niedoskonałości i skonstruować prawidłową konstrukcję w krótszym czasie⁹.

Program Inventor do zapisu części używa formatu (.IPT), dla obiektów złożonych (.IAM) oraz dla rysunków (.IDW). Ma jednak możliwość odczytywania innych formatów takich jak DWG, IGS, DWF itp. Moduł do wytwarzania części ma dodatkową możliwość dokonywania analizy wytrzymałościowej. Moduł systemu do konstruowania złożów posiada możliwość tworzenia animacji. Firma Autodesk dla ułatwienia pracy inżynierom uzupełniła program Inventor Professional w oprzyrządowanie do wykonywania obliczeń wytrzymałościowych przy użyciu MES¹⁰. Analizę MES wykorzystywaną przez ten program możemy podzielić na analizy statyczne dla pojedynczej części lub analizę statyczną pod postacią wymiarów parametrycznych. Podczas przeprowadzania analiz musimy najpierw założyć warunki brzegowe, czyli musimy wybrać rodzaj obciążenia (siłę, ciśnienie, moment itp.)¹¹. Program Autodesk Inventor Professional wykonuje obliczenia MES w zakresie liniowym, po przez zastosowanie techniki parametryzacji, czyli umożliwienie sterowania parametrami modelu tak aby uzyskać m.in. minimalnej wagi przy uwzględnieniu dopuszczalnych naprężeń.

Typowymi modułami programu tego programu są:

- projektowanie konstrukcji blachowych,
- generator ram i konstrukcji spawanych,

⁷ Mazur Ł.: Analiza MES w czasie (prawie) rzeczywistym, 3DCAD.pl, 2020.

⁸ Orłowski C., Lipski J., Loska A.: Informatyka i komputerowe wspomaganie prac Inżynierskich, Polskie wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2012.

⁹ Chlebus E.: Techniki komputerowe CAX w inżynierii produkcji, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2000.

¹⁰ Brinas I. K., Rebedea N. I., Oltean I. L.: Analiza naprężeń i odkształceń zębów tnących koparki wielonaczyniowej w trakcie pracy z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES), 2018.

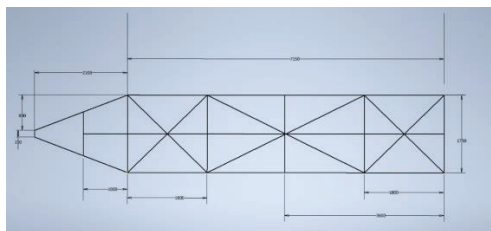
¹¹ Przybylski W., Deja M.: Komputerowo wspomaganie wytwarzanie maszyn, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2007.

- generator kół zębatach,
- generator wałów,
- generator sprężyn,
- generator połączeń śrubowych,
- generator połączeń sworzniowych,
- generator pierścieni uszczelniających,
- generator przekładni zębatach,
- generator przekładni łańcuchowych i pasowych,
- generator łożysk,
- generator połączeń wpustowych.

Projekt

Projekt obejmuje zaprojektowanie ramy, do zamodelowania której użyto narzędzia „generatora ram”. Na początku wykonano szkic będący zarysem ramy. Przyjęto, że przyczepa będzie mieć długość 7150mm + 2100mm długości dyszla. Szerokość samej ramy wynosi 1750mm. Do ramy dodano również wzmacniające poprzeczki oraz dyszel, by móc połączyć przyczepę z ciągnikiem rolniczym. Następnie użyto narzędzia do generowania ram, aby według narysowanego szkicu wstawić kształtowniki. Aby rama była wytrzymała i funkcjonalna wybrano kształtownik o przekroju kwadratu o wymiarach 180x180x16. Generując ramę w ten sposób określa się jednocześnie rodzaj materiału. Na materiał, z którego ma być wykonana, wybrano stal o wysokiej wytrzymałości.

Na rysunku 4 pokazany jest szkic ramy, a na rysunku 5 wygląd ramy po użyciu generatora ram.



Rys. 4. Szkic ramy

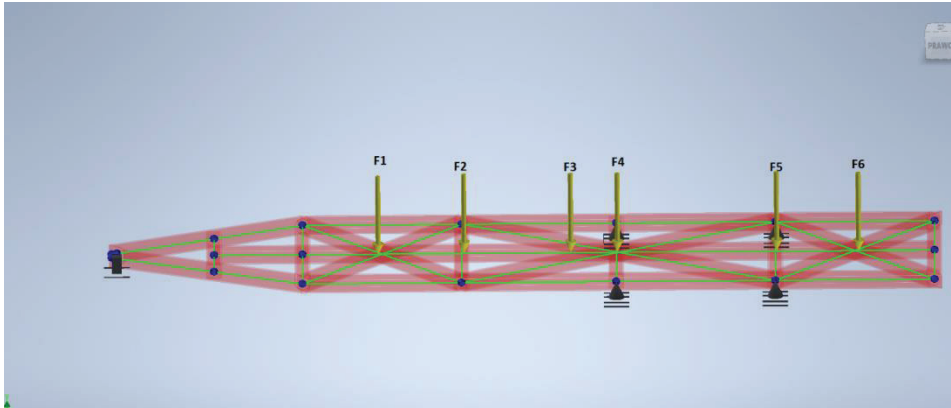
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 5. Wygląd ramy po użyciu generatora ram

Źródło: Opracowanie własne

Zaprojektowaną ramę poddano analizie wytrzymałościowej MES, aby sprawdzić jak będzie się zachowywała będąc poddana obciążeniu. Przyjęto, że rama ma wytrzymać obciążenie 6 ton. Obliczenia przeprowadzono za pomocą narzędzia „Analizy ram”. Po uruchomieniu narzędzia umieszczono w miejscu kół podpory oraz na końcu dyszla czyli w miejscu gdzie się znajduje ucho zaczepowe do przyczepy. Po czym obciążono ramę z drugiej strony siłą. W środkowej części obciążono 60% masy, a przy końcach dano 30% masy obciążeniowej (rysunek 6, tabela 1).



Rys. 6. Schemat rozłożenia sił i podpór

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 1. Wartości przyjętych sił

Nr siły	Wartość siły
F1	17650N
F2	17658N
F3	35100N
F4	35100N
F5	17650N
F6	17650N

Po wprowadzeniu danych uruchomiono program symulacji, a następnie pobrano raport z przeprowadzonej analizy wraz ze wszystkimi danymi i wykresami m.in. jak się będzie ugiąć rama po obciążeniu. Rysunki 7 – 12 oraz tabele 2 i 3 przedstawiały wyniki analiz MES w formie tabelarycznej.

Tabela 2. Przekroje poprzeczne występujące w ramie

▣ Przekroje poprzeczne

Właściwości geometrii	Pole przekroju (A)	10056,495 mm ²
	Szerokość przekroju	180,000 mm
	Wysokość przekroju	180,000 mm
	Centroida przekroju (x)	90,000 mm
	Centroida przekroju (y)	90,000 mm
Właściwości mechaniczne	Moment bezwładności (I _x)	44232413,401 mm ⁴
	Moment bezwładności (I _y)	44232413,401 mm ⁴
	Wskaźnik sprężystości poprzecznej przy skręcaniu (J)	72584395,887 mm ⁴
	Moduł przekroju (W _x)	491471,260 mm ³
	Moduł przekroju (W _y)	491471,260 mm ³
	Wskaźnik przekroju przy skręcaniu W _z	0,000 mm ³
	Zredukowany obszar ścinania (A _x)	4643,289 mm ²
	Zredukowany obszar ścinania (A _y)	4643,289 mm ²
Nazwa(y) części	ISO 12633-2 180x180x16 1617123594068.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594027.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594349.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594428.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594589.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123593902.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594146.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594228.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594510.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594186.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123593987.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123593946.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594107.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594268.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594307.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594388.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594467.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594549.ipt ISO 12633-2 180x180x16 1617123594628.ipt	

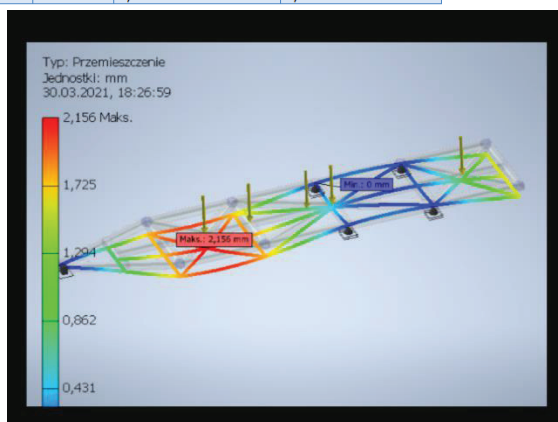
Tabela 3. Podsumowanie sił i momentów jakie pojawiają się w ramie

☐ Siła i moment odpowiedzi na wiązaniach

Nazwa więzu	Siła reakcji		Moment reakcji	
	Wielkość	Komponent (X,Y,Z)	Wielkość	Komponenty (Mx,My,Mz)
Wiązanie swobodne sworzniowe:3	15861,842 N	0,000 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		15861,842 N		0,000 N mm
		0,000 N		-0,000 N mm
Wiązanie swobodne sworzniowe:2	37590,900 N	37590,900 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		0,000 N		-0,000 N mm
		0,000 N		0,000 N mm
Wiązanie swobodne sworzniowe:1	38353,443 N	38353,443 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		0,000 N		0,000 N mm
		0,000 N		-0,000 N mm
Wiązanie nieruchome:2	23565,224 N	23565,224 N	25123931,339 N mm	25123584,633 N mm
		-0,000 N		0,001 N mm
		0,000 N		131989,028 N mm
Wiązanie swobodne sworzniowe:4	15214,183 N	15214,183 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		-0,000 N		-0,000 N mm
		-0,000 N		-0,000 N mm

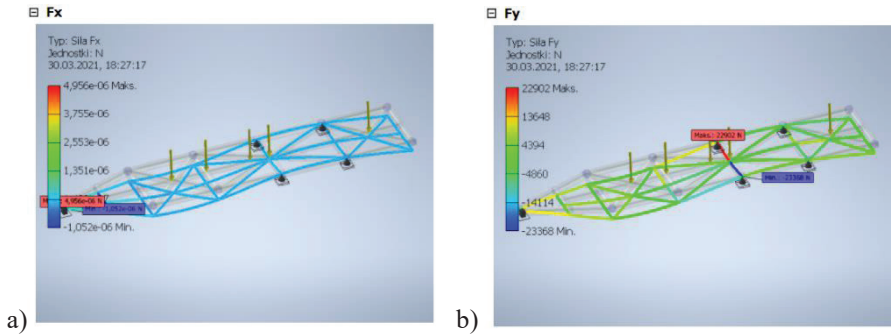
☐ Podsumowanie wyników statycznych

Nazwa		Minimalna	Maksymalna
Przemieszczenie		0,000 mm	2,156 mm
Siły	Fx	-0,000 N	0,000 N
	Fy	-23368,483 N	22902,344 N
	Fz	-0,000 N	0,000 N
Momenty	Mx	-12807399,014 N mm	16520929,457 N mm
	My	-0,001 N mm	0,001 N mm
	Mz	-11817212,552 N mm	13306372,081 N mm
Naprężenia normalne	Smax	0,002 MPa	33,615 MPa
	Smin	-33,615 MPa	-0,002 MPa
	Smax(Mx)	0,002 MPa	33,615 MPa
	Smin(Mx)	-33,615 MPa	-0,002 MPa
	Smax(My)	0,000 MPa	0,000 MPa
	Smin(My)	-0,000 MPa	-0,000 MPa
	Saxial	-0,000 MPa	0,000 MPa
Naprężenia poprzeczne	Tx	-0,000 MPa	0,000 MPa
	Ty	-4,932 MPa	5,033 MPa
Naprężenia przy skręcaniu		T	0,000 MPa



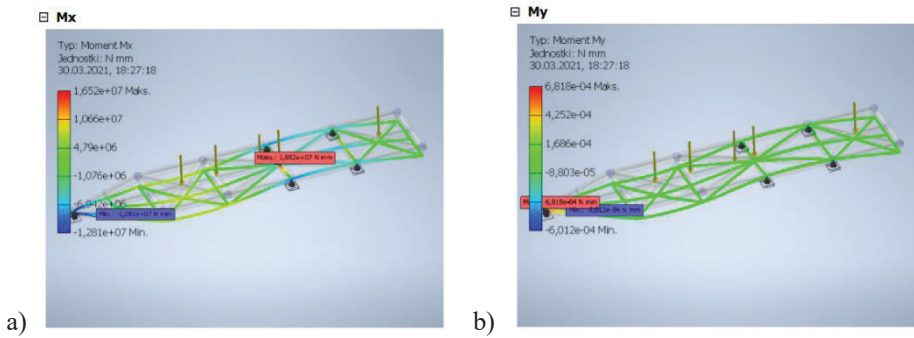
Rys. 7. Wykres ugięcia się ramy pod obciążeniem

Źródło: Opracowanie własne



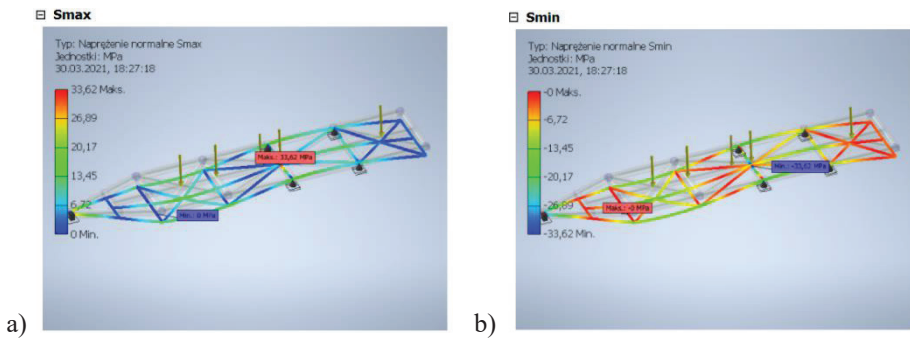
Rys. 8. Wykresy rozmieszczenia się sił pojawiających się w ramie: a) F_x , b) F_y

Źródło: Opracowanie własne



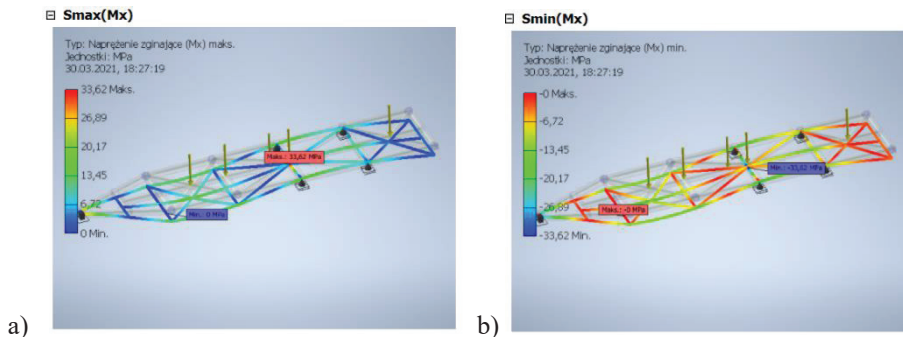
Rys. 9. Wykresy momentów pojawiających się w ramie: a) M_x , b) M_y

Źródło: Opracowanie własne



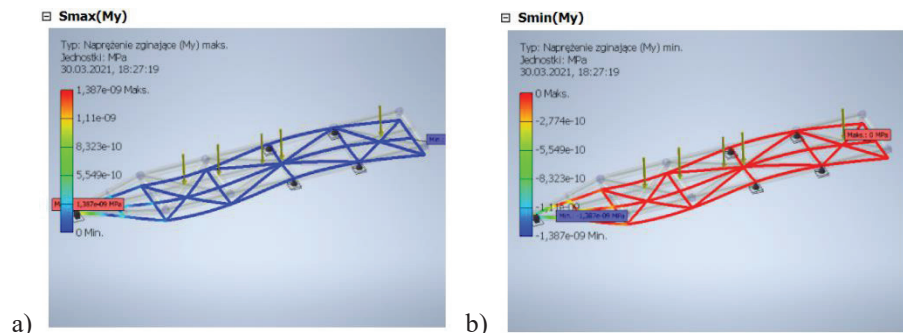
Rys. 10. Wykresy: a) S_{max} , b) S_{min}

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 11. Wykresy naprężeń zginających a) Smax(Mx) b) Smin(Mx)

Źródło: Opracowanie własne

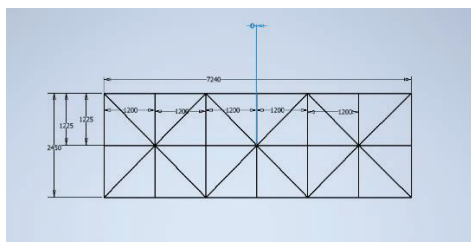


Rys. 12. Wykresy naprężeń: a) Smax(My), b) Smin(My)

Źródło: Opracowanie własne

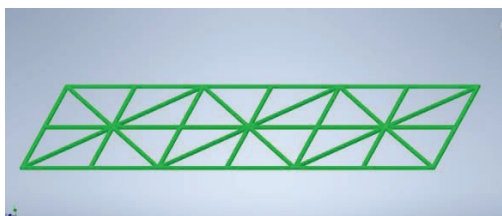
Następnie zaprojektowano platformę, na której będzie się znajdować ładunek czyli bele słomy lub siana. Projektowanie platformy przebiegało podobnie do projektowania ramy, ponieważ platforma to kratownica, do której przymocowuje się blachę. Projektowanie kratownicy zaczęto od wykonania szkicu. Wymiary kratownicy ustalono na 7240 mm długości i 2450mm szerokości. Poprzeczki ustawiono w odległości 1200 mm od siebie. Następnie użyto generatora ram, dzięki któremu po narysowanym szkicu został wstawiony kształtownik o przekroju kwadratowym o wymiarach 60x60x6. Podczas projektowania ustalono, że kratownica również będzie wykonana ze stali o wysokiej wytrzymałości.

Na rysunku 13 pokazany jest szkic z wymiarami, a na rysunku 14 wygląd kratownicy po wykonaniu w generatorze ram.



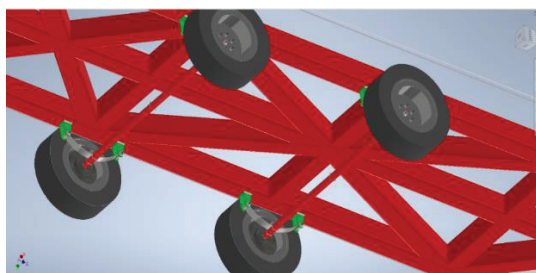
Rys. 13. Szkic kratownicy platformy

Źródło: Opracowanie własne



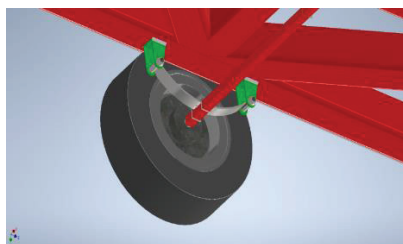
Rys. 14. Wygląd kratownicy po wykorzystaniu generatora ram

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 15. Umocowanie zawieszenia na miejscach

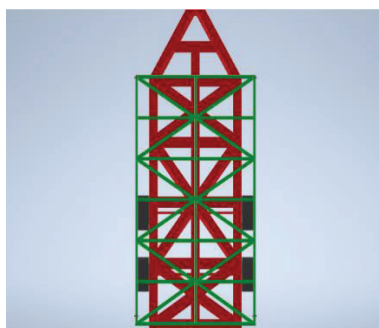
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 16. Zamocowanie zawieszenia za pomocą spoin

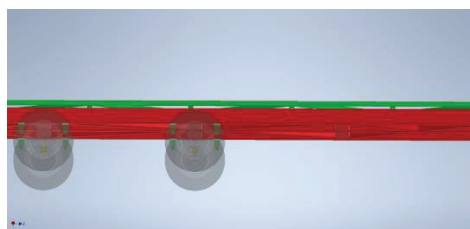
Źródło: Opracowanie własne

Następnie wstawiono kratownice platformy, umieszczono ją na swoim miejscu za pomocą wiązań i przymocowano za pomocą spoin.



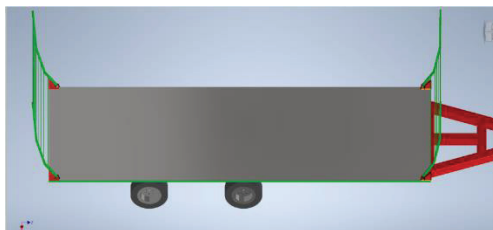
Rys. 17. Ustawienie kratownicy z ramą

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 18. Połączenie kratownicy z ramą

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 19. Wygląd przyczepy po złożeniu

Źródło: Opracowanie własne

Podsumowanie

Celem zaprezentowanych rozważań było zaprojektowanie z wykorzystaniem systemów CAD/CAE przyczepy do przewozu bel ze słomy, siana lub sianokiszonki. Przyczepa miała być jak najbardziej funkcjonalna a załadunek łatwy. Całość projektu wykonana została w programie Inventor Profesjonal 2021 firmy Autodesk. Program ten umożliwia wykonanie modeli trójwymiarowych poszczególnych części oraz dokonanie złożenia ich. Zaprojektowana przyczepa jest specjalnie przystosowana do przewozu bel.

Zakres prac obejmował wykonanie projektu układu nośnego, dobranie układu jezdnego, wykonanie analizy wytrzymałościowej MES ramy oraz wykonanie dokumentacji konstrukcyjnej. Zaprojektowany ustrój nośny tworzy kratownica przyczepy będąca częścią platformy załadunkowej ma 7240mm długości i 2450mm szerokości, co daje dość sporą powierzchnię użytkową. Została wykonana z kształtowników o przekroju kwadrat i wymiarach 60x60x6. Wierzchnią część platformy na której kładzie się bele stanowi blacha o grubości 4mm. Dzięki tak dużej powierzchni platformy przyczepa ma możliwość zabrania na raz większej ilości bel bez konieczności jeżdżenia po kila razy po nie. Platforma nie ma bocznych ścianek po to aby było jak najłatwiej załadować zrolowaną belę. Ścianki znajdują się tylko z przodu i z tyłu przyczepy po to aby bele podczas transportu nie spadały. Uchwyty do których są zamocowane ścianki podporowe zostały tak zaprojektowane aby również ograniczały kąt odchylenia się ścianki do pozycji zbliżonej do pionowej. Dzięki braku ścianek bocznych proces załadunku i rozładunku przebiega znacznie szybciej i jest znacznie bardziej komfortowy i łatwy. Umieszczenie ścianek podporowych z tyłu i z przodu przyczepy uniemożliwia możliwość przesunięcia się ich podczas ruszania i hamowania ciągnika rolniczego. Platforma znajduje się na około 850mm wysokości od ziemi. Taka wysokość sprawia, że rolnicy mają dodatkowe ułatwienie podczas załadunku rozładunku przyczepy. Rama przyczepy została wykonana z kształtowników kwadratowych o wymiarach 16x160x16 i została tak zaprojektowana aby wytrzymać ciężar około 4 ton, co pozwala na przewożenie kilkunastu bel na raz.

Wnioski

1. Zastosowana konstrukcja przyczepy poprawia jakość transportu oraz pozwala przetransportować większą ilość bel.
2. Systemy CAD optymalizują pracę inżyniera.
3. System MES pozwala we wstępnej fazie projektu wykluczyć błędy wytrzymałościowe.
4. Wykonana dokumentacja w systemach CAD jest równocześnie możliwą do wykorzystania w dalszych etapach procesu wytwórczego.

Analiza wykazała, że zaprojektowana rama nawet przy maksymalnym obciążeniu odkształca się nieznacznie.

Bibliografia

- Brinas I. K., Rebedea N. I., Oltean I. L.: Analiza naprężeń i odkształceń zębów tnących koparki wielonaczyniowej w trakcie pracy z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES), 2018.
- Chlebus E.: Techniki komputerowe CAX w inżynierii produkcji, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2000.
- Fajnhaken H., Kasprzyk T.: Samochody specjalne i specjalizowane, Wydawnictwo Komunikacyjne, Warszawa, 2004.
- Mazur Ł.: Analiza MES w czasie (prawie) rzeczywistym. 3DCAD.pl 2020.
- Orłowski C., Lipski J., Loska A.: Informatyka i komputerowe wspomaganie prac inżynierskich, Polskie wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2012.
- Połomski W.: Pojazdy samochodowe i przyczepy, WKŁ, 2020.
- Prochowski L., Żuchowski A.: Technika transportu ładunków, WKŁ, 2016.
- Przybylski W., Deja M.: Komputerowo wspomaganie wytwarzanie maszyn, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2007.
- Waszkiewicz C., Kuczewski J.: Maszyny Rolnicze cz.1, Wydawnictwo Szkole i Pedagogiczne, Warszawa, 1998.
- Zaremba Z.: Przyczepy i naczepy specjalizowane, WKŁ, Warszawa, 2018.

Adres do korespondencji: e-mail: g.dzieniszewski@pww.edu.pl
ORCID: Grzegorz Dzieniszewski 0000-0002-2712-1131

APLIKACJA SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH KLASY TMS W OBSŁUDZE PRZESYLEK KONTENEROWYCH W TRANSPORCIE MORSKIM

Sławomir Juściński¹

¹ Zakład Logistyki i Zarządzania Przedsiębiorstwem, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wstęp

Żegluga morska jest gałęzią transportu, która od stuleci stanowi podstawę światowej wymiany towarowej obejmującej surowce, materiały i wyroby gotowe. W układzie międzykontynentalnym w aspekcie przewozów masowych jest integralną lub podstawową częścią łańcuchów dostaw dla większości branż przemysłowych. Żegluga morska w drugiej połowie XX wieku podlegała dynamicznemu rozwojowi, stąd następował wzrost zarówno pojemności światowej floty handlowej, jak i wielkości masy towarowej przewożonej statkami^{1,2,3}. W ostatnich dwóch dekadach tylko dwa wydarzenia spowodowały spadek wolumenu handlu morskiego. Pierwszy, ale krótkotrwały, wywołał światowy kryzys finansowy w latach 2007-2008, a drugi, który nadal trwa i jest trudny do zdefiniowania w zakresie czasowym i ilościowym, to pandemią COVID-19. We współczesnym handlu globalnym około 80% wszystkich ładunków jest przemieszczanych szlakami morskimi. Wielkość światowego handlu morskiego wzrosła blisko trzykrotnie w latach 1990-2020. Podczas gdy w 1990 r. w portach na całym świecie załadowano około 4 mld ton towarów, to wolumen międzynarodowego handlu morskiego w 2020 r. osiągnął poziom 11 mld ton^{4,5}.

Do przewozu towarów używa się wielu wyspecjalizowanych statków:

- masowców (budowanych w siedmiu klasach wielkości),
- drobnicowców,
- kontenerowców,
- zbiornikowców – potocznie tankowców (z ang. *tanker*) do przewozu ropy naftowej,
- chemikaliowców – zbiornikowców do przewozu płynnych chemikaliów,

¹ Rydzkowski W. (red.): Współczesna polityka transportowa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA, ISBN 978-83-208-2282-3, Warszawa, 2017.

² Kordel Z., Kuriata A.: Logistyka i transport w ujęciu systemowym, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-138-8, Warszawa, 2018.

³ <https://stats.unctad.org/handbook/MaritimeTransport/WorldSeaborneTrade.html>

⁴ <https://www.statista.com/topics/1728/ocean-shipping/#dossierKeyfigures>

⁵ Cieśla M., Hat-Garnarcz G., Opasiak T., Nowakowski P.: Logistyka w łańcuchach dostaw, Wybrane zagadnienia, Wyd. Politechniki Śląskiej, ISBN 978-83-7880-422-2, Gliwice, 2017.

- typu Ro-Ro (ang. *Roll-on / Roll-off*).

Rynek przewozów kontenerowych charakteryzował się szczególnie wysoką dynamiką wzrostu. Powszechne wykorzystanie kontenerów wynikało z faktu, że stanowią one uniwersalną jednostkę transportową w przewozach intermodalnych. Kontenerami mogą być przewożone zarówno ładunki drobnicowe, jak i masowe, ale dominujący rodzaj towarów stanowi grupa produktów o wysokim stopniu przetworzenia. Konstrukcja kontenerów umożliwia ich przemieszczanie na poszczególnych etapach łańcucha logistycznego z wykorzystaniem środków w transporcie morskim, kolejowym i drogowym. Stanowi to najważniejszy atrybut morsko-lądowych łańcuchów transportowych.

Branża transportowa stanowiąca kluczowy czynnik rozwoju gospodarczego, ale jednocześnie w istotnym zakresie wpływająca negatywnie na środowisko naturalne, jest modyfikowana na rzecz zrównoważonego rozwoju. W odpowiedzi na rosnący lub malejący popyt w relacjach handlowych pomiędzy UE, a Chinami oraz Ameryką Północną podejmowane są działania na rzecz optymalnego wykorzystania potencjalnych możliwości w przewozach kontenerowych⁶. Rozwój konteneryzacji wywiera również wpływ na rozwój infrastruktury w transporcie lądowym. Przykładem takich działań jest sieć TEN-T, czyli docelowo spójna, multimodalna sieć transportowa o ujednoliconych i wysokich parametrach technicznych w ramach całej UE. Wszystkie europejskie porty morskie są węzłami w sieci transportowej TEN-T, którą następnie strumień towarów w kontenerach jest przemieszczany do nowoczesnych centrów logistycznych na terenie poszczególnych państw członkowskich UE^{7,8,9,10}.

Rynek intermodalnych kontenerów transportowych

Prekursorem współczesnego morskiego transportu kontenerowego był Amerykanin Malcolm McLean, który przebudował tankowiec na pierwszy w świecie kontenerowiec Ideal X. W marcu 1956 r. statek ten odbył na trasie z Newark do Houston inauguracyjny rejs z ładunkiem 58 kontenerów. Wzrastająca koniunktura gospodarcza w obrocie towarami była przyczyną upowszechnienia idei konteneryzacji. Koncepcję umieszczenia drobnych partii ładunkowych w dużych opakowaniach zbiorczych przed załadunkiem ich na statki przyjęto, aby zredukować czasochłonną i kosztowną pracę fizyczną przy realizacji tego typu czynności bezpośrednio w portach. Kontenery, jako opakowania transportowe w przewozach na duże odległości, zostały upowszechnione dzięki przyjętej standaryzacji ich rodzajów (rys. 1).

⁶ Kotowska I.: Przeobrażenia w funkcjonowaniu żeglugi kontenerowej w obliczu spowolnienia gospodarczego, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, nr 382, s. 205-220, 2015.

⁷ Christowa Cz. (red.): *Analiza najlepszych praktyk w zakresie zarządzania w portach morskich Unii Europejskiej*, Wyd. Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, ISBN 978-83-89901-50-7, Szczecin, 2010.

⁸ Jacyna M., Pyza D., Jachimowski R.: *Transport intermodalny. Projektowanie terminali przeładunkowych*, Wyd. Naukowe PWN S.A., ISBN 978-83-01-19579-3, Warszawa, 2017.

⁹ Juściński S.: *Analiza rynku nowoczesnych powierzchni magazynowych w centrach logistycznych*, [w:] *Dziesiętowski G., Kuboń M., (red.): Logistyka dla regionu*, ISBN 978-83-64377-27-3, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 123-141, 2018.

¹⁰ Kotowska I., Mańkowska M., Pluciński M.: *Morsko-lądowe łańcuchy transportowe*, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-8085-195-5, Warszawa, 2016.



Rys. 1. Wymiary i ładowność poszczególnych rodzajów kontenerów morskich 20 i 40 stopowych oraz zalecane metody załadunku w nich palet standardowych i europalet

Źródło: <https://bbats.pl/wp-content/uploads/2017/09/Kontenery-Morskie-INFOGRAFIKA-e1569941829442.jpg>

Utworzony w 1961 r. Komitet techniczny „ISO/TC 104 Kontenery towarowe”, wprowadził normę opisującą kontenery, a następnie poddał standaryzacji prawie każdy aspekt związany z konteneryzacją, obejmujący ich wymiary, rodzaje, sposób układania w stopy oraz sposoby bezpiecznego mocowania na statkach, naczepach ciężarówek i wagonach kolejowych¹¹ (rys. 1).

Specjalistyczny morski transport kontenerowy rozpoczął w kwietniu 1966 r. rejs SS Fairland, który przewiózł z USA do Europy na pokładzie 226 kontenerów¹². Wprowadzenie standaryzowanych kontenerów do transportu intermodalnego, wywołał rewolucję w handlu światowym. Rozwiązanie to radykalnie skracало zarówno czas, jak i koszty wysyłki oraz umożliwiło proste w aspekcie prawnym przemieszczanie towarów w zamkniętych i zaplombowanych przez urząd celny kontenerach. Kolejnym rewolucyjnym rozwiązaniem było opracowanie i wdrożenie do użytku w latach 70. XX wieku kontenerów chłodniczych. Na długich trasach oceanicznych umożliwiało to przewozy łatwo psujących się towarów, a przede wszystkim żywności w kontrolowanej niskiej temperaturze.

Powszechnie stosowanie kontenerów było podstawą do opracowania odrębnej metody zarządzania procesem obsługi towarów, czyli konteneryzacji. Współcześnie jest to, tak jak paletyzacja, jedna z dwóch podstawowych metod grupowania ładunków we wszystkich gałęziach transportu. W przewozach morskich dominują ilościowo na poziomie rzędu 90% kontenery 20 i 40 stopowe, przystosowane do transportu intermodalnego. Metalowa konstrukcja kontenera umożliwia zestawianie i mocowanie przesyłek w celu łatwiejszego ich transportu oraz składowania. Kontenery są wyposażone w specjalne elementy konstrukcyjne, dzięki którym mogą być sprawnie przenoszone, piętrzone i składowane, zarówno w podczas transportu, jak i magazynowania¹³.

Kontenery morskie, których w obiegu rynkowym są miliony sztuk, poddawane są procesowi ścisłej ewidencji, aby możliwa była ich identyfikacja i inwentaryzacja na wszystkich etapach łańcucha logistycznego. *The Bureau International des Containers et du Transport Intermodal* (oryginalna nazwa w języku francuskim: *Bureau International des Conteneurs, BIC*) utworzona została w 1933 r. w Paryżu pod auspicjami Międzynarodowej Izby Handlowej w celu wprowadzenia procesu standaryzacji dla kontenerów. Celem organizacji jest promowanie współpracy pomiędzy armatorami, rządami i podmiotami obsługującymi rynek w zakresie intermodalnego transportu towarowego z wykorzystaniem procesu konteneryzacji. *Bureau International des Containers (BIC)* pod koniec lat 60. XX wieku zostało wybrane przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną (ISO), jako jedyne na świecie biuro odpowiedzialne za rejestrację i nadawanie kodu identyfikacyjnego operatora w celu ochrony praw właścicieli kontenerów¹⁴.

Na kontenerach morskich nanosi się w sposób trwały zestaw różnych numerów i symboli, które pozwalają na zidentyfikowanie danej jednostki, a ponadto informują także o jej wymiarach, przeznaczeniu, a często również o rodzaju ładunku, jaki został w kontenerze umieszczony. Numer kontenera podczas procesu przygotowania dokumentów dla zlecenia spedycyjnego jest odczytywany i wpisywany do systemów informatycznych, co pozwala na

¹¹ <https://www.iso.org/committee/51156.html>

¹² [https://pl.wikipedia.org/wiki/Kontener_\(transport\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Kontener_(transport))

¹³ <https://bbats.pl/transport-morski/kontenery-morskie/>

¹⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Bureau_International_des_Containers

bezbłędną identyfikację kontenera i zarządzanie jego transportem¹⁵. Zasady, według których nadawane jest oznakowanie dla każdego wprowadzanego na rynek kontenera, określone zostały w normie ISO 6346: 1995 „Kontenery towarowe – kodowanie, identyfikacja i znakowanie”¹⁶.



Rys. 2. Najważniejsze informacje dotyczące danej jednostki umieszczone są na drzwiach kontenera

Źródło: <http://swiat-kontenerow.pl/wp-content/uploads/2020/01/oznakowanie-kontenera.jpg>

Dla wdrożenia i realizacji *Transport Management System* (TMS) niezbędny jest pakiet danych, które pozwalają na kontrolę kontenera w czasie i przestrzeni. Najważniejsze informacje identyfikujące daną jednostkę transportową są umieszczone na drzwiach kontenera (rys. 2). Do grupy numerów i oznaczeń zalicza się^{17,18,19}:

- Numer identyfikacyjny kontenera - składa się on zawsze z 4 liter prefiksu, 6 cyfrowego numeru seryjnego oraz liczby kontrolnej. W prefiksie kod właściciela opisują trzy wielkie litery alfabetu łańciskowego, wskazując w sposób jednoznaczny właściciela lub głównego

¹⁵ <http://swiat-kontenerow.pl/>

¹⁶ <https://www.iso.org/standard/20453.html>

¹⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_6346

¹⁸ <http://swiat-kontenerow.pl/budowa-kontenerow/oznakowanie-kontenerow-morskich/>

¹⁹ Kotowska I., Mańkowska M., Pluciński M.: *Morsko-lądowe łańcuchy transportowe*, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-8085-195-5, Warszawa, 2016.

operatora kontenera. Ten składnik literowy kodu musi być zarejestrowany w Międzynarodowym Biurze Kontenerowym (*Bureau International des Conteneurs*) w Paryżu, aby zapewnić jego unikalny charakter na całym świecie. Generalnie właściciel może ubiegać się o więcej niż jeden symbol kodu, ponieważ zazwyczaj pierwsze 2 litery są używane, jako kod właściwy, a trzecia służy do wskazania podgrupy utworzonej przez właściciela. Czwarta litera prefiksu jest jednym z trzech symboli: U – dla kontenerów, J – dla dodatkowego wyposażenia kontenerów, Z – dla naczep i innych konstrukcji podporowych kontenera. Numer seryjny składa się z 6 cyfr, które są kolejno nadawane przez właściciela lub operatora kontenerom wprowadzanym do eksploatacji, w celu zapewnienia ich późniejszej jednoznacznej identyfikacji wśród pozostałych kontenerów użytkowanych we flocie danego właściciela i/lub operatora. Pojedyncza cyfra kontrolna umożliwia sprawdzenie poprawności zapisu i transmisji kodu właściciela oraz numeru seryjnego. Jest ona obliczana poprzez kolejne działania zgodne z obowiązującą procedurą. Cyfra kontrolna wprowadzona została po to, aby zredukować możliwość wystąpienia błędu podczas wpisywania numeru kontenera do systemów informatycznych w portach lub terminalach przeładunkowych.

- Kod rozmiaru i typu kontenera - pierwszy znak kodu informuje o długości kontenera, a drugi o jego wysokości i szerokości, natomiast kod typu określa rodzaj kontenera i jego wyposażenie.
- Zestaw informacji o masie kontenera i jego ładowności.
- Tabliczka CSC – stanowi potwierdzenie, że kontener przeszedł procedury kontrolne oraz posiada wymagane przeglądy gwarantujące, że jest bezpieczny w usługach transportowych. Informacje na tabliczce CSC są zgodne z wymaganiami Międzynarodowej Konwencji o Bezpiecznych Kontenerach i obejmują kolejno: datę produkcji kontenera, numer identyfikacyjny producenta, maksymalną masę brutto, maksymalną masę w stosie przy oddziaływaniu przyspieszenia 1,8 G, wartość obciążenia poziomego, na jakie był testowany kontener, informację o dacie następnego przeglądu klasyfikacyjnego (zgodnie z przepisami pierwszy przegląd kontenera powinien być wykonany po 5 latach od daty produkcji, a następnie, co 2 lata).

Należy podkreślić, że dla utrzymania porządku na rynku transportowym kontenerów morskich armatorzy stosują generalną zasadę, że kontener pobrany z portu w celu załadunku towaru lub jego wyładunku musi powrócić do tego samego portu po zakończeniu zlecenia (transport tam i z powrotem, czyli „*round trip*”). Spełnienie tej reguły dla firm uczestniczących w realizacji zleceń przewozowych generuje dodatkowe koszty, gdyż w skrajnym przypadku konieczne jest uiszczenie opłaty za przewóz pustego kontenera w jedną lub w drugą stronę. Próba uniknięcia dodatkowych opłat jest coraz częściej organizowanie tzw. depotów kontenerowych, które poza funkcją przeładunkową oferują usługę krótko lub długoterminowego składowania kontenerów, a w tym również z zastosowaniem niektórych procedur celnych np. składu celnego. W takim przypadku z depotów za zgodą armatorów, przewoźnicy mogą pobierać puste kontenery lub je tam zwracać. Stanowi to ważne ułatwienie w pracy spedytorów, którzy wówczas organizują transport z wykorzystaniem kontenerów morskich tylko w jedną stronę (metoda „*one way*”)^{20,21}.

²⁰ <http://adecon.pl/2018/07/09/depot-kontenerowy-rola-w-miedzynarodowym-transportie-intermodalnym/>

²¹ <https://gielda-transportu.pl/transport/przewoz-kontenerow-morskich-organizacja-dostaw/>

Globalne firmy obsługujące transport morski kontenerów

Rozbudowa globalnych sieci dostaw determinowała wzrost zapotrzebowania na transport towarów drogą morską. Transport kontenerowy już w latach 80. XX wieku stał się najbardziej opłacalną opcją transportu towarów na duże odległości przy braku połączeń lądowych. Ilość towarów przewożonych w kontenerach wzrosła z około 102 mln ton metrycznych w 1980 r. do około 1 970 mln ton metrycznych w 2019 r.²².



Rys. 3. Największe kontenerowe firmy przewozowe świata w aspekcie użytkowanej floty statków i posiadanej ilości kontenerów morskich

Źródło: <https://cdn.statcdn.com/Infographic/images/normal/24532.jpeg>

²² <https://www.statista.com/topics/1367/container-shipping/#dossierKeyfigures>

W latach 1980-2020 nośność światowej floty kontenerowców wzrosła z około 11 mln ton do około 282 mln ton. Sumaryczna globalna wielkość wysyłki kontenerów osiągnęła poziom około 775 mln dwudziestostopowych jednostek ekwiwalentnych (TEU) w 2020 r.²³

Spedycja morska realizowana zarówno na terenie dużych portów, jako integralna część ich działalności logistycznej, jak też będąca ogólnodostępnym obszarem usług rynkowych, wymaga dostosowania się do specyficznych warunków funkcjonowania tej gałęzi transportu. Nowoczesne technologie informacyjne i informatyczne stanowią w tej działalności kluczowy czynnik odpowiadający za sprawny i efektywny przepływ danych o ładunkach w łańcuchach logistycznych. Przewozy morskie charakteryzują ogromne strumienie ładunków generowane przez globalny poziom podaży i popytu. Aspekt finansowy takiej działalności dyktują natomiast złożone czynniki gospodarcze i polityczne, które wynikają z bardzo silnej konkurencji oraz faktu, że jest to rynek w większości opanowany przez grupę globalnych firm kontenerowych^{24,25,26}.

Transport morski determinują dwa czynniki: czas realizacji przewozu oraz wielkość ładunku w ramach zlecenia. Generalnie fracht morski w układzie międzykontynentalnym oznacza, że czas potrzebny do przewozu ładunków od wyjścia statku z portu po załadunku aż do wejścia do portu rozładunku, to kilkadziesiąt dni przy braku zdarzeń nadzwyczajnych, związanych np. z niekorzystnymi warunkami pogodowymi. Stąd towary nie mogą należeć do grupy „*time sensitive*”, czyli wrażliwych na upływ czasu lub wymagają specjalistycznego zabezpieczenia. Atutem przewozów morskich są zdecydowanie niższe ceny niż za fracht lotniczy^{27,28,29}.

Ładunki w transporcie morskim to^{30,31}:

- *Full Container Load* (FCL) – czyli fracht pełno kontenerowy, który realizowany jest z reguły przez spedytorów dla klientów hurtowych. Bez względu na wielkość zajętej przez ładunek przestrzeni opłata obejmuje cały fracht jednego kontenera.
- *Less than Container Load* (LCL) – czyli frachy drobnicowy, co oznacza łączenie większej ilości mniejszych przesyłek różnego rodzaju w jednym kontenerze zbiorczym.

²³ <https://www.statista.com/statistics/267603/capacity-of-container-ships-in-the-global-seaborne-trade/>

²⁴ Długołęcka K., Simiński P.: Spedytor, jako istotne ogniwo w łańcuchu dostaw, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Seria: Administracja i Zarządzanie, nr 105, s. 37-47, 2015.

²⁵ Duraj N., Sadowski A., Misztal A., Comporek M., Kowalska M.: Bezpieczeństwo ekonomiczno-finansowe przedsiębiorstw sektora TSL. Wybrane problemy, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, ISBN 978-83-8142-972-6, Łódź, 2020.

²⁶ Karbownik L.: Metody oceny zagrożenia finansowego przedsiębiorstw sektora TSL w Polsce, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, ISBN 978-83-8088-588-2, Łódź, 2016.

²⁷ Marciniak-Neider D., Neider J. (red.): Podręcznik spedytora: Transport, Spedycja, Logistyka, Polska Izba Spedycji i Logistyki, Tom 1 i 2, ISBN 978-83-924234-3-0, Gdynia, 2011.

²⁸ Wierzejski T., Kędzior-Laskowska M.: Transport i spedycja, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ISBN 978-83-63041-74-8, Olsztyn, 2014.

²⁹ Wasielewska-Marszałkowska I.: Spedycja współczesnych łańcuchów dostaw, Wyd. CeDeWu, ISBN 978-83-7556-678-9, Warszawa, 2014.

³⁰ <https://drobnica-morska.pl/transport-morski-jaki-wybrac-fcl-czy-lcl/>

³¹ <https://bbats.pl/transport-morski/kontenery-morskie/>

Zlecenia drobnicowe są korzystne, ponieważ wielu odbiorców łącznie opłaca fracht jednego kontenera, istotnie obniżając cenę transportu własnego towaru. Ładunki drobnicowe mają dłuższy czas realizacji wysyłki, ponieważ są konsolidowane w magazynie portowym.

Rozwój transportu kontenerowego z uwagi na fakt, że jest to bardzo kapitałochłonny sektor gospodarki, został opanowany przez globalne podmioty gospodarcze. Budowa statku do przewozu kontenerów oraz samych kontenerów wymaga nakładów finansowych liczonych w setkach milionów USD. Wysoki potencjalny zwrot nakładów, który jest możliwy z uwagi na wysoki popyt w handlu towarami, wymaga jednak nieustannej redukcji kosztów. Linie kontenerowe w procesie zarządzania są stale pod presją globalnego rynku oferującej klientom konkurencyjne stawki przewozowe, a jednocześnie wszystkie podmioty dążą do uzyskania maksymalnego poziomu wykorzystania potencjału transportowego posiadanej floty^{32,33,34}.

Duńska linia żegluga APM-Maersk posiada obecnie najbardziej liczną flotę statków kontenerowych, jednocześnie o największej pojemności (rys. 3). W marcu 2021 r. eksploatowała 713 statków o łącznej pojemności 4,1 mln TEU. APM-Maersk wypracował w 2020 r. przychody na poziomie prawie 40 mld USD³⁵. Na drugim miejscu była szwajcarska międzynarodowa firma przewozowa MSC-Mediterranean Shipping posiadająca 583 kontenerowce o łącznej pojemności 3,9 mln TEU. Dwa kolejne miejsca zajmują chińska firma dostarczająca usługi spedycyjne i logistyczne COSCO - China Ocean Shipping Company oraz francuska firma transportowo-spedycyjna CMA CGM^{36,37}.

Wysoki poziom konkurencji w przewozach kontenerowych spowodował konsolidację największych graczy na rynku i utworzenie trzech aliansów: 2M, Ocean Alliance i The Alliance, które razem obsługują 80% globalnego rynku kontenerowych przewozów morskich. Ocean Alliance jest niekwestionowanym liderem w transporcie ładunków pomiędzy wschodem i zachodem. Ten sojusz kontenerowy obsługuje aż 45 stałych pętli (linii transportowych), podczas gdy The Alliance oferuje przewozy na 32 pętlach, natomiast 2M na 25 pętlach. Skład aliansów, to³⁸:

- 2M – tworzą duński APM-Maersk i szwajcarskie MSC-Mediterranean Shipping,
- Ocean Alliance – tworzą: francuski CMA CGM, chiński COSCO-China Ocean Shipping Company, tajwański EVERGREEN i spółka z siedzibą w Hongkongu Orient Overseas Container Line (OOCL);
- The Alliance tworzą: niemiecka Hapag-Lloyd, tajwańska Yang Ming oraz trzy japońskie linie MOL, NYK, „K” Line.

³² Ficoń K.: Logistyka morska. Statki, porty, spedycja, Wyd. BEL Studio Sp. z o.o., ISBN 978-83-61208-76-1, Warszawa, 2010.

³³ Januła E., Kwiatkiewicz P., Laskowski M.: Nowoczesna spedycja, Seria: Logistyka, Wyd. As Pik, ISBN 978-83-66800-13-7, Warszawa, 2021.

³⁴ Kotowska I., Mańkowska M., Pluciński M.: Morsko-ładowe łańcuchy transportowe, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-8085-195-5, Warszawa, 2016.

³⁵ <https://www.statista.com/statistics/263965/revenue-of-ap-moeller-maersk-a-s/>

³⁶ <https://www.statista.com/statistics/267603/capacity-of-container-ships-in-the-global-seaborne-trade/>

³⁷ <https://www.statista.com/topics/1367/container-shipping/#dossierKeyfigures>

³⁸ <https://www.gospodarkamorska.pl/porty-logistyka-ocean-alliance-goruje-nad-pozostalymi-sojuszami-18928>

The world's largest containerships

		Nominal TEU tdw	LOA m	Breath m	Depth m	Draft m
MSC GÜLSÜN 6 units in series from July 2019		22,960 teu 228,149 tdw	399.9	61.5	33.2	16.5
					Operated by MSC Built by Samsung H.I. <i>MSC also has 5 units to be built at DSME</i>	
OOCL HONG KONG 6 units in series from May 2017		21,413 teu 191,317 tdw	399.9	58.8	32.5	16.0
					Operated by OOCL(COSCO) Built by Samsung H.I.	
COSCO SHIPPING UNIVERSE 6 units in series from Jun 2018		21,237 teu 198,485 tdw	399.9	58.6	33.5	16.0
					Operated by COSCO Built by CSSC <i>COSCO also has in addition 11 units of 19,200-20,100 teu built in CSSC/CSC/COSCO shipyards</i>	
MADRID MAERSK 11 units in series from Apr 2017		20,568 teu 210,019 tdw	399.0	58.6	33.2	16.5
					Operated by Maersk Built by Daewoo (DSME)	
EVER GOLDEN 11 units in series from Mar 2018		20,388 teu 199,692 tdw	400.0	58.8	32.9	16.0
					Operated by Evergreen Built by Imabari	
MOL TRIUMPH 6 units in series from Mar 2017		20,170 teu 192,672 tdw	400.0	58.8	32.8	16.0
					Operated by MOL Built by Samsung H.I.	
BARZAN 6 units in series from Apr 2015		19,870 teu 199,744 tdw	400.0	58.6	30.6	16.0
					Operated by UASC Built by Hyundai Samho/Hyundai H.I.	
MSC OSCAR 12 units in series from Jan 2015		19,224/19,437 teu 197,362 tdw	395.4	59.0	30.3	16.0
					Operated by MSC Built by Daewoo (DSME) <i>MSC also has in addition 6 units of 19,462 teu built in Samsung and 2 units of 19,368 teu at Hyundai H.I.</i>	
CSCL GLOBE 5 units in series from Nov 2014		18,982 teu 184,320 tdw	399.7	58.6	30.5	16.0
					Operated by COSCO Built by Hyundai H.I.	
Maersk 'EEE' 20 units in series from Jun 2013		18,340 teu 194,153 tdw	399.2	59.0	30.3	16.0
	ALPHALINER				Operated by Maersk Built by Daewoo (DSME)	

© Copyright Alphaliner 1999-2019

Rys. 4. Parametry eksploatacyjne i techniczne największych kontenerowców świata

Źródło: https://pbs.twimg.com/media/D_H_wwHxkAA-fw8?format=jpg&name=900x900

Wzrost popularności i znaczenia transportu kontenerowego w przewozach morskich zapoczątkował proces projektowania i budowy statków przystosowanych tylko i wyłącznie do przewozu takich ładunków. Pojemność kontenerowców liczona jest w jednostce TEU (ang. *Twenty-foot Equivalent*). Skrót TEU oznacza dwudziestostopową jednostkę ekwiwalentną, która jest standardową jednostką miary w branży żeglugaowej. Rozwój konstrukcji takich jednostek oceanicznych prowadzony był w kierunku osiągania coraz większych rozmiarów, a tym samym możliwości w zakresie ilości załadowanych kontenerów (rys. 4). Istotnym ograniczeniem były parametry eksploatacyjne zarówno ważnych dróg morskich, takich jak kanał Panamski i kanał Sueski, jak i głębokość basenów oraz długość nabrzeży w portach.

Kolejno powstające typy kontenerowców, to³⁹:

- Panamax – pojemność 3000 – 5000 TEU, czyli jednostki, które mogły przepłynąć przez kanał Panamski;
- Post – Panamax – pojemność 5000 – 10000 TEU,
- Suezmax – pojemność 12000 TEU, czyli kontenerowce, które mogły przepłynąć przez Kanał Sueski przed jego pogłębieniem.
- Post-Suezmax – pojemność 18000 TEU,
- Ultra Large Container Vessel (ULCV) to obecnie największe na świecie kontenerowce o pojemności ponad 23000 TEU.

W 2019 r. zwodowano w Południowej Korei największy kontenerowiec MSC Gülsün, który posiada pojemność 23756 TEU, długość 400 m i szerokość 61,5 m. W 2021 r. światowa flota kontenerowców handlowych liczyła 5360 jednostek.

W 2020 r. największe porty przeładunkowe na świecie znajdowały się w regionie Azji i Pacyfiku, a wśród pierwszych dziesięciu najbardziej ruchliwych portów kontenerowych siedem stanowiły porty na wybrzeżu Chin (tabela 1). Port w Szanghaju obsłużył w 2020 r. 43,5 mln TEU ładunków skonteneryzowanych i wygenerował przychody w wysokości 3,7 mld USD⁴⁰. Na drugim miejscu był Singapur przeładowując 36,6 mln TEU. Na terenie Europy największymi portami obsługującymi ładunki kontenerowe były Rotterdam w Holandii (14,35 mln TEU), Antwerpia w Belgii (12,04 TEU) i Hamburg w Niemczech (8,7 mln TEU). W USA Port Los Angeles obsłużył 9,2 mln TEU. Sumaryczny wolumen obrotu kontenerami w 50 największych portach na świecie w 2020 r. przekroczył 230 mln TEU^{41,42}.

W transporcie międzykontynentalnym kontenerowe łańcuchy transportowe oparte są na systemie *Hub-and-Spoke*. Model logistyczny *Hub-and-Spoke* (system piasta-szprychy) funkcjonuje dzięki istnieniu centralnego węzła transportowego (terminala kontenerowego) oraz szeregu odchodzących promienistych linii transportowych (szprych). Dostawy ładunków realizowane są do *hub-u*, czyli portu bazowego dla kontenerów w relacjach transoceanicznych, a następnie do odbiorców końcowych. W transporcie kontenerowym ten model logistyczny obejmuje żeglugę oceaniczną oraz żeglugę feederową. Na regionalnych liniach obejmujących akwen Morza Bałtyckiego eksploatowane są średnie kontenerowce, czyli *feeder conta-*

³⁹ <http://bizneslogistyka.pl/rodzaje-kontenerowcow/>

⁴⁰ <https://www.statista.com/statistics/1096976/revenue-of-shanghai-international-port/>

⁴¹ <https://www.statista.com/statistics/1097059/global-shipping-containers-market-size/>

⁴² <https://www.statista.com/statistics/264171/turnover-volume-of-the-largest-container-ports-worldwide/>

iner vessel, które obsługują transport pomiędzy dużymi i mniejszymi portami kontenerowymi. Przykładem takiej jednostki jest Vistula Maersk. Kontenerowiec ten oddany do użytku w 2018 r. jest pierwszym z serii siedmiu nowoczesnych jednostek o długości 200 m i ładowności rzędu 3596 TEU, które zostaną wprowadzone do obsługi portów Europy Północnej i nad Morzem Bałtyckim^{43,44,45}.

Tabela 1. Wolumen obrotu kontenerami w największych portach na świecie w 2020 r. w milionach TEU.

Lp.	Port	Wolumen w 2020 roku (mln TEU)
1	Szanghai Chiny	43,5
2	Singapur	36,6
3	Ningbo-Zhoushan, Chiny	28,72
4	Shenzhen, Chiny	26,55
5	Port w Kantonie, Chiny	23,19
6	Pusan, Korea Południowa	21,59
7	Qingdao, Chiny	22
8	Hongkong, SAR, Chiny	20,07
9	Tianjin, Chiny	18,35
10	Rotterdam, Holandia	14,35
11	Jebel Ali, Dubaj, Zjednoczone Emiraty Arabskie	13,5
12	Port Klang, Malezja	13,24
13	Xiamen, Chiny	11,41
14	Antwerpia, Belgia	12,04
15	Kaohsiung, Tajwan, Chiny	9,62
16	Dalian, Chiny	6,54
17	Los Angeles, Stany Zjednoczone	9,2
18	Hamburg, Niemcy	8,7
19	Tanjung Pelepas, Malezja	9,85
20	Laem Chabang, Tajlandia	7,55

Źródło: <https://www.worldshipping.org/top-50-ports>

⁴³ <https://www.portalmorski.pl/zegluga/39034-vistula-maersk-pierwszy-z-nowej-generacji-baltyckich-feederow>

⁴⁴ Grzelakowski A., Niedzielski P., Pluciński M. (red.): Europa bałtycka - przeszłość, terażniejszość, nowe wyzwania XXV Sejmik Morski, Zeszyty Naukowe nr 589 Seria Ekonomiczne Problemy Usług nr 49, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISSN 1640-6818, Szczecin, 2010.

⁴⁵ Pluciński M.: Polskie porty morskie w zmieniającym się otoczeniu zewnętrznym, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-7556-577-5, Warszawa, 2013.

Zmiany gospodarcze i perspektywa akcesji Polski do UE były pod koniec lat 90. XX wieku przyczyną zmian w planowaniu krajowej gospodarki morskiej i rozwoju transportu intermodalnego^{46,47}. Idea powstania nowoczesnego terminala kontenerowego DCT Gdańsk została zrealizowana w latach 2005-2007. W 2010 r. terminal zaczął przyjmować statki o ładowności 8000 TEU, dzięki czemu stała się możliwa współpraca z armatorami z Chin, Japonii i Korei Południowej. W 2015 r. DCT Gdańsk rozpoczął współpracę z 2M Alliance, w którego skład wchodzi APM-Maersk i szwajcarskie MSC-Mediterranean Shipping, a także liniami APL, HMM, MOL, Hapag-Lloyd, NYK i OOCL. Przeładunki przy drugim nabrzeżu rozpoczęto w 2016 r. W 2020 r. DCT Gdańsk przy rocznych przeładunkach na poziomie 3,25 mln TEU zajął pozycję wśród stu największych terminali na świecie⁴⁸.

Systemy zarządzania transportem klasy TMS

System zarządzania transportem TMS (*ang. Transport Management System*) jest wydzielonym fragmentem w logistycznym łańcuchu dostaw, a jego zadaniem jest optymalna organizacja i realizacja wszystkich operacji przewozowych. Stanowi on w wielu przedsiębiorstwach moduł w systemie zarządzania ERP (*ang. Enterprise Resource Planning*) lub jest aplikacją stanowiącą podstawowy system stosowany do obsługi zleceń w firmach usługowych, które wykonują przewozy ładunków. Systemy TMS są projektowane, tworzone i rozwijane przez największe przedsiębiorstwa z branży informatycznej na świecie: International Business Machines Corporation (IBM), Systems Applications and Products in Data Processing (SAP), Manhattan Associates, Oracle Corporation i JDA Software Group (od 2020 r. zmiana nazwy na Blue Yonder).

Systemy TMS, jako produkty informatyczne, są oferowane podmiotom z różnymi rodzajami umów, jako⁴⁹:

- licencjonowanie lokalne (zakup tradycyjnej licencji),
- licencjonowanie z wykorzystaniem hostingu (zdalne, SaaS, Cloud),
- lokalne licencjonowanie hostowane (połączenie pierwszego i drugiego sposobu),
- hosting TMS – dostęp bez licencji i bez opłat.

Do najważniejszych funkcji i zalet systemu TMS należy zaliczyć⁵⁰:

- możliwość kompleksowego planowania i realizacji transportu,
- optymalne wykorzystanie przestrzeni ładunkowej,
- redukcję kosztów transportu oraz obsługi spedycyjnej,
- możliwość monitorowania ładunków,
- możliwość uzyskania dostępu do informacji w czasie rzeczywistym,
- kompleksową obsługę dokumentacyjną zleceń,

⁴⁶ Załoga E. (red.): Transport intermodalny w Polsce, Uwarunkowania i perspektywy rozwoju, Zeszyty Naukowe nr 778 Problemy Transportu i Logistyki nr 22, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISSN 1640-6818, Szczecin, 2013.

⁴⁷ Kotowska I., Mańkowska M., Pluciński M.: Planowanie rozwoju portów morskich. Aspekty teoretyczne i praktyczne, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN 978-83-7972-235-8, Szczecin, 2019.

⁴⁸ <https://bbats.pl/transport-morski/dct-gdansk/>

⁴⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Transportation_management_system

⁵⁰ <https://sotipm.pl/system-tms/>

- redukcję czasu niezbędnego do obsługi zleceń, dzięki optymalizacji poszczególnych etapów na całej trasie od odbioru aż do dostarczenia ładunku;
- dostęp do bazy danych i możliwość analizy jej zasobów,
- podwyższenie poziomu jakości realizacji zleceń i ich terminowości dzięki minimalizacji ryzyka popełnienia błędów przez pracowników.

Aplikacja *Transport Management System* w przypadku przewozów morskich ma na celu ułatwienie obsługi tego złożonego procesu. Praktycznie zawsze takie łańcuchy logistyczne wymagają w trakcie dostawy dwu lub trzykrotnej zmiany środka transportu, a jednostki ładunkowe przemieszczane i składowane są wśród tysięcy innych kontenerów. Kluczowym warunkiem dla sprawnego i bezpiecznego przebiegu procesu przewozowego jest jego bezbłędna identyfikacja. Firma spedycyjna rozpoczynając proces zarządzania kontenerowym transportem morskim w ramach każdego zlecenia musi na etapie zapytania ofertowego uzyskać szereg informacji o: rodzaju towaru, jego opakowaniu, miejscu pobrania, miejscu dostawy, planowanym czasie wysyłki i/lub dostawy, warunkach dostawy wg. reguł Incoterms oraz danych o ładunku (ilość, rozmiar, waga). W praktyce morskiej stosuje się dwa podstawowe warunki współpracy nadawca-odbiorca: CIF (*ang. Costs, Insurance and Freight*) i FOB (*ang. Free on Board*), a w szczególnych przypadkach EXW (*ang. Ex Works*). Kolejnym etapem jest uzyskania informacji o kosztach i harmonogramie rejsów statków. Następuje sprawdzenie u armatorów potencjalnych możliwości w zakresie rezerwacji miejsca na statku w określonym terminie i kalkulacja kosztów wysyłki. Równolegle sprawdzane są możliwości w firmach przewozowych w aspekcie terminu i kosztów transportu z miejsca nadania do portu załadunku. Dla firmy w transporcie lądowym istotne są dane o: miejscu pozyskania pustego kontenera, czasie i miejscu jego załadunku, rodzaju kontenera oraz jego ciężarze, miejscu odprawy celnej oraz miejscu dostawy na statek. Informacje o kosztach i warunkach dostawy spedytora przekazuje do akceptacji nadawcy. Po potwierdzeniu oferty powinien on dostarczyć kolejne szczegółowe informacje zawierające m.in.: adres nadawcy, adres odbiorcy oraz dane kontaktowe. Po potwierdzeniu zlecenia następuje uzgodnienie miejsca odprawy celnej, daty wysyłki z miejsca pochodzenia, potwierdzenie kosztów dostawy lądowej. Ważnym etapem jest weryfikacja dokumentów eksportowych: Faktury Handlowej (*ang. Commercial Invoice*) oraz Listy pakunkowej (*ang. Packing List*). Transport morski wymaga dokonania rezerwacji miejsca na statku wybranego armatora (*booking*). Podstawowe informacje przekazywane armatorowi, to: port wyjścia i port rozładunku, data wypłynięcia, rodzaj ładunku, ilość i typ kontenerów, ciężar kontenerów, a także informacje, kto będzie płatnikiem za usługę na kolejnych etapach transportu przesyłki. Wszystkie etapy transportu kontenera są przez spedytora monitorowane, a uzyskane informacje o odprawie celnej, załadunku na statek i przebiegu żeglugi ma on obowiązek przekazywać zleceniodawcy i odbiorcy ładunku^{51,52,53}.

⁵¹ <https://bbats.pl/poradnik-specjalistyczny/transport-morski-z-chin-poradnik/>

⁵² Juściński S., Wykorzystanie systemów nawigacji satelitarnej w transporcie drogowym, [w:] Dzieniszewski G., Kuboń M., (red.): Aktualne Problemy Transportu, ISBN 978-83-60184-97-4, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków, s. 63-76, 2017.

⁵³ Wrzos A.: Analiza obsługi transportu kontenerowego w aspekcie spedycji międzynarodowej, Praca inżynierska, maszynopis, 2020.

Integralną częścią systemów zarządzania transportem morskim jest monitorowanie przesyłek kontenerowych. Jest to możliwe dzięki rozbudowanej nawigacji morskiej, która korzysta z satelitarnych systemów pozycjonowania, zintegrowanych systemów nawigacyjnych, systemów monitorowania i sterowania ruchem statków⁵⁴:

Transport Management System umożliwia realizację podstawowego warunku dla efektywnego przebiegu zlecenia w transporcie morskim, czyli nadaniu mu unikalnego numeru w systemie operacyjnym. Podczas rejestracji i wprowadzania danych koniecznych do uruchomienia realizacji zlecenia w module „Rejestr zleceń spedycyjnych” (ang. *Forwarding Order Register*) generowany jest automatycznie unikalny numer przesyłki SO (ang. *Settlement Object*). W module „Rejestr zleceń spedycyjnych” następuje szczegółowy opis wysyłki, obejmujący kolejno dane o: typie zamówienia, nadawcy, odbiorcy, osobie do kontaktów, producencie towaru, porcie załadunku, porcie wyładunku, warunkach obsługi prawnej dostawy (wg. reguł Incoterms), rodzaju i typie kontenera, płatniku frachtu morskiego, dostępie do dokumentu „Morski list przewozowy” (ang. *Bill of Lading*), osobie odpowiedzialnej za prowadzenie zlecenia, osobie odpowiedzialnej za wykonanie prac operacyjnych, poziomie dostępu do informacji o zleceniu dla pracowników firmy oraz osobie odpowiedzialnej za rozliczanie kolejnych etapów przesyłki. Przejście do następnego etapu rejestracji przesyłki w systemie oznacza konieczność szczegółowego opisu jej zawartości w poszczególnych zakładkach modułu. Wpisywane dane, to kolejno: kod towaru, kod taryfy celnej, typ przewożonej przesyłki, ilość jednostek ładunkowych, masa brutto towaru, objętość towaru, masa płatna i wartość faktury handlowej. Na osobnych zakładkach zamieszczane muszą być informacje o: numerze kontenera, numerze bookingu armatorskiego, rodzaju oraz numerze faktury handlowej, a także szereg informacji o konieczności wykonania dodatkowych usług, takich jak: dezynsekcja, ubezpieczenie, prześwietlenie kontenera, dodatkowe plombowanie lub certyfikacja towaru. Systemy klasy TMS na podstawie danych uzupełnionych w modułach rejestrujących zlecenie automatycznie inicjują tworzenie dokumentu „Morski list przewozowy”, którym jest konosament. Na tym etapie następuje nadanie numerów dla dwóch dokumentów: konosamentu armatorskiego MBL (ang. *Master Bill of Lading*) i konosamentu spedytorskiego HBL (ang. *House Bill of Lading*)^{55,56,57}.

Transport Management System wykorzystywany jest w obsłudze rynku przez każdy rodzaj firm od małych i średnich aż po podmioty o zasięgu globalnym. Systemem, który wyróżnia się na rynku jest *GoFreight*, czyli internetowe oprogramowanie do obsługi przewozów kontenerowych. Oferuje ono pełny zestaw rozwiązań informatycznych istotnych dla sprawniej i efektywnej działalności spedytatorów, przewoźników i NVOCC (ang. *Non Vessel Operating Common Carrier*), czyli przewoźników umownych. Są to armatorzy morscy nieposiadający własnych statków. Firmy tego typu świadczą usługi pośrednictwa przy wynajmie dużych przestrzeni ładunkowych do transportu pełnokontenerowego (FCL) lub przesyłek skonsolidowanych (LCL) w transporcie intermodalnym⁵⁸.

⁵⁴ <https://www.iala-aism.org/technical/positioning-navigation-and-timing/>

⁵⁵ http://www.euro-shipping.com.pl/?page_id=863

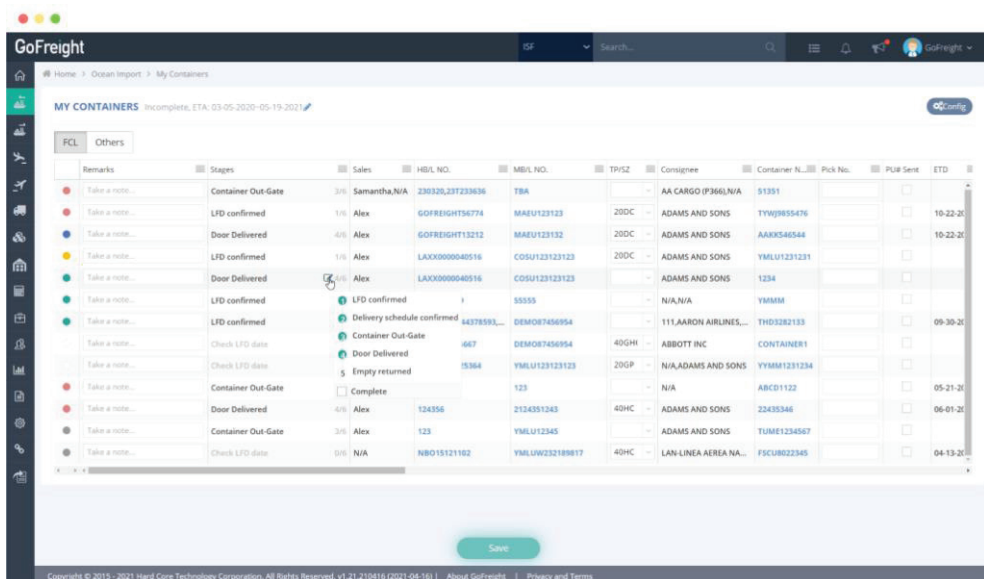
⁵⁶ Wrzos A.: Analiza obsługi transportu kontenerowego w aspekcie spedycji międzynarodowej, Praca inżynierska, maszynopis, 2020.

⁵⁷ <https://www.seaoo.com/blog/konosament-czesc-2-mbl-vs-hbl/>

⁵⁸ <https://softwareconnect.com/freight-forwarding/gofreight/>

Aplikację *GoFreight* wyróżnia⁵⁹:

- możliwość użytkowania przez klienta na dowolnym systemie operacyjnym: iOS, Android, Internet;
- intuicyjna obsługa poszczególnych modułów i możliwość tworzenia zakładek;
- prosty proces rejestracji firmy oraz łatwy dostęp z przeglądarki internetowej, umożliwiający pracę w dowolnym miejscu i czasie;
- komplet danych zawartych w tworzonych dokumentach biznesowych podlega ochronie z wykorzystaniem zaawansowanej technologii Amazon Web Services (platforma chmury i hostingowy serwis internetowy);
- system tworzy trzy kopie zapasowe danych, dwie kopie w Amazon i jedną w GoFreight.
- scentralizowane układy dokumentów, które są zsynchronizowane z użytkownikami i zadaniami oraz umożliwiają edytowanie i udostępnianie w czasie rzeczywistym.



Rys. 5. Zrzut ekranu modułu *My Containers* programu *GoFreight* z zestawieniem danych o przesyłkach kontenerowych

Źródło: <https://softwareconnect.com/images/screenshots/screenshot-gofreight-my-containers-351896>

Kluczowe funkcje programu *GoFreight* to m.in.^{60,61}:

- struktura dedykowana do obsługi importu i eksportu morskiego i lotniczego,
- firmowa struktura obsługi przesyłek w aspekcie wypełniania dokumentów MBL i HBL,
- automatyczna aktualizacja zleceń i możliwość śledzenia wszystkich kontenerów na jednej platformie internetowej,

⁵⁹ <https://www.gofreight.co/whyus>

⁶⁰ <https://softwareconnect.com/freight-forwarding/gofreight/>

⁶¹ <https://www.gofreight.co/basic-features#oceanimport>

- funkcja śledzenia i automatycznych powiadomień w module *GoFreight Tracking* o aktualnym statusie kontenera w kolejnych miejscach jego obsługi w celu uniknięcia opłat za nieuzasadnione przechowywanie i przestoje,
- wydajna komunikacja z klientami dzięki temu, że wszystkie informacje i dokumenty są dostępne dla nadawców w portalu śledzenia, a ponadto otrzymują oni automatyczne powiadomienia w formie e-mail;
- możliwość generowania i druku pakietu dokumentów: konosamentu armatorskiego i spedytorskiego, instrukcji, formularzy odbioru/dostawy, dokumentów przewozowych, faktur handlowych, certyfikatów pochodzenia, pokwitowań z doku, potwierdzeń rezerwacji, przelewów bankowych i etykiet na opakowania;
- kompleksowy system księgowy umożliwiający generowanie faktur, zarządzanie płatnościami i kontami bankowymi, obsługę dokumentów i kont, tworzenie raportów i bilansów oraz zestawień inwentaryzacyjnych;
- tworzenie zakładek dla partnerów handlowych, ich obsługa dokumentacyjna, księgową i zestawienie danych z frachtów;
- pulpit nawigacyjny, który zawiera przegląd kluczowych wskaźników o bieżącej działalności rynkowej firmy w formie bilansów i opracowań statystycznych;
- raporty menedżerskie dla kadry zarządczej o wielkości sprzedaży, strukturze kosztów, cenie sprzedaży i zyskach, tworzone w formie wizualnej;
- zarządzanie operacyjne z wykazem bieżących zleceń, listą przesyłek, kontrolą statusu odprawy celnej, zestawem dokumentów, inteligentnym edytorem formularzy, szybkim łączem do śledzenia przesyłek i raportem kończącym zlecenie.

The screenshot displays the 'Basic' module of the GoFreight software. The main form is titled 'MB/L 125323465' and is for a shipment from SHANGHAI (08-27-2021) to LONG BEACH (09-24-2021). The form is divided into several sections with various input fields and dropdown menus. Key sections include:

- File No.:** 01-000102
- Post Date:** 09-24-2021
- Forwarding Agent:** OP: Sherina Tsao (Sherina)
- Vessel:** (Selected)
- Port of Loading:** SHANGHAI
- Place of Delivery:** (Selected)
- Freight:** COLLECT
- Ship Mode:** FCL
- Service Term:** CY
- Final Destination:** (Selected)
- Final ETA:** 09-24-2021

On the right side, there is a sidebar with a search function and a list of facilities shipping agencies, including 'FACILITIES SHIPPING AGENCY (PTY) LTD' and 'ADAMS AND SONS'.

Rys. 6. Zrzut ekranu modułu *Basic* programu *GoFreight* z danymi dla zlecenia w postaci przesyłki kontenerowej

Źródło: <https://softwareconnect.com/images/screenshots/screenshot-gofreight-shipment-351897>

Linbis Logistics Cloud jest innowacyjną firmą tworzącą oprogramowania do spedycji wykonywanej, jako usługa w chmurze⁶². Dzięki takiemu rozwiązaniu nie ma potrzeby kupowania programu, jego konfigurowania ani zarządzania jego infrastrukturą. *Linbis* to aplikacja, która pomaga organizować, koordynować i wysyłać produkty. Oprogramowanie do zarządzania frachtem ma wersję online dla wszystkich działań logistycznych. Oprogramowanie spedycyjne funkcjonujące w chmurze może być użytkowane do obsługi każdej czynności na całej długości łańcucha logistycznego w dostawach kontenerowych. Z aplikacji *Linbis* mogą korzystać spedytorzy, konsolidatorzy, spedytorzy wirtualni (NVOCC), przewoźnicy oceaniczni, firmy przewozowe, ale również firmy kurierskie, dostawcy 3PL i linie lotnicze⁶³.

The screenshot displays the 'OCEAN SHIPMENT' entry form in the Linbis Logistics Cloud application. The form is titled 'OCEAN SHIPMENT 00000058' and includes a 'Save' button. The main form area is divided into several sections:

- Navigation:** A vertical sidebar on the left contains icons for Dashboard, CRM, Quote, Shipping Order, Pickup & Delivery, Warehouse, Air, Ocean, Shipments, Barcoding Tools, Ground, Accounting, and Reports.
- Progress Bar:** A horizontal bar at the top indicates the shipment status: Pre>Loading (active), Documentation, Loading, Billing, In-Transit, At Destination, and Completed.
- Main Information:**
 - Shipment Number: 00000058
 - Made Of Transportation: 11 - Vessel, Containerized
 - Shipment Type: Consolidation
 - Parent Shipment: [Searchable]
 - Destination: Miami
 - Service: [Searchable]
 - Shipment Class: Master
- Carrier Information:**
 - Carrier: Sample Company HPL
 - Booking Number: 1000004
 - Bill Of Lading Number: [Searchable]
 - Vessel: BEA SCHULTE
 - Flag: [Searchable]
 - Waybill: 0005 [Searchable]
- Routing Information:** [Section header]
- Summary:**
 - Totals:**

Pcs	Weight	Volume
8	4140.000 kg	19.250 m3
 - Income/Expense/Profit:**

Income	Expense	Profit
730.00	0.00	730.00
 - Bill of Ladings:** [Create Sub-Shipment button]

Rys. 7. Zrzut ekranu modułu oprogramowania do zarządzania frachtem online firmy Linbis Logistics Cloud

Źródło: <https://softwareconnect.com/images/screenshots/screenshot-linbis-logistics-entry-form-5459>

Do obsługi transportów morskich dedykowane jest oprogramowanie *Ocean Shipment Software*. Podstawową korzyścią z jego stosowania jest integracja działań zarówno w przypadku wysyłek pełnokontenerowych, jak i łączonych wysyłek drobnicowych w imporcie i eksporcie. Menedżer wysyłek w aplikacji *Linbis* umożliwia generowanie szeregu dokumentów, takich jak: Konosament, Manifest Cargo, Potwierdzenia Rezerwacji, Plany Załadunków, faktury i prowizje agentów. Oprogramowanie *Linbis Ocean Shipment Software* umożliwia nadzór i realizację wszystkich czynności, które kolejno obejmują: potwierdzenie rezerwacji, wydruk kompletu listów przewozowych i certyfikatu pochodzenia, obsługę przesyłek bezpośrednich, przesyłek konsolidowanych i przesyłek typu *back-to-back*, potwierdzenie odbioru dostawy, manifest ładunków oceanicznych, podgląd rozkładu rejsów statków,

⁶² <https://www.linbis.com/>

⁶³ <https://www.linbis.com/ocean-shipments/>

plan załadunku kontenera, śledzenie kontenera, tworzenie formularzy wysyłki, edycję dokumentów oraz księgowanie zleceń i tworzenie faktur. Technologia łatwej integracji *Linbis Logistic* umożliwi wysyłanie informacji do dowolnego oprogramowania z otwartym interfejsem API. Na zarządzanie podmiotem powala moduł księgowości, który umożliwia automatyczne generowanie danych w aspekcie zysków i strat zarówno dla bieżących zleceń, jak też raportów i bilansów okresowych oraz zestawień dla poszczególnych klientów⁶⁴.

Direction	Transport	Opened	Code	Client	Agent	Shipment
Yesterday		07/07/2019	Q19MPOC00	ITF	GREEN WW	FCL
		07/07/2019	Q19MPOC49	NODAL	BEST CARGO	FCL
		03/07/2019	Q19MPOC48	ABBAS		FCL
		03/07/2019	Q19MPOC47	HOUSE OF PORTABLES	GREEN USA	FCL
		03/07/2019	Q19MPOC46	LOTUS	TUVIA	FCL
		02/07/2019	Q19MPOC45	NDV	LNK SHIPPING	FCL
		07/02/2019	Q19MPOC44	CLG	GREEN WORLDWIDE	FCL
		07/01/2019	Q19MPOC43	HORAS	GREEN WORLDWIDE	FCL
		01/07/2019	Q19MPOC42	BAKAR	CARGO PARTNER	FCL
		01/07/2019	Q19MPOC41	BAKAR	CARGO PARTNER	FCL

Rys. 8. Zrzut ekranu modułu *Quotations* oprogramowania do zarządzania frachtem online firmy IST FreightLink

Źródło: <https://softwareconnect.com/images/screenshots/screenshot-ist-freightlink-quotations-347367>

IST Cloud Freight Forwarding Software to oparte na chmurze oprogramowanie spedycyjne, które zostało zaprojektowane do synchronizowania i obsługi skomplikowanych procesów logistycznych podczas realizacji morskich przesyłek kontenerowych. Jako oprogramowanie do spedycji w chmurze nie wymaga konfiguracji infrastruktury do zarządzania systemem⁶⁵. Pulpit nawigacyjny w *IST FreightLink* posiada szereg funkcji umożliwiających efektywne zarządzanie firmą, obejmujące m.in. analizę statystyczną wszystkich działań i operacji transportowych oraz dostęp do poszczególnych zleceń, faktur, ofert i modułów związanych z klientami. Program zapewnia systemową metodę przechowywania danych i tworzenia zestawień oraz modułów dla klientów, portów, agentów wysyłkowych, agentów odprawy celnej oraz dostawców usług przewozowych. Integracja *IST Master Data* z oprogramowaniem do obsługi spedycji umożliwia tworzenie listy walut, kalkulacji podatków, faktur, rodzajów kart kredytowych i metod płatności. Na efektywne zarządzanie relacjami z klientem pozwala integracja z modułem *IST Freight Forwarding CRM*. Integralną częścią *IST Freight Forwarding* jest oprogramowanie *InfoSysTech Logistics*, które pozwala obsługiwać przesyłki bezpośrednie i konsolidowane. Moduły zarządzania dokumentami pozwalają na szybkie przygotowanie: *Bill of lading*, *Certificate of origin*, *Commercial Invoice*, *Schedule*

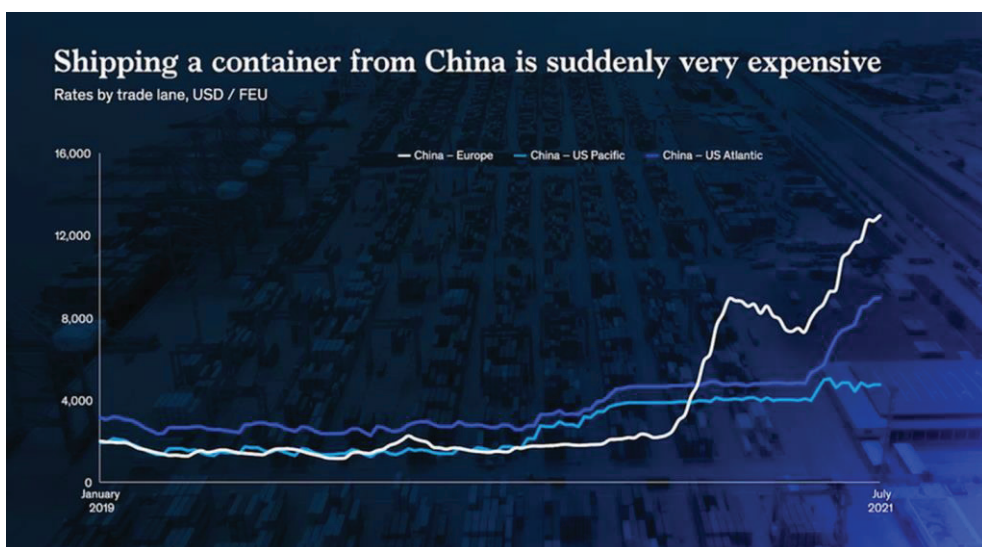
⁶⁴ <https://www.linbis.com/ocean-shipments/>

⁶⁵ <https://istegy.net/software/freight-forwarding-management-system/>

of vessel Sailing, Booking Confirmation, Tracking Container. Funkcja *IST Freight Forwarding Tracking* umożliwia kontrolę przesyłki w trybie 24/7 poprzez automatyczne wprowadzanie danych transportowych do internetowego modułu śledzenia, będącego częścią systemu. System *IST Freight Forwarding* oferuje również moduły do zarządzania księgowością i sferą administracyjną firmy⁶⁶.

Zagrożenia w zarządzaniu transportem morskim kontenerów

Globalny łańcuch dostaw realizowany transportem morskim to skomplikowany system składający się z wielu ogniw, które muszą działać prawidłowo, aby cały system był wydajny i efektywny. Pandemia COVID-19 spowodowała istotne zakłócenia, które najpierw zmniejszyły wydajność na poszczególnych etapach dostaw, a następnie doprowadziły do zatrzymania całych gałęzi przemysłu i łańcuchów dostaw wyrobów gotowych.



Rys. 9. Koszty transportu kontenera z Chin do Europy, z Chin do USA przez Pacyfik oraz z Chin do USA przez Atlantyk w okresie od styczeń 2019 r. do lipca 2021 r.

Źródło: <https://businessinsider.com.pl/finanse/dlaczego-na-meble-i-sprzety-trzeba-czekac-kryzys-globalnego-lancucha-dostaw/x2bmx5p> (Foto: www.mckinsey.com / materiały prasowe)

Transport kontenerów morskich w układzie międzykontynentalnym na poszczególnych etapach był nawet czasowo zawieszany. Wynikało to wprost z zamykania portów z powodu epidemii koronawirusa, spiętrzenia robót załadunku i/lub wyładunku w portach, braku obsługi z powodu kwarantanny na statkach lub w portach, braku kontenerów na trasach powrotnych oraz ogólnie produkcji nowych kontenerów transportowych. Wszystkie te czynniki,

⁶⁶ <https://istegy.net/software/freight-forwarding-management-system/>

jako zjawiska o charakterze nieprzewidywalnym, zachwiały równowagą między podażą i popytem. Generalnie brak dostępu do kontenerów przy wzrastającym popycie doprowadził w 2021 r. do rekordowego wzrostu stawek frachtowych w przewozach kontenerowych⁶⁷ (rys. 9). Transport kontenera z Chin do Europy w 2021 r. kosztował od pięciu do sześciu razy więcej niż na początku 2019 r. Koszt wysyłki standardowego kontenera wzrósł z około 3 000 USD do ponad 15 000 USD za sztukę. Ponadto transport do Europy trwał często wiele dni dłużej, ponieważ tworzyły się zatory hamujące obsługę wysyłki kontenerów. Współczesne łańcuchy logistyczne obsługujące dostawy łączą działania w transporcie kolejowym i drogowym oraz pracę terminali kontenerowych w portach. Każdy przypadek np. lockdownu w Azji, Europie lub USA powodował „efekt domina”, a zburzenie harmonogramu dostaw na głównych szlakach przewozowych wywoływało wzrost kosztów.



Rys. 10. Szlaki transportowane obsługiwane przez największe kontenerowce klasy *Ultra Large Container Vessel* pomiędzy Azją i Europą.

Źródło: https://i.dailymail.co.uk/i/pix/2012/12/10/article-2245394-16711EB4000005DC-282_634x326.jpg

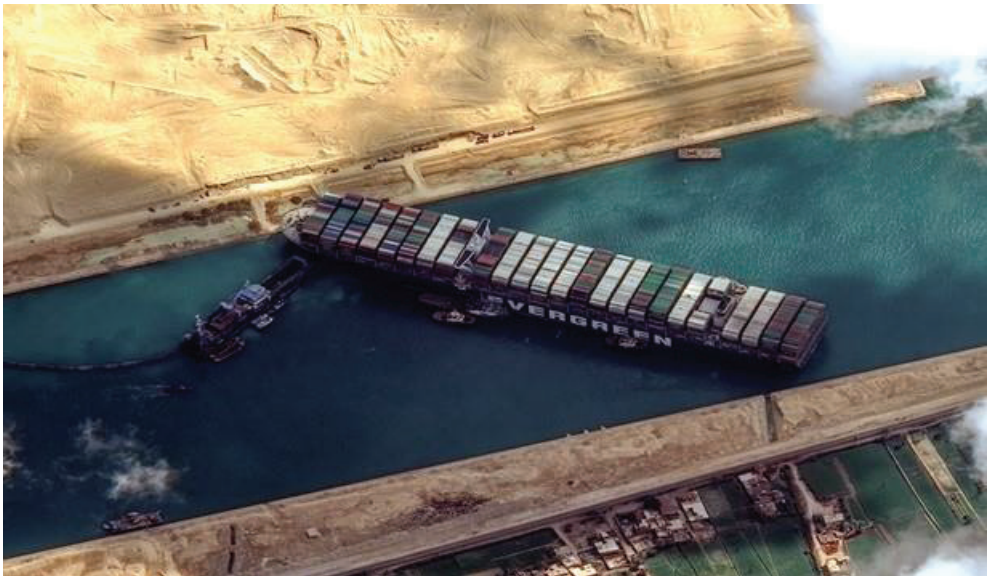
Proces zarządzania transportem morskim przesyłek kontenerowych w 2021 r. na szlaku pomiędzy portami w Chinach i portami w Europie został na sześć dni przerwany przez wydarzenie bez precedensu, jakim było zablokowanie szlaku wodnego przez przepływający kontenerowiec.

⁶⁷ <https://www.statista.com/statistics/1250636/global-container-freight-index/>



Rys. 11. Kontenerowiec Ever Given klasy Golden, w marcu 2020 r. w terminalu ECT Delta w porcie Rotterdam.

Źródło: https://cdn.benchmark.pl/uploads/backend_img/c/newsy/2021-03/KZ/evgiven-kontenerowiec.jpg



Rys. 9. Kontenerowiec Ever Given o długości 400 m w dniach od 23 do 29 marca 2021 r. blokował Kanał Sueski

Źródło: <https://gospodarka.dziennik.pl/news/galeria/8127623,kanal-sueski-blokada-kontenerowiec-statek-zaloga-pogoda-korek-zeglugowy.html,1>

Kanał Sueski jest kluczową drogą wodną, którą w 2020 r. przepłynęło prawie 19 000 statków, czyli średnio ponad 50 jednostek każdego dnia. Zablokowanie tak ważnej arterii wywołało opóźnienia w globalnym łańcuchu dostaw, gdyż przez kanał przepływają towary stanowiące około 10% światowego handlu. Kanał Sueski, jako jedyny tor wodny pozwala statkom ominąć o 7 500 km dłuższą trasę wokół Przylądka Dobrej Nadziei na południowym krańcu Afryki, a tym samym skrócić podróż z ładunkiem o 7 do 10 dni. Kontenerowiec Ever Given klasy Golden, stanowiący własność japońskiego armatora Shoei Kisen Kaisha, a czarterowany przez firmę Evergreen, pływa jak wiele innych statków pod banderą Panamy. To jeden z największych kontenerowców na świecie o pojemności 20 124 TEU, długości 399,94 m i szerokość 59 metrów^{68,69}.

Bilans korzyści i kosztów w transporcie morskim wymaga porównania z jednej strony opłaty za korzystanie z Kanału Sueskiego w wysokości 400 000 USD do 500 000 USD dla wielkich kontenerowców za przepłynięcie tą arterią w jedną stronę. Dłuższa trasa oznacza natomiast wyższe koszty paliwa i dodatkowy czas pracy statku ze wszystkimi innymi kosztami eksploatacji oraz kosztami pracy załogi. Innym elementem wpływającym na podjęcie decyzji jest aktualna cena paliwa, dostępność nadwyżki zdolności przewozowej (nadpodaż tonażu w stosunku do bieżącego popytu), wysokość rabatów za korzystanie z kanału oraz gotowości klientów do zaakceptowania wydłużenia czasu transportu^{70,71}.

Podsumowanie

Pandemia koronawirusa, która od 2019 r. stanowi zagrożenie w skali globalnej wykazała, jak istotny potencjał dla branży transportowej, spedycyjnej i logistycznej (TSL) mają systemy informatyczne. Radykalnemu przyspieszeniu uległy procesy prowadzonej od lat digitalizacji oraz upowszechniania automatyzacji w sferze tworzenia dokumentów. Programy TMS są rozwiązaniami informatycznymi, które stanowią odpowiedź na potrzeby i wyzwania tej części rynku w XXI wieku. Generalnym zadaniem, które pozwalają zrealizować jest redukcja kosztów, usprawnienie prowadzonych działań w zakresie planowania oraz integracja często złożonych procesów we współpracy pomiędzy branżą TSL, a przedsiębiorstwami produkcyjnymi i/lub dystrybucyjnymi^{72,73}. Zasobem, który jest nieodnawialny w działalności

⁶⁸ <http://swiat-kontenerow.pl/ciekawostki/kontenerowiec-ever-given-zablokowal-ruch-na-kanale-sueskim/>

⁶⁹ https://pl.wikipedia.org/wiki/Ever_Given

⁷⁰ <https://www.portalmorski.pl/zegluga/44846-wielkie-kontenerowce-na-trasie-miedzy-azja-i-europa-okrazaja-afryke-omijajac-kanal-suezki>

⁷¹ <https://businessinsider.com.pl/finanse/handel/skutki-blokady-kanalu-sueskiego-przez-statek-ever-given-ktorych-towarow-moze/kd350mc>

⁷² Kulińska E.: Systemy informatyczne a rozwiązywanie problemów funkcjonalnych przedsiębiorstw transportowo-spedycyjnych, *Ekonomiczne problemy usług*, ISSN 1896-382X, Politechnika Opolska, nr 122, s. 309-318, 2016.

⁷³ Klóska R. [red.]: *Infrastruktura transportowa i cyfrowa, jako czynnik regionalnego i lokalnego rozwoju gospodarczego*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN 978-83-7972-412-3, Szczecin, 2020.

biznesowej jest czas, stąd redukcja jego ilości podczas wykonywania powtarzalnych czynności jest szczególnie istotna. W wyniku wspomagania informatycznego etapów przygotowania, realizacji i nadzoru prac wykonywanych w masowym transporcie morskim towarów oszczędności czasu mogą być szczególnie wysokie. Optymalne wykorzystanie czasu pracy wszystkich osób zaangażowanych w obsługę zleceń transportowych ma wymierną wartość w wypracowaniu zysku firmy. Oprogramowanie TMS, które koncentruje się na planowaniu oraz obsłudze fizycznego przepływu towarów w łańcuchu dostaw ma także szereg innych zastosowań. Poszczególne moduły rozbudowanych informatycznie aplikacji pozwalają tworzyć harmonogramy, planować trasy, zestawiać ładunki, generować dokumenty, realizować płatności i rozliczać koszty, analizować zlecenia, a także planować operacyjne i strategiczne działania firmy. Systemy klasy TMS umożliwiają obsługę wielu rodzajów transportu, co przy przesyłkach kontenerowych jest istotne, ponieważ obok przewozów morskich angażowany jest na etapie dowozu do portu i przewozu do nabywcy także transport kolejowy i drogowy. Nowoczesne systemy klasy TMS są obecnie platformami wymiany informacji dla wszystkich uczestników procesu transportowego^{74,75}.

Oprogramowanie TMS, jako usługa Saas (*ang. Software as a Service*), to nowoczesny model udostępniania firmom oprogramowania w chmurze. Operator informatyczny będący dostawcą chmury zarówno rozwija i utrzymuje aplikacje chmurowe, jak też zapewnia ich automatyczne aktualizacje. W takim przypadku udostępnia oprogramowanie swoim klientom za pośrednictwem Internetu na zasadzie „pay-as-you-go” („płatność zgodnie z rzeczywistym użyciem”), czyli w zależności od wykorzystania zasobów. Należy podkreślić, że dostawca chmury zarządza całym sprzętem, oprogramowaniem pośredniczącym, oprogramowaniem aplikacji i zabezpieczeniami w zakresie ochrony danych. Oprogramowanie udzielane klientom w formule SaaS pozwala na istotne obniżenie kosztów oraz na szybszy i łatwiejszy proces wdrażania i aktualizacji oprogramowania w stosunku do zakupu i użytkowania oprogramowania tradycyjnego^{76,77}.

Podmioty gospodarcze w przypadku podejmowania decyzji o zakupie systemu TMS powinny ocenić taką inwestycję wieloaspektowo. Podstawowe zagadnienie w ocenie, to kompleksowa analiza potrzeb i wymagań w obszarze planowania transportu. Wprowadzenie systemu TMS do procesu zarządzania firmą to nie tylko jego zakup, ale także wdrożenie. Wybór pomiędzy tradycyjną licencją lub usługą hostowaną powinien być dostosowany do indywidualnych potrzeb firmy. Ważnym zagadnieniem jest przygotowanie całego zespołu pracowników, którzy będą musieli korzystać z TMS w codziennej pracy. Pracownicy operacyjni, czyli spedytorzy, dyspozytorzy i specjaliści ds. rozliczania muszą umieć zdyskontować potencjalne atuty systemu, a zatem istotna jest jego funkcjonalność⁷⁸. Wiodące systemy do-

⁷⁴ <https://www.oracle.com/pl/scm/what-is-transportation-management-system/>

⁷⁵ Jacyna M., Pyza D., Jachimowski R.: Transport intermodalny. Projektowanie terminali przeladunkowych, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-19579-3, Warszawa, 2017.

⁷⁶ <https://www.oracle.com/pl/applications/what-is-saas/>

⁷⁷ Wojewódzka-Król K. red.: Innowacje w transporcie. Zrównoważony rozwój. Integracja gałęzi transportu. Sztuczna inteligencja, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-21503-3, Warszawa, 2021.

⁷⁸ <https://logistyczny.com/biblioteka/lancuch-dostaw/item/6287-nowoczesne-zarzadzanie-transportem>

stępne na rynku przy całej złożoności wewnętrznej sfery informatycznej oferują produkt łatwy, a często wręcz intuicyjny w obsłudze. Istotna jest także kwestia potencjalnych możliwości integracji TMS z innymi programami zewnętrznymi takimi, jak systemy telematyczne lub transportowe giełdy ładunków.

Koszt oprogramowania spedycyjnego może być bardzo różny w zależności od poziomu wsparcia informatycznego, które oferują poszczególne jego moduły. Koszt TMS zawiera się w szerokich ramach: od 35 USD za jednego użytkownika na miesiąc aż do 2000 USD za jednego użytkownika na miesiąc. Tego typu model cenowy oparty na subskrypcji jest obecnie powszechnie stosowany w przypadku rozwiązań internetowych, zapewniających dostępność do aplikacji w chmurze na przykład, jako usługa SaaS. Firma w kalkulacji kosztowej powinna uwzględnić poziom realnego zapotrzebowania na usługę: liczbę obsługiwanych przesyłek, liczbę użytkowników wymagających równoczesnego dostępu do aplikacji oraz zakres usług dodatkowych. Oprogramowanie instalowane lokalnie dla małych firm (brokerów frachtowych), to koszty rzędu od 4 000 USD do 11 000 USD wraz z wdrożeniem i szkoleniem pracowników. Natomiast aplikacja programu dla dużej międzynarodowej firmy z rozbudowaną ilością modułów użytkowych, to wydatek nawet 100 000 USD za pakiet⁷⁹.

Zarządzanie morskim transportem kontenerowym należy oceniać także w aspekcie ekologicznym. Każdego roku dziesiątki milionów kontenerów są transportowane przez oceany na stałych trasach pomiędzy portami Azji, Europy oraz Ameryki Północnej i Południowej. W wyniku globalizacji wielkość handlu morskiego osiągnęła w 2020 r. około 11 mld ton metrycznych. W aspekcie boomu gospodarczego gospodarek azjatyckich i rosnącego popytu na towary w UE i USA należy oczekiwać dalszego wzrostu poziomu takich przewozów. Pomimo że fracht morski jest jednym z najbardziej wydajnych środków transportu pod względem masy w odniesieniu do emisji dwutlenku węgla, to oczywiście nie jest neutralny dla otoczenia. Potężne statki napędzane silnikami wysokoprężnymi stanowią źródło zanieczyszczeń atmosfery. Eksploatacja floty powoduje zwiększoną produkcję gazów cieplarnianych, a w tym dwutlenku węgla oraz dwutlenku siarki. Przemysł żegludowy wytwarza aż 11% całkowitej emisji CO₂ powstającej w związku z realizacją usług transportowych na świecie. Z uwagi na parametry techniczne użytkowanych jednostek największy udział mają w tej emisji trzy klasy statków: masowce, tankowce i kontenerowce. Należy podkreślić dążenia armatorów do poprawy wydajności energetycznej nowych statków transportowych oraz trwały trend redukcji poziomu zanieczyszczeń, a w tym szczególnie dwutlenku węgla. Problemem jest natomiast dalszy bardzo intensywny rozwój poziomu transportu morskiego towarów oraz równie wysokie zapotrzebowanie na potężne statki wycieczkowe, które wielkością są porównywalne z największymi statkami transportowymi^{80,81}.

⁷⁹ <https://softwareconnect.com/freight-forwarding/>

⁸⁰ <https://www.statista.com/statistics/253988/estimated-containerized-cargo-flows-on-major-container-trade-routes/>

⁸¹ Januła E., Kwiatkiewicz P., Laskowski M.: *Nowoczesna spedycja*, Seria: Logistyka, Wyd. As Pik, ISBN 978-83-66800-13-7, Warszawa, 2021.

Bibliografia

- Christowa Cz. (red.): Analiza najlepszych praktyk w zakresie zarządzania w portach morskich Unii Europejskiej, Wyd. Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, ISBN 978-83-89901-50-7, Szczecin, 2010.
- Cieśla M., Hat-Garnarcz G., Opasiak T., Nowakowski P.: Logistyka w łańcuchach dostaw. Wybrane zagadnienia, Wyd. Politechniki Śląskiej, ISBN 978-83-7880-422-2, Gliwice, 2017.
- Długołęcka K., Simiński P.: Spedytor jako istotne ogniwo w łańcuchu dostaw, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Seria: Administracja i Zarządzanie, nr 105, s. 37-47, 2015.
- Duraj N., Sadowski A., Misztal A., Comperek M., Kowalska M.: Bezpieczeństwo ekonomiczno-finance przedsiębiorstw sektora TSL, Wybrane problemy, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, ISBN 978-83-8142-972-6, Łódź, 2020.
- Ficoń K.: Logistyka morska. Statki, porty, spedycja, Wyd. BEL Studio Sp. z o.o., ISBN 978-83-61208-76-1, Warszawa, 2010.
- Grzelakowski A., Niedzielski P., Pluciński M. (red.): Europa bałtycka - przeszłość, terażniejszość, nowe wyzwania XXV Sejmik Morski, Zeszyty Naukowe nr 589 Seria: Ekonomiczne Problemy Usług nr 49, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISSN 1640-6818, Szczecin, 2010.
- Jacyna M., Pyza D., Jachimowski R.: Transport intermodalny. Projektowanie terminali przeładunkowych, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-19579-3, Warszawa, 2017.
- Januła E., Kwiatkiewicz P., Laskowski M.: Nowoczesna spedycja, Seria: Logistyka, Wyd. As Pik, ISBN 978-83-66800-13-7, Warszawa, 2021.
- Juściński S.: Wykorzystanie systemów nawigacji satelitarnej w transporcie drogowym, [w:] Dzieniszewski G., Kuboń M., (red.): Aktualne Problemy Transportu, ISBN 978-83-60184-97-4, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 63-76, 2017.
- Juściński S.: Analiza rynku nowoczesnych powierzchni magazynowych w centrach logistycznych, [w:] Dzieniszewski G., Kuboń M., (red.): Logistyka dla regionu, ISBN 978-83-64377-27-3, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 123-141, 2018.
- Karbownik L.: Metody oceny zagrożenia finansowego przedsiębiorstw sektora TSL w Polsce, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, ISBN 978-83-8088-588-2, Łódź, 2016.
- Klóska R. (red.): Infrastruktura transportowa i cyfrowa jako czynnik regionalnego i lokalnego rozwoju gospodarczego, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN 978-83-7972-412-3, Szczecin, 2020.
- Kordel Z., Kuriata A.: Logistyka i transport w ujęciu systemowym, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-138-8, Warszawa, 2018.
- Kotowska I.: Przeobrażenia w funkcjonowaniu żeglugi kontenerowej w obliczu spowolnienia gospodarczego, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 382, s. 205-220, 2015.
- Kotowska I., Mańkowska M., Pluciński M.: Planowanie rozwoju portów morskich. Aspekty teoretyczne i praktyczne, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN 978-83-7972-235-8, Szczecin, 2019.
- Kotowska I., Mańkowska M., Pluciński M.: Morsko-ładowe łańcuchy transportowe, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-8085-195-5, Warszawa, 2016.
- Kulińska E.: Systemy informatyczne a rozwiązywanie problemów funkcjonalnych przedsiębiorstw transportowo-spedycyjnych, Ekonomiczne problemy usług, ISSN 1896-382X, Politechnika Opolska, nr 122, s. 309-318, 2016
- Kuriata A., Kordel Z.: Logistyka i transport. Teoria oraz praktyczne zastosowania, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-286-6, Warszawa, 2019.
- Marciniak-Neider D., Neider J. (red.): Podręcznik spedytora: Transport, Spedycja, Logistyka, Polska Izba Spedycji i Logistyki, Tom 1 i 2, ISBN 978-83-924234-3-0, Gdynia, 2011.

- Pluciński M.: Polskie porty morskie w zmieniającym się otoczeniu zewnętrznym, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-7556-577-5, Warszawa, 2013.
- Rydzkowski W. (red.): Współczesna polityka transportowa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA, ISBN 978-83-208-2282-3, Warszawa, 2017.
- Wasielewska-Marszałkowska I.: Spedycja współczesnych łańcuchów dostaw, Wyd. CeDeWu, ISBN 978-83-7556-678-9, Warszawa, 2014.
- Wierzejski T., Kędzior-Laskowska M.: Transport i spedycja, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ISBN 978-83-63041-74-8, Olsztyn, 2014.
- Wojewódzka-Król K. (red.): Innowacje w transporcie. Zrównoważony rozwój. Integracja gałęzi transportu, Sztuczna inteligencja, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-21503-3, Warszawa, 2021.
- Wrzos A.: Analiza obsługi transportu kontenerowego w aspekcie spedycji międzynarodowej, Praca inżynierska, maszynopis, 2020.
- Załoga E. (red.): Transport intermodalny w Polsce, Uwarunkowania i perspektywy rozwoju, Zeszyty Naukowe nr 778 Problemy Transportu i Logistyki nr 22, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN ISSN 1640-6818, Szczecin, 2013.
- <http://adecon.pl/2018/07/09/depot-kontenerowy-rola-w-miedzynarodowym-transportie-intermodalnym/>
- <http://bizneslogistyka.pl/rodzaje-kontenerowcow/>
- <http://swiat-kontenerow.pl/>
- <http://swiat-kontenerow.pl/budowa-kontenerow/oznakowanie-kontenerow-morskich/>
- <http://swiat-kontenerow.pl/ciekawostki/kontenerowiec-ever-given-zablokowal-ruch-na-kanale-sueskim/>
- http://www.euro-shipping.com.pl/?page_id=863
- <https://bbats.pl/poradnik-specjalistyczny/transport-morski-z-chin-poradnik/>
- <https://bbats.pl/transport-morski/dct-gdansk/>
- <https://bbats.pl/transport-morski/kontenery-morskie/>
- <https://businessinsider.com.pl/finanse/handel/skutki-blokady-kanalu-sueskiego-przez-statek-ever-given-ktorych-towarow-moze/kd350mc>
- <https://drobnica-morska.pl/transport-morski-jaki-wybrac-fcl-czy-lcl/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Bureau_International_des_Containers
- https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_6346
- https://en.wikipedia.org/wiki/Transportation_management_system
- <https://gielda-transportu.pl/transport/przewoz-kontenerow-morskich-organizacja-dostaw/>
- <https://istegy.net/software/freight-forwarding-management-system/>
- <https://logistyczny.com/biblioteka/lancuch-dostaw/item/6287-nowoczesne-zarzadzanie-transportem>
- https://pl.wikipedia.org/wiki/Ever_Given
- [https://pl.wikipedia.org/wiki/Kontener_\(transport\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Kontener_(transport))
- <https://softwareconnect.com/freight-forwarding/>
- <https://softwareconnect.com/freight-forwarding/gofreight/>
- <https://sotipm.pl/system-tms/>
- <https://stats.unctad.org/handbook/MaritimeTransport/WorldSeaborneTrade.html>
- <https://www.gofreight.co/basic-features#oceanimport>
- <https://www.gofreight.co/whyus>
- <https://www.gospodarkamorska.pl/porty-logistyka-ocean-alliance-goruje-nad-pozostalymi-sojuszami-18928>
- <https://www.iala-aism.org/technical/positioning-navigation-and-timing/>
- <https://www.iso.org/committee/51156.html>
- <https://www.iso.org/standard/20453.html>
- <https://www.linbis.com/>
- <https://www.linbis.com/ocean-shipments/>
- <https://www.oracle.com/pl/applications/what-is-saas/>

<https://www.oracle.com/pl/scm/what-is-transportation-management-system/>
<https://www.portalmorski.pl/zegluga/39034-vistula-maersk-pierwszy-z-nowej-generacji-baltyckich-feederow>
<https://www.portalmorski.pl/zegluga/44846-wielkie-kontenerowce-na-trasie-miedzy-azja-i-europa-okrazaja-afryke-omijajac-kanal-suezki>
<https://www.seaoo.com/blog/konosament-czesc-2-mbl-vs-hbl/>
<https://www.statista.com/statistics/1096976/revenue-of-shanghai-international-port/>
<https://www.statista.com/statistics/1097059/global-shipping-containers-market-size/>
<https://www.statista.com/statistics/1250636/global-container-freight-index/>
<https://www.statista.com/statistics/253988/estimated-containerized-cargo-flows-on-major-container-trade-routes/>
<https://www.statista.com/statistics/263965/revenue-of-ap-moeller-maersk-a-s/>
<https://www.statista.com/statistics/264171/turnover-volume-of-the-largest-container-ports-worldwide/>
<https://www.statista.com/statistics/267603/capacity-of-container-ships-in-the-global-seaborne-trade/>
<https://www.statista.com/topics/1367/container-shipping/#dossierKeyfigures>
<https://www.statista.com/topics/1728/ocean-shipping/#dossierKeyfigures>
<https://www.worldshipping.org/top-50-ports>

*Adres do korespondencji: e-mail: slawomir.juscinski@up.lublin.pl
ORCID: Sławomir Juściński 0000-0002-2692-9083*

PLATFORMY INTERNETOWE, JAKO SYSTEM WSPOMAGANIA INFORMATYCZNEGO W BRANŻY TRANSPORT-SPEDYCJA-LOGISTYKA

Sławomir Juściński¹

¹ Zakład Logistyki i Zarządzania Przedsiębiorstwem, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wstęp

Rynek usług transportowych na obszarze Unii Europejskiej, analogicznie do przewozów w skali globalnej, od początku XXI wieku podlegał dynamicznemu rozwojowi. Obsługa coraz większych strumieni dostaw surowców, materiałów i produktów gotowych wymagała nieustannego rozwoju i unowocześniania środków transportu oraz inwestycji w rozbudowę istniejącej infrastruktury w poszczególnych rodzajach usług przewozowych^{1,2,3,4}.

Pandemia COVID-19 spowodowała poważne problemy w branży transport-spedycja-logistyka, a dotknęły one praktycznie każdego z trzech składowych obszarów tej działalności rynkowej⁵. W obliczu obostrzeń sanitarnych radykalnej zmianie musiały ulec sposoby zarządzania działalnością firm i organizacją obsługi rynku w aspekcie zleceń transportowych. Firmy spedycyjne były zmuszone do poszukiwania rozwiązań przy istotnych dysproporcjach podaży i popytu oraz przy wydłużonych przedziałach czasowych, obejmujących realizację kolejnych etapów obsługi zadań rynkowych. Systemy logistyczne stanęły przed wyzwaniem utrzymania ciągłości dostaw zarówno dla odbiorców przemysłowych, jak również w zakresie obsługi dystrybucji na rynku sprzedaży detalicznej. Wspólnym mianownikiem tych problemów był dynamiczny wzrost poziomu kosztów w zakresie prowadzonej działalności rynko-

¹ Załoga E., Liberacki B. (red.): *Innowacje w transporcie. Korzyści dla użytkownika*, Zeszyty Naukowe nr 603 Ekonomiczne Problemy Usług nr 59, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISSN 1640-6818, Szczecin, 2010.

² Załoga E. (red.): *Europejska przestrzeń transportu. Wyzwania*, Zeszyty Naukowe nr 741, Problemy Transportu i Logistyki nr 18, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISSN 1640-6818, Szczecin, 2012.

³ Neider J.: *Transport międzynarodowy*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2012.

⁴ Rucińska Danuta (red.): *Rynek usług transportowych w Polsce*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA, ISBN 978-83-208-2201-4, Warszawa, 2015.

⁵ Duraj N., Sadowski A., Misztal A., Comporek M., Kowalska M.: *Bezpieczeństwo ekonomiczno-finansowe przedsiębiorstw sektora TSL*, Wybrane problemy, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, ISBN 978-83-8142-972-6, Łódź, 2020.

wej. Należy podkreślić, że równoległe do bieżących działań poszczególne firmy przyspieszyły pod wpływem pandemii realizowane od lat procesy tworzenia nowej jakości w obsłudze zleceń transportowych poprzez rozbudowę infrastruktury i systemów obsługi informatycznej rynku. Kolejne etapy wyznaczały specjalistyczne programy komputerowe wdrażane przez firmy, upowszechnienie systemów nawigacji satelitarnej, rozbudowa systemów telematycznych oraz połączenie tych rozwiązań w ramach platform internetowych^{6,7,8}.

Rodzaje działań informatycznych wspierających rozwój transportu

Obsługa przewozu ładunków we wszystkich rodzajach usług transportowych w naturalny sposób korzysta ze wsparcia firm spedycyjnych^{9,10,11}. Spedycja realizowana zarówno na terenie dużych przedsiębiorstw, jako integralna część ich pionów logistycznych, jak też będąca ogólnodostępnym obszarem usług rynkowych, związana jest z przetwarzaniem dużych pakietów informacji. Nowoczesne technologie informacyjne i informatyczne stanowią kluczowy czynnik, odpowiadający za sprawny i efektywny przepływ strumieni danych w łańcuchach logistycznych.

Na kolejnych etapach firmy spedycyjne obsługujące transport samochodowy, który wykonuje dominującą część pracy przewozowej w ramach europejskiego systemu logistycznego, realizują szereg czynności, dla których kluczowym czynnikiem jest pozyskanie, przetworzenie, wykorzystanie oraz następnie przekazanie pakietów informacji^{12,13}. Dla tych wszystkich działań istotne jest szybkie i efektywne opracowywanie pakietów danych (liczbowych, adresowych, finansowych, podatkowych itp.). Stąd naturalnym kierunkiem zmian w branży było tworzenie baz danych w wersji cyfrowej, które pozwalały wykorzystać wsparcie programów komputerowych.

Bazy danych, jako źródło z którego pozyskiwane są informacje oraz miejsce w którym gromadzone są kolejne ich pakiety, stanowią punkt odniesienia dla prac podczas:

- przyjmowanie do realizacji zleceń przewozowych,

⁶ Wojewódzka-Król K., Rolbieckir.: Infrastruktura transportu . Europa, Polska – teoria i praktyka, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-19690-5, Warszawa, 2018.

⁷ Kordel Z., Kuriata A.: Logistyka i transport w ujęciu systemowym, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-138-8, Warszawa, 2018.

⁸ Hajdul M., Stajniak M., Foltyński M., Koliński A., Andrzejczyk P.: Organizacja i monitorowanie procesów transportowych, Zarządzanie środkami technicznymi podczas realizacji procesów transportowych, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN 978-83-63186-01-2, Poznań, 2015.

⁹ Wierzejki T., Kędzior-Laskowska M.: Transport i spedycja, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ISBN 978-83-63041-74-8, Olsztyn, 2014.

¹⁰ Wasielewska-Marszałkowska I.: Spedycja współczesnych łańcuchów dostaw, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-7556-678-9, Warszawa, 2014.

¹¹ Marciniak-Neider D., Neider J. (red.): Podręcznik spedytora: Transport, Spedycja, Logistyka, Polska Izba Spedycji i Logistyki, Tom 1 i 2, ISBN 978-83-924234-3-0, Gdynia, 2011.

¹² Długołęcka K., Simiński P.: Spedytor jako istotne ogniwo w łańcuchu dostaw, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Seria Administracja i Zarządzanie, nr 105, s. 37-47, 2015.

¹³ Węgrowski K., Rokicki T.: Organizacja procesu spedycji samochodów, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Ekonomia i Organizacja Logistyki, vol.2 (3), s. 93-102, 2017.

- doradztwa w zakresie konfiguracji usługi transportowej,
- wyboru rodzaju przewozu i środka transportu,
- konfiguracji umowy opisującej usługę,
- sporządzania dokumentów księgowych, celnych i skarbowych;
- sporządzania umów w zakresie ubezpieczeń,
- tworzenia procedur i instrukcji przewozowych,
- tworzenia dokumentacji opisującej pakowanie, załadunek, przewóz i rozładunek towarów;
- sporządzenie dokumentów zdawczo-odbiorczych.

Działania obejmujące modernizację infrastruktury transportowej dotyczą szlaków: drogowych, kolejowych, lotniczych, morskich oraz rzecznych, które są najważniejszymi połączeniami z punktu widzenia rozwoju Unii Europejskiej. Prace realizowane były na poziomie krajowym oraz w ramach projektów unijnych, z których kluczowym jest program długofalowej budowy sieci *Trans-European Transport Networks (TEN-T)*, czyli Transeuropejskiej Sieci Transportowej. Korytarze transportowe sieci bazowej *TEN-T* zatwierdzone przez Komisję Europejską, obejmują na przykład dla transportu drogowego dziewięć wydzielonych strukturalnie szlaków. Celem, jaki przyjęto dla tych długofalowych prac, jest zapewnienie spójności terytorialnej wszystkich państw wchodzących w skład UE poprzez usprawnienie obsługi logistycznej i transportowej towarów. Należy podkreślić, że sieć *TEN-T*, to zgodnie z planami multimodalna sieć o jednorodnych i wysokich parametrach eksploatacyjnych oraz informatycznym wsparciu w zakresie monitoringu strumieni pojazdów i elektronicznych systemach poboru opłat w ramach całej UE^{14,15,16}.

Transformacja w obszarze zarządzania procesem realizacji zleceń transportowych w poszczególnych podmiotach gospodarczych oraz na wolnym rynku od lat prowadzona jest dzięki szerokiemu wykorzystaniu różnego rodzaju narzędzi logistycznych i informatycznych¹⁷. Efektywność kosztowa i niezawodność czasowa zarządzania flotą pojazdów uzależniona jest od szybkiego przetwarzania i przesyłania informacji, stąd powszechne wdrażanie nowoczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych (*ICT – Information and Communication Technologies*) w poszczególnych przedsiębiorstwach transportowych¹⁸.

¹⁴ Regulation (EU) No 1315/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network and repealing Decision No 661/2010/EU Text with EEA relevance, OJ L 348, 20.12.2013, p. 1–128.

¹⁵ Juściński S.: Analiza rynku nowoczesnych powierzchni magazynowych w centrach logistycznych, [w:] Dzieniszewski G., Kuboń M. (red.): *Logistyka dla regionu*, ISBN 78-83-64377-27-3, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 123-141, 2018.

¹⁶ Fajczak-Kowalska A., Krenski C.: Infrastruktura liniowa dróg krajowych i autostrad w Polsce, jej stan, wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego i transport samochodowy, *Logistyka*, nr 4, s. 265-271, 2014.

¹⁷ Sosnowski J., Nowakowski Ł.: *Innowacje kreujące nowe wartości w transporcie samochodowym*, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, ISBN 978-83-8142-881-1, Łódź, 2020.

¹⁸ Sałetr., Grondys K.: *Uwarunkowania nowoczesnych technologii ICT wspierających działalność przewozową w transporcie drogowym, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, r. 18, nr 12, s. 1592-1596, CD, 2017.

Obsługa spedycyjna transportu drogowego towarów, który jest dominujący ilościowo zarówno w Polsce, jak i na terenie Unii Europejskiej w szerokim zakresie wykorzystuje systemy nawigacji satelitarnej. NAVSTAR GPS (z ang. *NAVigation Satellite with Time And Ranging Global Positioning System*) jest najpowszechniej użytkowanym systemem nawigacji satelitarnej. Administratorem i właścicielem systemu NAVSTAR GPS jest rząd Stanów Zjednoczonych¹⁹. Konkurencyjne systemy nawigacji satelitarnej, to GLONASS (z ros. *GLOBalnaja NAWigacyjonaja Sputnikowaja Sistiema*) zarządzany przez Rosyjską Agencję Lotniczą i Kosmiczną oraz GALILEO, czyli Europejski System Nawigacji Satelitarnej, będący projektem całkowicie cywilnym.

System GALILEO składający się z 24 satelitów operacyjnych będzie rozbudowany o kolejne 12, które zostaną uruchomione do końca 2021r. Kluczowe znaczenie systemu dla obsługi transportu na terenie UE spowodowało, że ma on zatwierdzony długofalowy program rozwoju. Z uwagi na fakt, że obecne satelity należą do pierwszej generacji, Komisja Europejska w styczniu 2021r. rozstrzygnęła przetarg na budowę aparatów drugiej generacji. Koszt budowy 12 aparatów nawigacyjnych klasy G2, to blisko 1,5 mld EUR, a harmonogram projektu przewiduje, że pierwsze satelity będą gotowe do 2024r.

Będą one posiadały m.in.²⁰:

- nowy typ napędu,
- cyfrowo konfigurowane anteny,
- najnowszą generację zegarów atomowych,
- możliwość nawiązywania łączności z pozostałymi satelitami systemu.

Systemy tego typu dzięki nowoczesnym modułom informatycznym powszechnie stosowane są w transporcie drogowym do²¹:

- nawigacji pojazdów i ładunków,
- lokalizacji pojazdów w czasie rzeczywistym,
- zarządzania flotą pojazdów w firmach transportowych.

Telematyka, która łączy technologie telekomunikacyjne, informatyczne oraz moduły automatycznego sterowania od początku XXI wieku podlega dynamicznemu rozwojowi dzięki coraz wyższym parametrom użytkowym m.in. sieci Internet i telefonii komórkowej^{22,23}. Telematyka jest narzędziem pozwalającym sprawnie zarządzać transportem w zakresie planowania przewozów, użytkowania taboru i nadzoru nad efektywnością finansową floty. Dzięki takiemu zakresowi prac następuje stopniowa optymalizacja strumieni przepływu pojazdów

¹⁹ Januszewski, J.: Nawigacyjny system satelitarny GPS dzisiaj i w przeszłości, Gdynia, Akademia Morska w Gdyni, 2010.

²⁰ <https://geoforum.pl/news/30322/ue-zamawia-satelity-galileo-nowej-generacji>

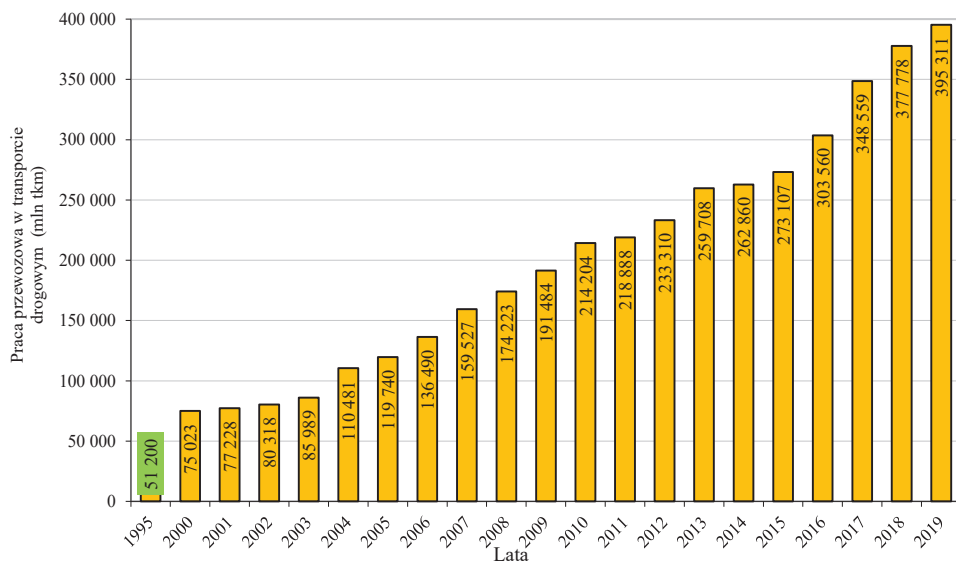
²¹ Juściński S.: Wykorzystanie systemów nawigacji satelitarnej w transporcie drogowym, [w:] *Dziesięć lat w transporcie*, Dzieniszewski G., Kuboń M. (red.): Aktualne Problemy Transportu, ISBN 978-83-60184-97-4, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 63-76, 2017.

²² Juściński, S.: Analiza systemów kompleksowego zarządzania logistycznego flotą pojazdów, [w:] *Dziesięć lat w transporcie*, Dzieniszewski G., Kuboń M. (red.): Logistyka dziś i jutro, Mechatronika i Telematyka w Logistyce, ISBN 978-83-64377-440, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 81-97, 2019.

²³ Wojewódzka-Król K. (red.): Innowacje w transporcie. Zrównoważony rozwój. Integracja gałęzi transportu. Sztuczna inteligencja. Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-21503-3, Warszawa, 2021.

na głównych korytarzach transportowych, zwiększenie bezpieczeństwa i efektywności transportu oraz redukcja negatywnego wpływu przewozów na środowisko naturalne^{24,25,26}.

Wpływ rozwoju rynku transportowego w aspekcie akcesji Polski do Unii Europejskiej oraz innowacyjnych programów i systemów informatycznych wspierających podmioty gospodarcze, ilustruje wzrost pracy przewozowej wykonanej przez przedsiębiorstwa transportowe w Polsce (rys. 1).



Rys. 1. Praca przewozowa w transporcie drogowym wykonana przez polskie firmy transportowe w latach 1995-2019

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego

Porównanie poziomu pracy przewozowej w transporcie drogowym, którą wykonały firmy na początku XXI wieku z wynikami działalności w 2019r. upoważnia do stwierdzenia, że nastąpił wzrost o 527%. Istotna jest nie tylko skala wzrostu, wynikająca z dynamicznego rozwoju polskich przedsiębiorstw transportowych, które zajęły na rynku UE pozycję w ścisłej czołówce, ale również fakt, że w kolejnych latach odnotowywano trwałą tendencję

²⁴ Juściński, S.: Analiza systemów telematycznych stosowanych w logistyce magazynowej i dystrybucyjnej, [w:] Dzieniszewski G., Kuboń M. (red.): Logistyka dziś i jutro, Mechatronika i Telematyka w Logistyce, ISBN 978-83-64377-440, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 99-114, 2019.

²⁵ Banach M.: Od inteligentnego transportu do inteligentnych miast, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-20102-9, Warszawa, 2018.

²⁶ Klóskar. (red.): Infrastruktura transportowa i cyfrowa jako czynnik regionalnego i lokalnego rozwoju gospodarczego, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN 978-83-7972-412-3, Szczecin, 2020.

w zakresie rozwoju skali świadczonych usług^{27,28,29,30}. Na początkowym etapie aplikacji rynkowej, ale z powszechnie uznawanym potencjałem zapewniającym dynamiczny rozwój na przestrzeni najbliższych lat na rynku UE, są systemy transportowe wykorzystujące alternatywne źródła zasilania oraz pojazdy autonomiczne i autonomiczne systemy transportowe³¹.

Rozwój platform internetowych

Dynamiczny rozwój technologii w branży IT, zarówno w zakresie sprzętu komputerowego (*ang. hardware*), jak i oprogramowania (*ang. software*), generował szerokie możliwości dla implementacji specjalistycznych systemów informatycznych, których generalnym celem było wsparcie procesu zarządzania, a tym samym podwyższenie poziomu efektywności finansowej podmiotów gospodarczych, zarówno produkcyjnych, jak i transportowych. Nowoczesne systemy informatyczne wspierają procesy przepływu informacji, obniżają poziom błędów oraz skracają sumaryczny czas wykonywania operacji. Powoduje to redukcję obciążeń pracowników w zakresie powtarzalnych czynności biurowych i tym samym gwarantuje uzyskanie wysokiej jakości realizowanych przez nich zleceń na całej długości łańcucha logistycznego^{32,33}.

Osiągnięcia w branży IT stanowiły fundament, na którym własną historię rozwoju zapisywał przez kolejne dekady Internet, czyli globalny system połączeń między poszczególnymi komputerami³⁴. Należy podkreślić, że niezbędna była długa droga rozwoju w wielu obszarach, aby mogły powstać współczesne platformy internetowe do obsługi branży transport-spedycja-logistyka.

Początki rozwoju technologii pozwalającej na łączność i wymianę danych w skali globalnej sięgają końca lat 60. XX wieku i są związane z powstaniem sieci ARPANET (*ang. Advanced Research Projects Agency Network*). Ta pierwsza tak rozległa sieć oparta na rozproszonej architekturze i protokole TCP/IP (*ang. Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), uruchomiona 29.10.1969r. w Uniwersytecie Kalifornijskim w Los Angeles (UCLA), uznawana jest za protoplastę współczesnego Internetu. Sieć rozwijana była m.in.

²⁷ Rucińska Danuta red.: Rynek usług transportowych w Polsce, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA, ISBN 978-83-208-2201-4, Warszawa, 2015.

²⁸ Kordel Z. red.: Polski transport samochodowy ładunków, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-283-5, Warszawa, 2019.

²⁹ Łącka I., Suproń B.: Polski transport drogowy ładunków w Unii Europejskiej, Stan obecny i perspektywy, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-348-1, Warszawa, 2020.

³⁰ <https://www.obserwatorfinansowy.pl/bez-kategorii/rotator/polska-najwiekszym-przewoznikiem-w-transporcie-drogowym-ue/#fullimg0>

³¹ Choromański W., Grabarek I., Kozłowski M., Czerepicki A., Marczuk K.: Pojazdy autonomiczne i systemy transportu autonomicznego, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-21102-8, Warszawa, 2020.

³² Kulińska E.: Systemy informatyczne a rozwiązywanie problemów funkcjonalnych przedsiębiorstw transportowo-spedycyjnych, Ekonomiczne problemy usług, ISSN 1896-382X, Politechnika Opolska, Nr 122, str. 309-318, 2016.

³³ Karbownik L.: Metody oceny zagrożenia finansowego przedsiębiorstw sektora TSL w Polsce, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, ISBN 978-83-8088-588-2, Łódź, 2016.

³⁴ https://pl.wikipedia.org/wiki/Historia_Internetu

na potrzeby sił zbrojnych i instytucji naukowych w USA. W 1983r., gdy powstał drugi podstawowy filar globalnej sieci, czyli system DNS (ang. *Domain Name System*), stanowiący hierarchiczny rozproszony system nazw sieciowych, do powszechnego użycia wszedł również termin *Internet*. W 1989r., gdy porzucono projekt ARPANET, rozwój i upowszechnianie sieci Internet przejęły uniwersytety i organizacje naukowe³⁵.

Momentem przełomowym, który zdecydował o tym, że Internet przestał być systemem niszowym było opracowanie w 1990r. pierwszej aplikacji „*WorldWideWeb*”, czyli przeglądarki i edytora hipertekstu, a następnie uruchomienie internetowego systemu informacyjnego WWW w 1991r.³⁶ W początkowym okresie barierą w dla indywidualnych użytkowników i podmiotów gospodarczych były nie tylko koszty dostępu do sieci, ale przede wszystkim jej bardzo ograniczona sfera aplikacyjna. Rozbudowa serwisów internetowych (witryn internetowych, ang. *website*), czyli połączonych stron internetowych i szeregu dokumentów w celu zwiększenia ich sfery użytkowej, a następnie dodanie kolejnych funkcji m.in. logowania oraz możliwości dostosowania treści do indywidualnych potrzeb i upodobań, stworzyło szereg nowych możliwości dla użytkowników Internetu³⁷.

Historia rozwoju Internetu, jako środowiska wymiany informacji w Polsce, to niespełna trzy dekady. Praktyczny początek budowy sieci Internet i następnie dynamiczny wzrost ilości użytkowników, to dopiero druga połowa ostatniej dekady XX wieku i początek XXI wieku.

Chronologia początkowego rozwoju Internetu w Polsce obejmuje^{38,39}:

- uruchomienie pierwszego łącza analogowego dnia 26.09.1990r. o prędkości przesyłowej 9,6 kb/sek,
- przyznanie Instytutowi Fizyki Jądrowej w Krakowie dnia 19.11.1990r. pierwszego w kraju adresu IP (192.86.14.0) przez Ministerstwo Obrony USA,
- przesłanie 20.11.1990r. z Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych (CERN) pierwszego e-maila do Polski, który odebrano w Instytucie Fizyki Jądrowej w Krakowie;
- pierwsze komputery, które uzyskały dostęp do globalnej sieci Internetu w 1991r. były użytkowane na Uniwersytecie Warszawskim, Instytucie Fizyki Jądrowej w Krakowie i Obserwatorium Astronomicznym w Toruniu;
- w 1992r., przedsiębiorstwo teleinformatyczne ATM S.A., jako pierwsza polska firma uzyskała dostęp do Internetu;
- w 1994r. w sieci umieszczono stronę internetową polskiego rządu,
- w 1995r. rozpoczął działalność pierwszy krajowy portal internetowy, czyli Wirtualna Polska;
- w kwietniu 1996r. Telekomunikacja Polska uruchomiła anonimowy dostęp do Internetu z wykorzystaniem modemów,
- w grudniu 1996r. Polbox Sp. z o.o. uruchomił pierwszy krajowy serwer darmowych kont poczty elektronicznej,

³⁵ <https://pl.wikipedia.org/wiki/ARPANET>

³⁶ https://pl.wikipedia.org/wiki/World_Wide_Web

³⁷ https://pl.wikipedia.org/wiki/Serwis_internetowy

³⁸ https://pl.wikipedia.org/wiki/Internet_w_Polsce

³⁹ <https://pl.wikipedia.org/wiki/Polbox>

- w lutym 1997r. Polbox Sp. z o.o. udostępnił darmowe konta WWW w domenie free.polbox.pl.

Kolejnym etapem rozwoju Internetu w aspekcie gospodarczym była budowa jednolitego rynku cyfrowego. Unia Europejska uznała, że tego typu działania są niezbędne dla utrzymania w przyszłości jej silnej pozycji gospodarczej i zapewnienia wysokiego standardu życia obywateli. Stąd w 2015r. zostało przedstawione sformułowanie „platformy internetowe” w Komunikacie Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów w dokumencie: Strategia jednolitego rynku cyfrowego dla Europy (Bruksela, dnia 6.5.2015, COM(2015) 192 final)⁴⁰. Kluczowym dla dalszego dynamicznego rozwoju usług elektronicznych było dokładne zdefiniowanie sprawiedliwych relacji i powinności prawnych pomiędzy wszystkimi uczestnikami zarówno indywidualnymi, jak instytucjonalnymi powszechnego rynku cyfrowego^{41,42}.

Giełdy transportowe na platformach internetowych

Giełdy, czyli organizowane w ustalonym miejscu i czasie spotkania handlowe, mają historię sięgającą średniowiecza. Na giełdzie następowało zawarcie transakcji kupna-sprzedaży towarów w uzgodnionych przez oferentów i nabywców cenach. Słowo giełda wywodzi się od niemieckiego „*Die Gildie*”, które oznaczało gildię, czyli stowarzyszenie kupców. Do XVIII wieku giełdy w Holandii, Belgii i Anglii były miejscem wymiany dóbr i wzajemnych zobowiązań biznesowych pomiędzy kupcami⁴³. Kolejnym etapem było powstanie w XIX wieku giełd finansowych. Największa obecnie giełda papierów wartościowych na świecie New York Stock Exchange (NYSE), czyli Nowojorska Giełda Papierów Wartościowych, została założona w 1817r. jako New York Stock & Exchange Board^{44,45}.

W XX wieku oprócz giełd finansowych dynamicznie rozwijane były giełdy towarów i giełdy usług. Powstanie wolnego rynku, jako modelu funkcjonowania gospodarki, determinowało rozwój systemów logistycznych i poszukiwanie metod sprawnej realizacji dostaw surowców, materiałów i produktów. Stąd naturalnym etapem rozwoju było powstanie specjalistycznych giełd transportowych, czyli wirtualnych platform wymiany informacji pomiędzy:

- firmami transportowymi,
- firmami spedycyjnymi,
- podmiotami gospodarczymi, które w ramach prowadzonej działalności generują potrzebę korzystania z usług przewozowych.

⁴⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52015DC0192&from=PL>

⁴¹ Gołaczyński J., (red.), Kowalik-Bańczyk K., Majchrowska A., Świerczyński M.: Ustawa o świadczeniu usług drogą elektroniczną, Komentarz, Warszawa, 2009.

⁴² Wyrwińska K., Wyrwiński M.: Platformy internetowe, jako narzędzia ekonomii współdzielenia, Transformacje Prawa Prywatnego, ISSN 1641–1609, nr 2, s. 91-112, 2018.

⁴³ <https://pl.wikipedia.org/wiki/Giełda>

⁴⁴ <https://www.edufinanse.pl/moje-finance/news-gielda-czyli-historia-dluzsza-niz-myslisz,nId,2313793>.

⁴⁵ https://pl.wikipedia.org/wiki/New_York_Stock_Exchange

Głównym zadaniem giełdy transportowej była możliwość wymiany informacji w czasie rzeczywistym, a tym samym sprawne i efektywne zawierania umów. Zawsze priorytetem na rynku przewozu towarów było poszukiwanie takich metod i technologii, które ułatwiały proces komunikacji pomiędzy wszystkimi uczestnikami podczas realizacji zleceń.

Giełda transportowa pełniła rolę platformy ogłoszeniowej, na której istniała możliwość na bieżąco⁴⁶:

- zamieszczania i/lub wyszukiwania szeregu informacji o potencjalnych ładunkach wymagających usługi przemieszczania (rodzaj, ilość, masa, punkt nadania, punkt odbioru);
- zamieszczania i/lub wyszukiwania szeregu informacji o dostępnych środkach transportu w poszczególnych firmach, za pomocą których mogła być wykonana określona praca przewozowa (wolna przestrzeń transportowa, dopuszczalny ciężar ładunku, dostępność czasowa, bieżąca lokalizacja pojazdu).

Początek funkcjonowania nowoczesnych giełd transportowych to połowa lat 80. XX wieku. Pierwszą na świecie elektroniczną giełdą transportową była giełda Teleroute. Została ona zarejestrowana w 1985r., jako giełda ładunków i wolnych mocy przewozowych z siedzibą w Brukseli (Belgia), a rozwinęła działalność na terenie Francji dzięki wykorzystaniu systemu Minitel⁴⁷. Należy podkreślić, że rozwiązanie to oferowało większe możliwości komunikacyjne niż użytkowane wówczas telefony stacjonarne i fakсы, a jednocześnie wyprzedziło o dekadę upowszechnienie na rynku sieci Internet wśród podmiotów gospodarczych.

Minitel uruchomiony, jako lokalna i pilotażowa usługa w 1978r., został wprowadzony do powszechnego użytku we Francji w 1982r. przez France Télécom SA oraz La Poste. Będąc systemem wideo-tekstowym działał w trybie online i był dostępny za pośrednictwem linii telefonicznych. Głównym celem wdrożenia systemu Minitel było umożliwienie abonentom na terenie Francji dostępu do elektronicznej książki telefonicznej⁴⁸.

Kolejne funkcje systemu, to⁴⁹:

- wyszukiwanie informacji (reklama i sprzedaż wysyłkowa),
- przeglądanie elektronicznych wydań gazet,
- rezerwacja biletów kolejowych,
- zdalny dostęp do rachunków w największych bankach francuskich (początek bankowości elektronicznej).

Na tej bazie powstała elektroniczna tablica ogłoszeń, z której korzystali uczestnicy giełdy Teleroute. Do użytkowania systemu niezbędny był specjalny terminal, czyli klawiatura połączona z monitorem i modemem. Na runku francuskim terminale takie były dystrybuowane bezpłatnie przez France Télécom SA, natomiast korzystanie z nich wymagało uiszczenia stosownej opłaty. Kolejnym etapem było opracowanie komputera zgodnego z systemem Minitel, czyli modelu firmy Thomson (TO7) wyposażonego w 8-bitowy mikroprocesor firmy

⁴⁶ Paszkiewicz B.: Systemy giełdowe w logistyce - materiały szkoleniowe 2019 [<http://projekt-zpu.sggw.pl/wp-content/uploads/2019/01/Systemy-gieldowe-w-logistyce.pdf>](dostęp: 21.10.20121r.)

⁴⁷ <https://en.wikipedia.org/wiki/Teleroute>

⁴⁸ <https://gadzetomania.pl/3916,minitel-francuski-pomysl-na-internet-bez-internetu>

⁴⁹ <https://pl.wikipedia.org/wiki/Minitel>

Motorola^{50,51}. Minitel był w Europie najlepszą i konkurencyjną cenowo usługą sieciową, jaka funkcjonowała na rynku przed rozbudową Internetu. W połowie lat 90. XX wieku z Minitela korzystało około 10 000 firm, a użytkownicy 9 mln terminali mieli do dyspozycji 26 000 serwisów. Słabą stroną systemu były ograniczenia techniczne, czyli przede wszystkim brak graficznego interfejsu oraz niewielka prędkość transmisji informacji, a także ograniczony zasięg (terytorium Francji). Pomimo, że we Francji było użytkowanych jeszcze 810 000 terminali system zamknięto 30.06.2012r.⁵²

Gięta Teleroute ewoluowała przez dekady, jako ważny gracz biznesowy na rynku transportowym w Europie, korzystając z możliwości technicznych, informatycznych, prawnych i gospodarczych.

Na kolejnych etapach dla giełdy Teleroute oznaczało to⁵³:

- w 1996r. będąc spółką zależną The Lamy Group LTD została przejęta przez Wolters Kluwer NV, holenderską firmą świadczącą usługi informacyjne w 150 krajach na świecie;
- w 1997r. umożliwiła grupie pierwszych 100 firm dostęp do giełdy za pomocą sieci Internet przy wykorzystaniu udostępnionych modemów o prędkości transmisji danych równej 56 kb/s;
- w 2000r. została zintegrowana z nową strukturą IT (*ang. Information Technology*), *Wolters Kluwer Transport Services (WKTS)*, dedykowaną dla systemów transportowych;
- w 2012r. nastąpiło jej zintegrowanie z przejętą w 2005r. przez WKTS giełdą ładunków Nolis;
- 30.06.2017r. spółka *WKTS* została przejęta przez Castik Capital, w ramach budowy na rynku silnego portfela spółek z branży oprogramowania dedykowanego dla procesu zarządzania transportem;
- 01.10.2017r. *WKTS* przyjęła oficjalną nazwę ALPEGA.

ALPEGA Group jest obecnie wiodącym na świecie twórcą oprogramowania dla firm logistycznych, spedycyjnych i przewozowych. Rozwiązania informatyczne pod marką Transwide (TMS Charger) są powszechnie stosowane w zakresie planowania, optymalizacji i kompleksowego zarządzaniem transportem. Jednocześnie ALPEGA kontynuuje wdrażanie kolejnych firmowych systemów w ramach podmiotów zależnych, obsługujących usługi transportowe⁵⁴:

- Teleroute - giełdy transportowej o zasięgu europejskim,
- Bursa Transport - rumuńskiej giełdy transportowej oraz 123cargo.eu - giełdy towarowej dla Europy Centralnej, Wschodniej i Południowej, będących jednym podmiotem gospodarczym przejętym w 2008r. przez WKTS, który od 2013r. funkcjonuje pod dwoma nazwami w odniesieniu do obsługiwanego obszaru działania;
- Wtransnet - wiodącej giełdy transportowej w Hiszpanii i Portugalii, przejętej w 2018r. przez ALPEGA Group.

⁵⁰ https://pl.wikipedia.org/wiki/Thomson_TO7

⁵¹ https://pl.wikipedia.org/wiki/Motorola_6809

⁵² <https://gadzetomania.pl/3916,minitel-francuski-pomysl-na-internet-bez-internetu>

⁵³ <https://teleroute.com/pl-pl/o-nas/>

⁵⁴ <https://www.alpegagroup.com/pl/o-nas/>

ALPEGA Group z siedzibą w Brukseli (Belgia) prowadzi działalność w zakresie obsługi transportu w 80 krajach, a każdego dnia ponad 350 000 użytkowników loguje się na firmowych stronach internetowych. Giełdy reprezentujące ALPEGA tworzą bezpieczną społeczność, która składa się wyłącznie z firm, które przeszły kontrolę wypłacalności i jakości świadczonych usług, a ponadto użytkownicy uzyskują zabezpieczenie przed ryzykiem niezapłaconych faktur, dzięki udzielanej przez giełdę gwarancji płatności⁵⁵.

The screenshot displays the Teleroute web application interface. It is divided into several sections:

- 1. Route details:** Includes fields for 'From' (France, 51100, Reims, Grand Est, 50 km) and 'To' (Spain, 08001, Barcelona, Cataluña, 50 km). There are links to 'Open the map to select regions' and a 'Loading' dropdown set to 'No date'.
- 2. Select your search option:** Features three map thumbnails labeled 'Regular', 'Regional', and 'Extended search'.
- 3. Load description:** Includes 'Types of goods' (All), 'Weight (t):' (20.00, 30.00), and a 'Hazardous' checkbox.
- 4. Vehicle creation:** Contains a note about vehicle offers, a 'Publish vehicle' checkbox, 'Type of truck' (Tautliner), 'Length (m):' (13.6), and a date range '29/06 - 01/07'.

A footer note indicates '* Mandatory fields'.

Rys. 2. Strona internetowa Teleroute, czołowej europejskiej giełdy transportowej obsługującej 85 000 przedsiębiorstw z sektora TSL

Źródło: https://teleroute.com/fileadmin/user_upload/visual02.png

W drugiej połowie lat 90. XX wieku nie funkcjonowały jeszcze ogólnoeuropejskie platformy obsługujące rynek transportowy. Prekursorem takich działań był spedytor Jens Thiermann, który w kwietniu 1997r. założył firmę *TimoCom Soft- und Hardware GmbH* i w ramach tego podmiotu rozpoczęto prace nad budową firmowej giełdy ładunków i wolnych przestrzeni transportowych w pojazdach.

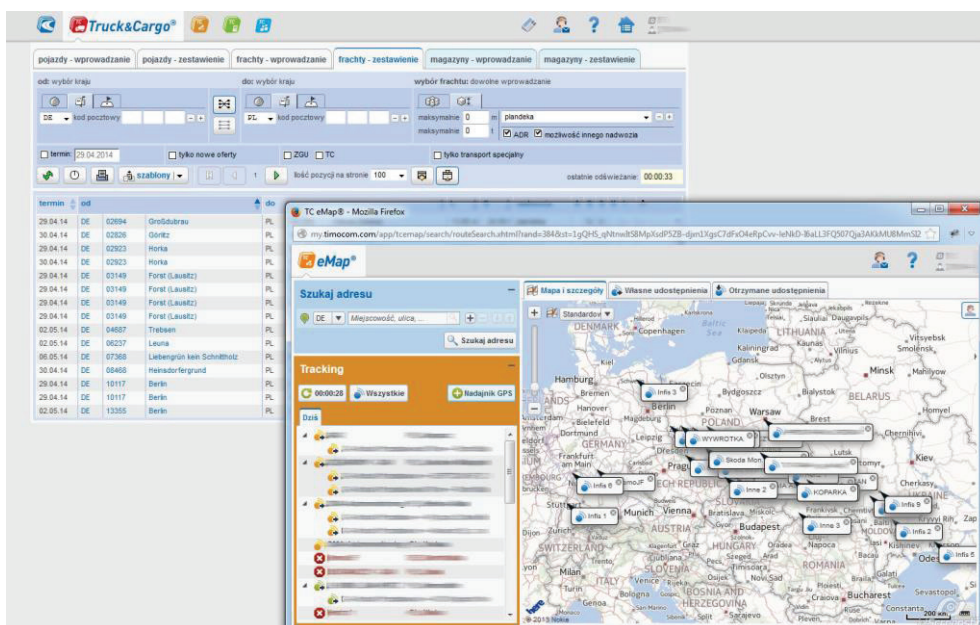
Tworzenie struktury platformy giełdowej TimoCom stanowi wzorcowy przykład działań z wykorzystaniem innowacyjnej technologii sieciowej w postaci Internetu. Wprowadzanie kolejnych rozszerzeń i funkcji przebiegało etapami⁵⁶:

⁵⁵ <https://www.alpegagroup.com/pl/o-nas/>

⁵⁶ <https://www.timocom.pl/firma/o-nas>

- w 1998r. najważniejszą częścią platformy transportowej stała się giełda przestrzeni ładunkowych i frachtów w postaci TC Truck&Cargo®;
- w 1999r. założono przedstawicielstwa w Polsce, Czechach i na Węgrzech;
- w 2003r. utworzono TC Cash Care, będący koncesjonowanym serwisem inkaso, w ramach którego neutralny zespół mediatorów podejmuje realizację pozasądowej usługi windykacyjnej przeterminowanych należności w zleceniach transportowych;
- w 2004r. utworzono TC eMap®, stanowiące rozszerzenie platformy transportowej o moduł służący do kalkulacji i planowania tras w zleceniach przewozowych;
- w 2006r. giełda TC Truck&Cargo® rozpoczęła funkcjonowanie w wersji online, co było kamieniem milowym dla branży transportowej, a tym samym klienci otrzymali możliwość zamieszczania ofert oraz zawierania transakcji w czasie rzeczywistym;
- w 2007r. uruchomiono moduł TC Profile®, czyli europejski katalog firm w wersji online;
- w 2009r. uruchomiono profil TC eBid®, służący do realizacji długoterminowych przetargów transportowych;
- w 2010r. udostępniono klientom barometr transportowy, który ilustruje aktualny stosunek ilości ofert frachtów w odniesieniu do wolnych powierzchni ładunkowych na rynku transportu drogowego w 46 krajach Europy oraz relacje międzynarodowe w tych kategoriach, co pozwala na bieżąco śledzić wahania podaży i popytu na rynku, a tym samym jest czynnikiem ułatwiającym negocjacje cenowe i efektywną kalkulację zleceń;
- w 2012r. uruchomiono rynek giełdy magazynowej, który ułatwia ofertowanie i/lub pozyskiwanie powierzchni magazynowych i logistycznych;
- w 2013r. udostępniono funkcję trackingu dla TC eMap®, czyli nastąpiło połączenie wszystkich systemów telematycznych w platformie internetowej, w celu podwyższenia efektywności działań i zachowania maksimum bezpieczeństwa podczas realizacji zleceń;
- w 2014r. udostępniono klientom w pełni mobilny dostęp do platformy transportowej;
- w 2015r. nastąpiło powiązanie z ofertą giełdową usługi Messenger (komunikatora internetowego, który umożliwia wysyłanie wiadomości, filmów i zdjęć), dzięki czemu klienci uzyskali możliwość wymiany danych, a tym samym optymalizacji w zakresie przesyłania informacji oraz wsparcie w procesie podwyższania wydajności pracy – na podkreślenie zasługuje fakt, że ta aplikacja Facebooka pierwszy raz została uruchomiona dopiero 9 sierpnia 2011r., a następnie sukcesywnie wprowadzona do systemów operacyjnych w telefonach;
- w 2016r. udostępniono klientom blog serwisowy *TC Update Pool*, zawierający wiadomości o aktualizacjach, nowych funkcjach oraz instrukcje użytkowania platformy transportowej;
- w 2016r. udostępniono zintegrowaną funkcję pobierania i udostępniania dokumentów, dzięki czemu klienci mogą dodawać oraz przeglądać w formie cyfrowej dokumenty przedsiębiorstwa w profilu firmy, np.: licencje UE, dokumenty rejestrowe, ubezpieczenia itp. bez konieczności ich przesyłania pocztą elektroniczną. Są one umieszczone w katalogu dokumenty firm transportowych i spedycyjnych oraz automatycznie szyfrowane w celu ochrony przed ich nieuprawnionym wykorzystaniem;
- w 2017r. udostępniono klientom moduł TC Transport Order®, dzięki czemu platforma transportowa uzyskała również funkcję platformy transakcyjnej, na której następuje obsługa zleceń w formie cyfrowej;

- wszystkie zlecenia przewozowe są automatycznie tłumaczone dla zleceniodawcy i zleceniobiorcy, a tym samym znika bariera językowa;
- dostępna jest przejrzysta szata graficzna dokumentów,
- dane w dokumentach są profesjonalnie zabezpieczone i chronione przed nieautoryzowanym dostępem – każdy klient otrzymuje indywidualny klucz bezpieczeństwa do Systemu Smart Logistics oraz indywidualny numer PIN, umożliwiający w przypadku urządzeń mobilnych na dostęp do osobistego konta i korzystania ze wszystkich aplikacji systemu;
- wszystkie serwery firmowe są zlokalizowane w Niemczech, a w odniesieniu do zgromadzonych dokumentów obowiązuje niemieckie prawo o ochronie danych osobowych, które jest jednym z najbardziej restrykcyjnych na obszarze UE.

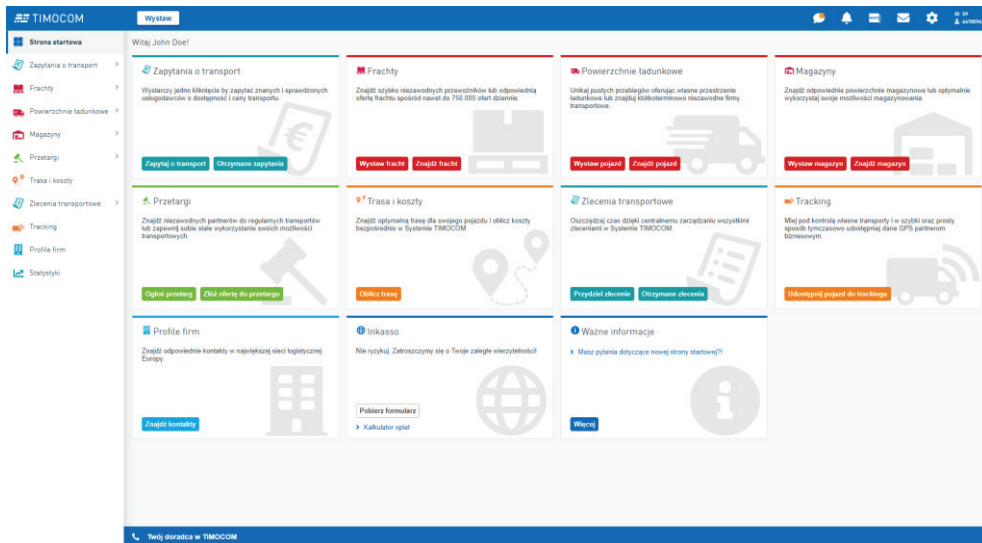


Rys. 3. Interface użytkownika platformy internetowej firmy TIMOCOM GmbH przed modyfikacją z widokiem na stronę TC Truck&Cargo® oraz rozszerzenie TC eMap®

Źródło: <https://poradniktransportowy.pl/04/efektywny-transport-poszukiwanie-planowanie-realizacja/lgs-prnrtscreen/>

- w 2018r. nastąpiło wprowadzenie *Augmented Logistics* (Rozszerzonej Logistyki), jako nowej formy działalności rynkowej – firma z największej platformy transportowej w Europie przekształcona została w pierwszy System Smart Logistics (System Inteligentnej Logistyki);
- w 2018r. firma *TimoCom Soft- und Hardware GmbH* zmieniła nazwę na TIMOCOM GmbH.
- W 2019r. nastąpiło wprowadzenie kompleksowo przemodelowanej strony startowej Systemu Smart Logistics.

Giełda firmy TIMOCOM, to obecnie największa w Europie giełda transportowa, na której 135 000 użytkowników może poszukiwać partnerów biznesowych, a są obsługiwani przez ponad 500 pracowników reprezentujących 30 narodowości.



Rys. 4. Nowa strona startowa Systemu Smart Logistics uruchomiona w 2019r. na platformie internetowej firmy TIMOCOM GmbH

Źródło: <https://updatepool.timocom.com/pl/news/Pracuj-jeszcze-efektywniej-z-nową-stroną-startową-Systemu>

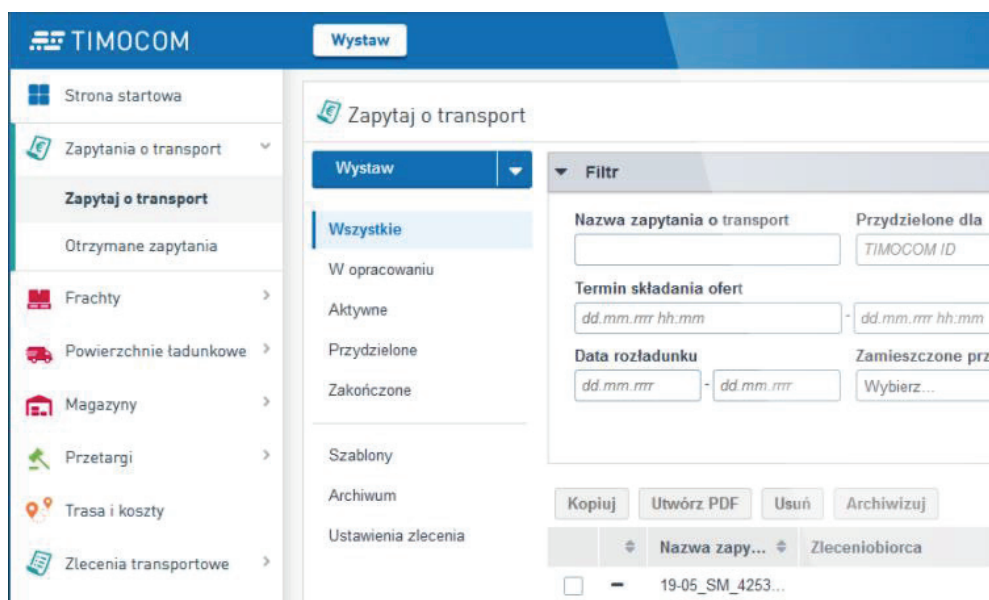
Nowa strona startowa Systemu Smart Logistics zapewnia bezpośredni dostęp do wszystkich aplikacji, a tym samym upraszcza i przyspiesza obsługę kolejnych etapów procesu transportowego. System wspierają dostawcy usług telematycznych, a firmowe serwery gwarantują nieprzerwaną obsługę zleceń. Smart Apps (Inteligentne Aplikacje) zostały rozmieszczone zgodnie z kolejnością realizacji procesów w zleceniu transportowym. Wcześniejszy podział na moduły: TC Truck&Cargo®, TC Transport Order®, TC eMap®, TC eBid® i TC Profile® został usunięty ze strony startowej, a podsystemy są dostępne za pomocą funkcji w bocznym menu. Interfejsy Programowania Aplikacji (API, ang. *Application Programming Interface*) dla Systemu Smart Logistics firmy TIMOCOM umożliwiają integrację z poszczególnymi procesami, dzięki czemu użytkownicy korzystają z automatyzacji na kolejnych etapach ofertowania zlecenia, poszukiwania wykonawcy, zawierania umowy i realizacji przewozu.

System Smart Logistics firmy TIMOCOM, który jest pierwszym tego typu rozwiązaniem w Europie, umożliwia dostęp do aplikacji i usług obejmujących⁵⁷:

- Zapytania o transport

⁵⁷ <https://www.timocom.pl/system-smart-logistics>

Komunikacja w formie cyfrowej (online), to szybkie wykonywanie czynności operacyjnych z jednoczesnym dostępem do informacji w czasie rzeczywistym oraz możliwość monitorowania na bieżąco ich realizacji. System pozwala na utworzenie zlecenia z pełnym opisem ładunku, a następnie trzy drogi realizacji: jednoczesne przesłanie oferty do 50 wybranych partnerów biznesowych, rozsyłanie kolejno oferty do utworzonych odrębnych grup adresatów lub na automatyczną publikację oferty w aplikacji „Frachty”, dostępnej dla wszystkich użytkowników systemu. Zleceniodawca po analizie ofert cenowych i wyborze usługodawcy, potwierdza tylko tę jedną, a system automatycznie rozsyła odmowy do wszystkich pozostałych oferentów. Gdy przewoźnik potwierdzi złożoną deklarację wówczas system automatycznie generuje prawnie wiążący dokument umowy.



Rys. 5. Fragment zakładki „Zapytania o transport” ze strony Systemu Smart Logistics na platformie internetowej firmy TIMOCOM GmbH

Źródło: <https://www.timocom.pl/STATIC/binary/images/pl/product/tcto/TIMOCOM-Smart-App-Zapytania-o-transport-01.png>

– Giełdę transportową

Maksymalna redukcja pustych przebiegów każdego dnia jest możliwa dzięki dostępowi do 800 000 międzynarodowych ofert frachtów i wolnych pojazdów. Kompleksowe wyszukiwanie wspiera dodatkowo funkcja automatycznego powiadomienia, gdy w systemie zostaje zarejestrowana oferta odpowiadająca wprowadzonym kryteriom. Giełda oferuje również gwarantowaną płatność w trybie 24 godzin za wykonane zlecenie.

– Magazyny

System Smart Logistics zapewnia dostęp do aktualnej oferty ponad 7 000 powierzchni magazynowych i logistycznych w 46 krajach Europy. Użytkownicy mają możliwość zamieszczania i/lub poszukiwania wolnych powierzchni magazynowych oraz uzyskania bezpośredniego kontaktu w przypadku oferty o pożądanym parametrach (wielkość, rodzaj, lokalizacja, cena).

– Przetargi transportowe

Równoległe do bieżących zleceń przewozowych giełda umożliwia firmom transportowym poszukiwanie partnerów biznesowych do współpracy w długim horyzoncie czasowym. Stałe zlecenia zawierane są poprzez udział w krajowych i europejskich przetargach transportowych, które ogłaszają podmioty produkcyjne i handlowe. Regularne zlecenia, to czynnik istotnie wspierający wysoki poziom wykorzystania floty, a tym samym rentowność usług transportowych. Wygrane i zrealizowane w ramach przetargów zlecenia budują pozytywny wizerunek firmy transportowej.

– Trasa i koszty

System Smart Logistics posiada funkcję planowania i ustalania tras o określonych parametrach, a także obliczenia dla optymalnego jej przebiegu pakietu kosztów. Opłata za przewóz zależy od stawki, na którą mają wpływ takie czynniki, jak: długość trasy przewozu, długość odcinków dojazdu pojazdu po ładunek, parametry techniczne infrastruktury transportowej, udział płatnych odcinków na drogach, ograniczenia w ruchu drogowym, dostęp na trasie do stacji benzynowych *UTA* oraz możliwość korzystania z warsztatów i punktów *DocStop*. System zapewnia graficzną wizualizację zaplanowanej trasy przewozu ładunków (rys. 6).

– Zlecenia transportowe

Cyfrowe przetwarzanie danych umożliwia:

- generowanie prawnie wiążących dokumentów,
- automatyczne tłumaczenie umów na wybrany język partnera biznesowego,
- personalizowanie zawieranych zleceń poprzez dodanie logo firmy i generowanie kolejnych firmowych numerów dla zleceń przewozowych,
- korzystanie z gotowych szablonów dla powtarzających się cyklicznie usług,
- inteligentne automatyczne uzupełnianie danych w dokumentach, co przyspiesza proces i eliminuje możliwość popełnienia błędów;
- wspieranie procesu podejmowania decyzji wiedzą z analizy dostępnych opracowań statystycznych z poprzednich zleceń oraz indywidualne modelowanie metod opracowania danych;
- archiwizowanie wszystkich zleceń transportowych oraz możliwość ich odtworzenia na potrzeby audytu lub kontroli.

Planowanie trasy

Na tym odcinku występują tymczasowe ograniczenia. Szczegóły znajdują się w opisie trasy oraz na mapie.

DE 20354 Hamburg (Neustadt) IT 00185 Rzym (Tiburtino)

Oblicz trasę

3 379,40 € 26:46 h 1 694,3 km

Koszty trasy

Kraj	km	km	€/ km	=	Kwota
AT	109,1	109,1	1,00	=	109,10 €
DE	864,3	861,6	1,00	=	861,60 €
IT	720,9	702,4	1,00	=	702,40 €
Pojazd	1 694,3 km		1,00	=	1 694,30 €
Koszty dodatkowe			12,00	=	12,00 €
Koszt całkowity					3 379,40 €

Rys. 6. Fragment zakładki „Planowanie trasy” ze strony Systemu Smart Logistics na platformie internetowej firmy TIMOCOM GmbH

Źródło: <https://www.timocom.pl/STATIC/binary/images/pl/product/tcm/TIMOCOM-Smart-App-Trasa-i-koszty-Planowanie-obliczanie-01.png>

– Tracking

System poprzez funkcję trackingu pozwala firmom przewozowym na bieżąco monitorować przebieg realizacji zlecenia transportowego. Kontrola pozycji ładunku jest możliwa dzięki wykorzystaniu danych pochodzących od 274 operatorów systemów telematycznych. Śledzenie pojazdów dla wszystkich firmowych zleceń jest możliwe na jednej mapie, a dane GPS mogą być udostępniane przez firmy transportowe klientom, których ładunki są przewożone.

– Profile firm

Katalog zawierający informacje o ponad 45 000 firm transportowych, spedycyjnych i logistycznych tworzy największą tego typu bazę danych w UE. System oferuje możliwość utworzenia profilu podmiotu poprzez zamieszczanie dokumentów firmowych, a następnie pobierania i/lub udostępniania ich pozostałym użytkownikom. Działania tego typu mają na celu uzyskanie przewagi konkurencyjnej w aspekcie potencjału przewozowego, kompetencji, uprawnień, certyfikatów, co jest istotne zarówno podczas aplikowania o bieżące zlecenia, jak również podczas składania ofert w międzynarodowych przetargach transportowych.

– Interfejsy

Interfejsy Programowania Aplikacji (API) dla modułów Giełda transportowa, Zlecenia transportowe i Tracking już na obecnym etapie rozwoju Systemu Smart Logistics stanowią gwarancję płynnego przebiegu całego procesu przewozowego.

W rozwoju rynku usług transportowych biorą czynny i twórczy udział również podmioty krajowe. W 2004r. rozpoczęła działalność polska firma technologiczna Logintrans Sp. z o.o., która w 2018r. została przekształcona w Trans.eu Group S.A. Rozbudowa Internetu w aspekcie szybkości transferu danych oraz upowszechnienie dostępu do sieci, które spowodowało masowy wzrost ilości użytkowników indywidualnych i podmiotów gospodarczych stało się inspiracją do uruchomienia Platformy Trans.eu., na której po raz pierwszy w Europie był możliwy dostęp do informacji o ładunkach i wolnych środkach transportowych poprzez komunikator internetowy. Komunikator w formie aplikacji na Platformie Trans.eu. umożliwił kontakt w czasie rzeczywistym pomiędzy jej użytkownikami i był alternatywą dla wymiany informacji poprzez rozmowy telefoniczne lub wiadomości wysyłane pocztą elektroniczną. Kontrahenci uzyskali prosty sposób pozwalający na ustalenie wszystkich szczegółów transakcji przewozowej. Ten innowacyjny system stał się podstawą do budowy i rozwoju jednej z wiodących platform giełdowych w Europie, łączącej firmy spedycyjne i transportowe, operatorów logistycznych oraz przedsiębiorstwa produkcyjne i handlowe⁵⁸. Obecnie firma ma biura w 12 krajach i obsługuje rynek Unii Europejskiej oraz Turcję i Kazachstan. Na Platformie Trans.eu współpracuje 25 000 firm realizujących przewozy, 6 000 podmiotów gospodarczych oferujących ładunki oraz 9 000 obsługujących rynek spedytorów^{59,60,61}.

Nowością zaproponowaną w 2019r. przez giełdę Trans.eu jest korzystanie z wersji online. Użytkownicy muszą jedynie posiadać urządzenie z dostępem do sieci Internet, aby w pełni (stacjonarnie i mobilnie) korzystać z możliwości nowej giełdy, zarządzanej przez Trans.eu Group S.A.

Nowa Platforma Trans.eu umożliwia kompleksową obsługę procesu transportowego poprzez wykorzystanie jednego narzędzia informatycznego, które zostało zintegrowane z wykorzystywanymi powszechnie systemami telematycznymi, TMS oraz ERP.

Giełda transportowa w ramach idei Logistics 4.0 połączyła trzy moduły:

- *Trans for Forwarders (TFF)* dedykowany dla spedycji,
- *Trans for Shippers (TFS)* dedykowany dla produkcji i handlu,
- *Trans for Carriers (TFC)* dedykowany dla przewoźników.

Do najważniejszych zalet nowej Platformy Trans.eu należy zaliczyć⁶²:

- brak konieczności instalacji programu,
- użytkowanie w przeglądarce sieciowej,
- prosta i intuicyjna obsługa modułów,
- rozszerzenie pakietu bieżących ofert i ich efektywna aktualizacja,
- redukcja czasu niezbędnego do pobierania ofert giełdowych,

⁵⁸ <https://help.trans.eu/l/pl/komunikator>

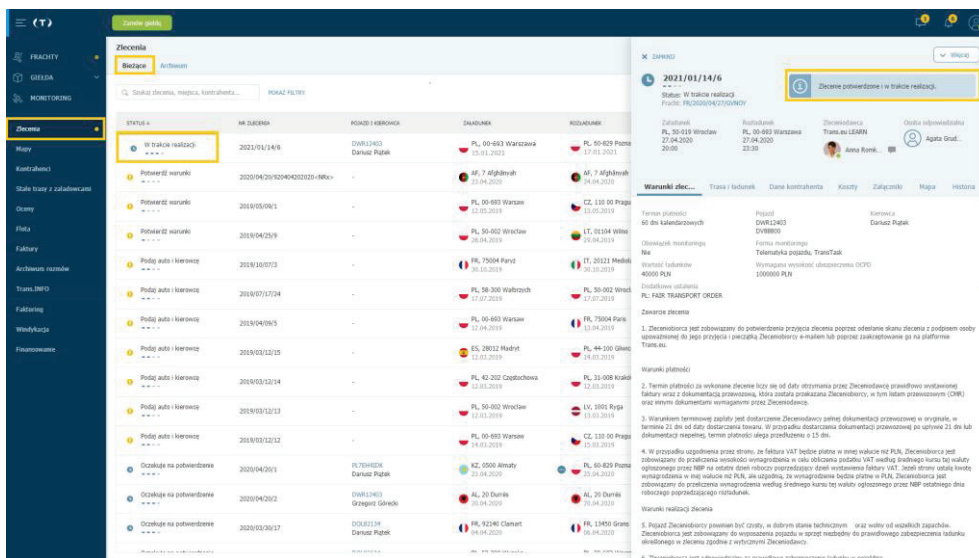
⁵⁹ <https://www.trans.eu/pl/>

⁶⁰ Palczewska A., Barwiński S., Borowiecki Ł.: Znaczenie Giełdy Transportowej dla współczesnych przedsiębiorstw produkcyjnych, transportowych i spedycyjnych na przykładzie giełdy Trans.eu, [w:] Czajkowska M., Malarski M. (red.): Funkcjonowanie e-biznesu, Zasoby, procesy, technologie, Seria Zarządzanie, <http://dx.doi.org/10.18778/8088-106-8.12>, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2015, s. 121-133, 2015.

⁶¹ Paszkiewicz B.: Systemy giełdowe w logistyce - materiały szkoleniowe 2019 [<http://projekt-zpu.sggw.pl/wp-content/uploads/2019/01/Systemy-giełdowe-w-logistyce.pdf>](dostęp: 21.10.2021r.)

⁶² <https://www.trans.eu/pl/blog/tfc/nawosc-gielda-trans-eu-w-wersji-online/>

- możliwość podziału ofert pojazdów na regiony geograficzne,
- możliwość jednoczesnego wyszukiwania ładunków dla wielu typów nadwozi pojazdów,
- precyzyjne opcje w wyszukiwaniu z zastosowaniem filtrów dla różnych zleceń przewozowych,
- możliwość udostępniania sygnału GPS pojazdu przez firmę transportową w celu kontroli przez klienta trasy, na której przewożony jest ich ładunek;
- lepsza komunikacja i możliwość oceny realizacji zlecenia.



Rys. 7. Widok ekranu na Platformie Trans.eu z otwartym modulem "Zlecenia"

Źródło: <https://help.trans.eu/pl/zlecenia/tfc-zlecenia>

Rozbudowane nowe menu platformy Trans.eu zapewnia szereg funkcji dla użytkowników z firm spedycyjnych, transportowych i logistycznych w postaci zakładek⁶³:

- Co nowego – informacje o wdrożeniach systemowych na platformie.
- Podstawowe informacje – zawierają dostęp do funkcji, które umożliwiają: autoryzację firmy na platformie, pobranie faktur i regulaminu, aktualizację danych o firmie, zakładanie kont dla pracowników, instrukcje logowania oraz zmiany ustawień użytkowych dla przeglądarki firmowej.
- Komunikator – oferuje indywidualne funkcje użytkowe i ustawienia, utworzenie grupy kontaktów, prowadzenie negocjacji i akceptacji ofert w komunikatorze przez załadowcę (TFS) oraz przewoźnika (TFC) oraz sprawdzanie, czy kontrahent jest wpisany na giełde wierzycielności⁶⁴.

⁶³ <https://help.trans.eu/l/pl>

⁶⁴ <https://help.trans.eu/l/pl/komunikator>

- Frachty – zawierają zestawienia wszystkich ofert realizowanych przez firmę oraz możliwość filtrowania, sortowania i zarządzania frachtami, archiwum frachtów, terminy płatności za frachty, a także szybką procedurę importu frachtów na giełdę⁶⁵.
- Giełda ładunków – umożliwia szybką procedurę dodania lub usunięcia oferty frachtu oraz szukania ofert ładunków na liście, która jest na bieżąco odświeżana, a wszystkie oferty po upływie daty rozładunku są z niej automatycznie usuwane; zestawienie giełdowe, to kompleksowa informacja zawierająca dane o:
 - miejscu załadunku,
 - miejscu rozładunku,
 - informacje o ładunku,
 - cenę (przy określonej stawce przewozowej),
 - datę i godzinę dodania oferty na giełdę,
 - nazwę firmy oraz imię i nazwisko osoby, która wystawiła daną ofertę.

Zakładka „Giełda ładunków” pozwala również na elastyczną kalkulację kosztów dla przyjętej trasy głównej, dojazdu do załadunku i rozładunku oraz wyboru waluty do rozliczeń. Jednocześnie automatycznie generuje komunikaty ostrzegawcze w przypadku, gdy kontrahent miał problemy z płatnością, posiada niski wskaźnik *TransRisk* (słaby płatnik) lub jest na Giełdzie Wierzytelności, aby szczególnie starannie rozważyć decyzję o nawiązaniu współpracy. Ponadto użytkownicy w podręcznym menu w tabeli giełdowej mogą skorzystać z funkcji: dodawanie oferty do obserwowanych, ukrycie oferty firmy lub sygnalizowania problemów z ofertą⁶⁶.
- Giełda pojazdów – zapewnia szybką procedurę dodania i usunięcia oferty pojazdu na giełdzie z opcją wielu miejsc rozładunku, a także na aktywne poszukiwanie ofert dla pojazdu z użyciem zaawansowanych filtrów, pozwalających np. na zdefiniowanie do 10 potencjalnych lokalizacji załadunku i rozładunku (opcja „multistop”) albo wyłączenia ofert kabotażu lub ADR, które nie są realizowane przez firmę⁶⁷.
- Zlecenia – bieżące zlecenia podzielone są na trzy zakładki: (*TFC*) Zlecenia przewoźnika, (*TFF*) Zlecenia spedytora i (*TFS*) Zlecenia załadowcy, które umożliwiają wykonanie kolejnych czynności w zakresie obsługi, zmieniające status zlecenia na: „Oczekuje na warunki”, „Zobacz warunki”, „Potwierdź warunki”, „Gotowe do realizacji”, „W trakcie realizacji”, „Oczekuje na potwierdzenie” i „Zrealizowane”, a dodatkowe opcje to: eksportuj do PDF, dodaj załącznik, dodaj koszty oraz anuluj zlecenie. Możliwe jest ręczne lub automatyczne archiwizowanie zleceń z podziałem na trzy kategorie: zrealizowane, zarchiwizowane i anulowane⁶⁸.
- Monitoring – podzielony jest na trzy zakładki: (*TFC*) Monitoring przewoźnika, (*TFF*) Monitoring spedytora i (*TFS*) Monitoring załadowcy. Wykorzystanie możliwości tego modułu wymaga uzupełnienia danych o flocie, utworzenia kont dla kierowców oraz zainstalowania na ich telefonach aplikacji *TransTask*. Monitoring może być realizowany przez przewoźnika bez zawarcia frachtu lub utworzony, jako warunek realizacji zlecenia.

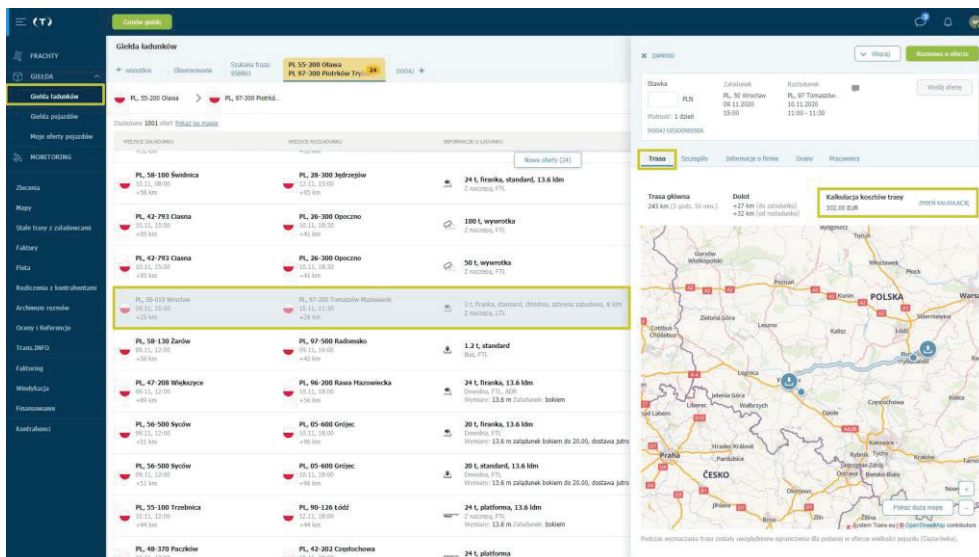
⁶⁵ <https://help.trans.eu/l/pl/frachty>

⁶⁶ <https://help.trans.eu/l/pl/gielda-ladunkow>

⁶⁷ <https://help.trans.eu/l/pl/gielda-pojazdow>

⁶⁸ <https://help.trans.eu/l/pl/zlecenia>

Program *TransTask* na podstawie danych telematycznych będzie automatycznie raportował realizację zadania przewoźnikowi oraz zleceniodawcy (opcjonalnie). Zakończone zadanie monitoringu automatycznie jest kierowane do zakładki archiwum⁶⁹.



Rys. 8. Widok ekranu na Platformie Trans.eu z otwartym modulem "Giełda ładunków" i zakładką „Kalkulacja kosztów na giełdzie”

Źródło: <https://help.trans.eu/pl/gielda-ladunkow/kalkulacja-kosztow-na-gieldzie>

- Mapy – moduł służy do wyznaczania trasy pojazdu, kalkulacji kosztów dla przyjętej stawki przewozowej oraz filtrowania ofert giełdowych w oparciu o wyznaczoną trasę dla danego samochodu. Moduł posiada opcję wyświetlania kodów pocztowych, które ułatwiają pozycjonowanie miejsc załadunku i wyładunku, a także ograniczeń drogowych na trasie przejazdu. Informacje o zakazach wynikające z oznaczeń drogowych umożliwiają optymalne planowanie trasy, na której kierowca uniknie ograniczeń tonażowych, zbyt niskich wiaduktów lub zakazów wynikających z przepisów ADR⁷⁰.
- Flota – umożliwia dostęp do danych opisujących historię tras pojazdów i zadań monitoringu, dodawanie informacji o pojazdach z floty i ich integrację z systemami telematycznymi, nadawanie uprawnień w zakresie monitoringu, wizualizację floty dla kontrahentów, procedury integracji z wybranymi siedmioma systemami monitoringu oraz dodawanie oferty wybranego pojazdu do oferty giełdowej⁷¹.
- Stałe trasy – moduł podzielony jest na cztery zakładki: (*TFS*) Stałe trasy dla załadowcy, (*TFC*) Stałe trasy dla przewoźnika, (*TFF*) Stałe trasy dla spedytora, jako załadowcy oraz

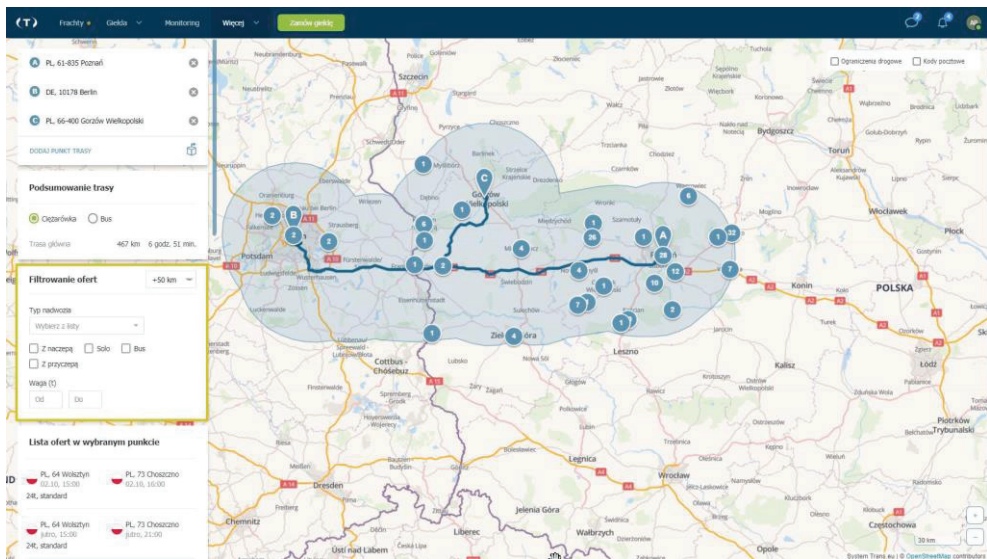
⁶⁹ <https://help.trans.eu/pl/monitoring>

⁷⁰ <https://help.trans.eu/pl/mapy>

⁷¹ <https://help.trans.eu/pl/flota>

(TFF) Stałe trasy dla spedytora, jako przewoźnika. Utworzony został w celu otrzymywania stałych zleceń, które realizowane są dzięki współpracy zaufanych kontrahentów, stąd w jednym miejscu istnieje zestawienie danych na temat terminów płatności i szczegółów przewozu⁷².

- Nadwozia – moduł służący do szczegółowego zdefiniowania wielkości i parametrów nadwozia pojazdu: bus - mały pojazd do 3,5 t, solo - pojedynczy pojazd o ładowności 3,5t - 12t, zestaw ciągnik siodłowy i naczepa oraz pojazd ciężarowy z przyczepą⁷³.
- Reguły automatyczne – umożliwiają załadowcy na uproszczoną (automatyczną) publikację frachtu o powtarzalnych parametrach według jednej z przyjętych metod: stałej trasy, grupy wybranych kontrahentów, przewoźników wybranych przez aplikację SmartMatch lub na ogólnodostępnej giełdzie ładunków Trans.eu⁷⁴.
- Kontrahenci – moduł pozwala użytkownikom na samodzielne tworzenie, według indywidualnych potrzeb i kryteriów, grup zaufanych firm do współpracy rynkowej na podstawie bazy danych o firmach korzystających z Platformy Trans.eu. Możliwe jest budowanie grup firm przez przewoźnika (według linii produktowej TFC) albo kontrahentów w liniach produktowych TFF (dla firm spedytorskich) i TFS (dla firm załadowczych)⁷⁵.



Rys. 9. Widok ekranu na Platformie Trans.eu z otwartym modulem "Mapy" oraz opcją filtrowania ofert w oparciu o wyznaczoną trasę pojazdu

Źródło: <https://help.trans.eu/pl/mapy/wyznaczanie-trasy-i-filtrowanie-ofert-na-mapie>

⁷² <https://help.trans.eu/pl/stale-trasy-dla-zaladowcow>

⁷³ <https://help.trans.eu/pl/nadwozia>

⁷⁴ <https://help.trans.eu/pl/reguly-automatyczne>

⁷⁵ <https://help.trans.eu/pl/kontrahenci>

- Oceny i Referencje – oferuje możliwość oceny kontrahenta po zakończeniu realizacji każdej usługi (w formie gwiazdek), a system tworzy statystykę wszystkich otrzymanych ocen za terminowość i płatności na przestrzeni jednego roku. System ocen służy do weryfikacji firm i budowy bezpieczeństwa transakcji, które są zawierane na giełdzie, a także promowania sprawdzonych firm w formie referencji⁷⁶.
- Płatności – moduł generujący faktury wystawione przez Grupę Trans.eu⁷⁷.
- Faktury – moduł zawierający cztery zakładki: faktury przychodowe (o statusie do wystawienia, w przygotowaniu, wystawione i skorygowane), korekty, noty obciążeniowe i płatności. System dla generowanych dokumentów pozwala na zdefiniowanie indywidualnej numeracji oraz bazy danych o stawkach VAT⁷⁸.
- TransRisk – jest modulem, który za pomocą ustalonej pięciostopniowej skali definiuje aktualną sytuację firmy, a jego celem jest pomoc przy ocenie ryzyka w przypadku podjęcia decyzji o współpracy z danym kontrahentem. Zakładki każdego dnia aktualizują dane o niezależnym wskaźniku wiarygodności płatniczej: przewoźnika (*TFC*), spedytora (*TFP*) oraz załadowcy (*TFS*)⁷⁹.
- Awizacje – stanowią system służący do zarządzania oknami czasowymi (powiadomieniami o przesyłce) oraz dostępu do harmonogramu załadunków i rozładunków dla przewoźników, a także wspierają automatyzację i optymalizację operacji magazynowych realizowanych przez załadowcę. Moduł oferuje dodatkowo funkcję dostępu dla użytkowników na stanowiskach Magazynier i Ochroniarz w celu wspierania procesu awizacji⁸⁰.
- Dodatkowe usługi – stanowi moduł QuickPay, czyli aplikacja, która umożliwia przewoźnikowi na otrzymanie w czasie 48 godzin płatności za fracht przyjęty za pośrednictwem Platformy Trans.eu⁸¹.

Trans.eu Group S.A. od początku działalności konsekwentnie wdrażając innowacje w zakresie obsługi rynku transportowego, zaproponowało kolejną nowoczesną technologię IT w postaci programu SmartMatch. Tradycyjny sposób wyszukiwania zleceń transportowych uzyskał wsparcie w module *Trans for Carriers*. Inteligentny automatyczny system dopasowania frachtów pozwala przypisać przewoźnikom spełniającym ściśle określone kryteria zleceń transportowych zanim zostaną one opublikowane na ogólnie dostępnej giełdzie ładunków na nowej Platformie Trans.eu. Wdrażanie automatycznych rozwiązań na rynku usług cyfrowych ma na celu przyspieszenie procesu obsługi zleceń, a tym samym redukcję kosztów w działalności współpracujących firm. System promuje podmioty posiadające rozbudowane i udokumentowane profile na Platformie Tran.eu (nowoczesna flota, certyfikaty, pozytywne oceny kontrahentów), aby zbudować rynek usług o najwyższych standardach bezpieczeństwa i jakości⁸².

⁷⁶ <https://help.trans.eu/l/pl/oceny>

⁷⁷ <https://help.trans.eu/l/pl/platnosci>

⁷⁸ <https://help.trans.eu/l/pl/faktury>

⁷⁹ <https://help.trans.eu/l/pl/transrisk>

⁸⁰ <https://help.trans.eu/l/pl/awizacje>

⁸¹ <https://help.trans.eu/l/pl/dodatkowe-uslugi>

⁸² <https://www.trans.eu/pl/blog/tfc/smartmatch-nie-tylko-gielda/>

W usługach transportowych podaż możliwej do wykonania pracy przewozowej wymaga uwzględnienia charakterystycznego dla tego rynku problemu pozyskania ładunku do przewiezienia w drodze powrotnej po zrealizowaniu każdej bieżącej dostawy. Zleceniodawca uiszcza opłatę za przewóz z towarem, a dla firmy transportowej powrót pojazdu do bazy nie powinien być tzw. pustym przebiegiem. Zapewnienie rentowności w usługach transportowych wymaga maksymalnej redukcji przejazdów bez ładunku. Stąd jednym z celów giełdy transportowej jest zapełnienie pustych pojazdów w drodze powrotnej dzięki połączeniu wybranych, dostępnych ofert spełniających w możliwie wysokim stopniu kryteria: lokalizacji, ilości, wielkości i czasu. Ładunki w drodze powrotnej nie tylko podwyższają rentowność działalności przedsiębiorstw transportowych, ale także co szczególnie istotne w aspekcie ekologicznym, redukują emisję gazów cieplarnianych.



Rys. 10. Strona Returnloads.net, oferująca połączenie technologii GPS z internetową giełdą transportową

Źródło: http://www.transportengineer.org.uk/article-images/110893/Returnloads-map_popup.jpg

Jednym z największych wyzwań na rynku motoryzacyjnym będzie w najbliższych latach redukcji CO₂. Zatwierdzone przez Unię Europejską nowe wartości w procesie tzw. dekarbonizacji, czyli generalnie ograniczenia emisji dwutlenku węgla są bardzo wymagające. Z danych Stowarzyszenia Producentów (ACEA) wynika, że na drogach UE porusza się 6,2 miliona średnich i ciężkich pojazdów użytkowych⁸³.

Transport odpowiadał w 2018r. za 25% emisji gazów cieplarnianych (a w tym CO₂) na terenie Unii Europejskiej⁸⁴. Puste przebiegi stanowią na tyle ważny problem, że są monitorowane w poszczególnych państwach i objęte opracowaniem statystycznym. W 2018r. na

⁸³ <https://www.truckitransport.pl/808-no-kto-ma-najwiecej-ciezarowek-w-europie>

⁸⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Freight_exchange

terenie 27 państw należących do UE aż 12,3% drogowych przewozów towarowych w transporcie międzynarodowym było wykonywanych przez pojazdy bez ładunku. W transporcie krajowym przejazdy bez ładunków dla większości państw członkowskich mieściły się w przedziale od 15% do 30%. Wyższy wskaźnik odnotowano dla Cypru (50,0%), Irlandii (35,1%) i Austrii (34,2 %), natomiast najniższy dla Danii (9,3%)⁸⁵.

Internetowa giełda transportowa Returnloads.net, która jest wiodącym operatorem w Wielkiej Brytanii oferującym 150 000 ładunków miesięcznie dla 2 500 zarejestrowanych firm przewozowych uruchomiła w 2015r. nową funkcję śledzenia pojazdów w czasie rzeczywistym⁸⁶. Returnloads.net zaferowało innowacyjne połączenie technologii *Global Positioning System (GPS)* z internetową giełdą transportową. Identyfikacja i lokalizacja śledzonych pojazdów następuje na interaktywnej mapie w czasie rzeczywistym. Usługa jest dostępna bezpłatnie dla wszystkich członków platformy transportowej. Mogą oni nie tylko dokładnie pozycjonować swoje pojazdy, ale także sprawdzać w czasie rzeczywistym, jakie ładunki są dostępne w ich pobliżu. Aplikacja do śledzenia pojazdów nie wymaga zakupu dodatkowego sprzętu ani oprogramowania, gdyż wystarczy, że kierowcy zainstalują firmową aplikację na smartfonie lub tablecie, który wówczas pełni rolę urządzenia monitorującego. Przestrzeganie prywatności zapewnia funkcja wyłączająca aplikację po zakończeniu pracy przez kierowcę⁸⁷.

Podsumowanie

Giełdy transportowe będące istotnym elementem rynku przewozów krajowych i międzynarodowych na przestrzeni ostatnich dekad podlegały nieustannemu rozwojowi. Wprowadzanie kolejnych rozwiązań telekomunikacyjnych, elektronicznych i informatycznych zawsze było impulsem do szybkiej aplikacji takich systemów. Współpraca rynkowa wymaga wystawiania, odbierania lub okazywania różnego rodzaju dokumentów, stąd w celu przyspieszenia tych procesów wprowadzono digitalizację wersji papierowych, a następnie stosownie do możliwości technicznych i prawnych zastąpiono je wersją elektroniczną. Kolejnym etapem była powszechna cyfryzacja na początku wybranych sektorów, a następnie ogółu podmiotów gospodarczych. Osobnym zagadnieniem istotnym przy współpracy w zakresie usług transportowych są technologie komunikacyjne niezbędne na wszystkich etapach realizacji zleceń. Impulsem do wprowadzenia na rynku platform giełdowych było upowszechnienie sieci Internet. Należy podkreślić, że większość dużych giełd transportowych rozpoczęła działalność jeszcze przed upowszechnieniem dostępu do ogólnoswiatowej sieci informatycznej. Dopiero na koniec ostatniej dekady XX wieku wzrost szybkości transmisji i jednoczesna obniżka cena dostępu do sieci spowodowała w Europie, a następnie w Polsce intensywny rozwój internetowych giełd transportowych. Proces ten miał uzasadnienie w atutach, jakie oferowała ta technologia, czyli możliwości zamieszczenia w czasie rzeczywistym informacji o ładunku oraz wyszukiwania wolnych powierzchni na pojazdach. Ważny jest

⁸⁵ https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Road_freight_transport_by_journey_characteristics#Empty_runnings

⁸⁶ <https://www.returnloads.net/>

⁸⁷ <http://www.transportengineer.org.uk/transport-engineer-news/online-freight-exchange-now-features-free-vehicle-tracking/110893/>

także bezpośredni kontakt pomiędzy spedytorami, przewoźnikami i producentami w celu omówienia szczegółów i zawarcia umowy na wykonanie usługi. Istotnym atutem wzmacniającym dynamikę rozwoju były możliwości, które otrzymywał każdy z kontrahentów. Firmy transportowe dzięki nowoczesnym giełdom na platformach internetowych zyskały możliwość maksymalnego wykorzystania potencjału przewozowego posiadanego taboru z jednoczesnym ograniczeniem do minimum tzw. pustych przebiegów. Firmy spedycyjne w szerokiej, liczonej w tysiącach ofercie ładunków i przewoźników, uzyskały możliwość efektywnego wyszukiwania i łączenia w aspekcie zgodności wymagań określonych w kryteriach giełdowych zleceniodawców obsługujących przewozy z podmiotami produkcyjnymi lub dystrybucyjnymi w zakresie przemieszczania ładunków. Dla systemów logistycznych w podmiotach gospodarczych giełdy stały się miejscem, które oferowało stosowne możliwości przewozowe w określonym czasie wykonane przez profesjonalne firmy transportowe. Ponadto oprócz możliwości uzyskania szybkiej usługi wysyłki towarów standardowych w przypadku procesów o wysokim poziomie trudności i/lub dużych odległościach proces mógł być powierzony specjalistycznemu pośrednikowi, czyli firmie spedycyjnej⁸⁸.

Na platformach internetowych funkcjonuje liczna grupa podmiotów oferujących usługi w ramach giełd transportowych. Zapewniają one obsługę zleceń krajowych lub regionalnych w ramach wybranej grupy krajów, a największe podmioty obejmują zasięgiem obszar kontynentu europejskiego i dodatkowo rynek azjatycki. Podmioty chcące korzystać z usług giełd transportowych są zobowiązane do zainstalowania specjalistycznego oprogramowania oraz opłacenia abonamentu. Odmienny sposób działania giełd polega na udostępnianiu firmom posiadającym konto oferty bez opłat poprzez przeglądarkę internetową na komputerach PC lub przez aplikację mobilną. W takim przypadku giełda może np. pobierać prowizję liczoną od wartości zlecenia pozyskanego dzięki danemu serwisowi.

Oferta giełd ładunków jest coraz bardziej rozbudowana, zarówno w zakresie zrzeszonych w jej ramach podmiotów, jak też ilości ofert, które automatycznie są aktualizowane w czasie rzeczywistym, stosownie do czasu zamieszczenia oferty i czasu ich obowiązywania. Giełdy oferują współpracę ze sprawdzonymi w zakresie potencjału przewozowego i wiarygodnymi finansowo kontrahentami. Elementem podnoszącym bezpieczeństwo realizacji usługi jest monitorowanie pozycji pojazdu z ładunkiem. Standardem zaczyna być możliwość korzystania z różnego rodzaju specjalistycznych aplikacji, które pozwalają poprzez platformę na wykonanie kolejnych czynności na całej długości łańcucha logistycznego.

Transformacja cyfrowa i rozwój IT ukierunkowane są na upraszczanie procesów i przyspieszanie czynności, aby jeszcze efektywniej zarządzać czasem w podmiotach gospodarczych. Zmiany systemowe, jakie wdrażane są na giełdach internetowych mają za zadanie czynić cały proces usługowy transparentnym. Programy takie jak SmartMatch mają za zadanie eliminować okna czasowe, w których następowało tradycyjne poszukiwanie prowadzone przez pracowników na rzecz inteligentnych system dopasowania frachtów.

⁸⁸ <https://www.truck.pl/pl/article/1296/ładunki-załatwiane-w-sieci-rośnie-znaczenie-elektronicznych-giełd-transportowych,1>

Platforma cyfrowa oferuje możliwość zgromadzenia dowolnej ilości danych i informacji opisujących rynek transportu drogowego, zarówno w obszarze dokumentów stanowiących portfolio firmy usługowej, jak też kompletu dokumentów niezbędnych dla wykonania zlecenia. Rynek usług transportowych w bardzo szerokim zakresie obsługują małe firmy przewozowe, które dzięki giełdom na platformach internetowych otrzymują dostęp do zaawansowanych technologii informatycznych oraz narzędzi telematycznych. Na europejskim rynku przewozów drogowych aż 90% firm transportowych zarządza flotą liczącą mniej niż 10 samochodów ciężarowych, lub zatrudnia mniej niż dziesięciu pracowników⁸⁹.

Internetowe giełdy transportowe oferując dostęp do statystycznych opracowań wysokości opłat za frachty oraz bieżącej informacji o popycie i podaży na danym rynku pozwalają optymalizować decyzje w zakresie przyjęcia lub odrzucenia frachtów. Każdy użytkownik automatycznie otrzymuje komunikaty ostrzegawcze dotyczące wybranego kontrahenta, który miał problemy z płatnością, posiada niski wskaźnik TransRisk (słaby płatnik) lub jest odnotowany na Giełdzie Wierzytelności. Systemowe ujęcie oceny podmiotów gospodarczych porządkuje rynek i czyni racjonalnym decyzję o nawiązaniu współpracy. Normalizacja i wiarygodność są szczególnie istotne dla budowania długoterminowych relacji biznesowych. Referencje uzyskane na giełdzie mogą być ważnym atutem, które w końcowej ocenie przewoźnika spowodują, że zostanie wybrany do realizacji nie tylko bieżących pojedynczych zleceń, ale długoterminowego kontraktu na obsługę systemu logistycznego podmiotu produkcyjnego lub dystrybucyjnego.

Bibliografia

- Banach M.: Od inteligentnego transportu do inteligentnych miast, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN: 978-83-01-20102-9, Warszawa, 2018
- Choromański W., Grabarek I., Kozłowski M., Czerepicki A., Marczuk K.: Pojazdy autonomiczne i systemy transportu autonomicznego, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-21102-8, Warszawa, 2020.
- Długołęcka K., Simiński P.: Spedytor jako istotne ogniwo w łańcuchu dostaw, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Seria Administracja i Zarządzanie, nr 105, s. 37-47, 2015.
- Duraj N., Sadowski A., Misztal A., Comperek M., Kowalska M.: Bezpieczeństwo ekonomiczno-finance przedsiębiorstw sektora TSL. Wybrane problemy, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, ISBN 978-83-8142-972-6, Łódź, 2020.
- Fajczak-Kowalska A., Krenski C.: Infrastruktura liniowa dróg krajowych i autostrad w Polsce, jej stan, wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego i transport samochodowy, Logistyka, nr 4, s. 265-271, 2014.
- Gołaczyński J., (red.), Kowalik-Bańczyk K., Majchrowska A., Świerczyński M.: Ustawa o świadczeniu usług drogą elektroniczną, Komentarz, Warszawa, 2009.
- Hajdul M., Stajniak M., Fołtyński M., Koliński A., Andrzejczyk P.: Organizacja i monitorowanie procesów transportowych, Zarządzanie środkami technicznymi podczas realizacji procesów transportowych, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN 978-83-63186-01-2, Poznań, 2015.

⁸⁹ <https://logistyczny.com/aktualnosci/wymiana-doswiadczen/item/4566-cyfrowa-redukcja-co2-w-transportcie>

- Januszewski, J. : Nawigacyjny system satelitarny GPS dzisiaj i w przeszłości, Gdynia, Akademia Morska w Gdyni, 2010.
- Juściński S.: Analiza rynku nowoczesnych powierzchni magazynowych w centrach logistycznych, [w:] Dzieniszewski G., Kuboń M. (red.): Logistyka dla regionu, ISBN 78-83-64377-27-3, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, str. 123-141, 2018.
- Juściński, S.: Analiza systemów kompleksowego zarządzania logistycznego flotą pojazdów, [w:] Dzieniszewski G., Kuboń M. (red.): Logistyka dziś i jutro, Mechatronika i Telematyka w Logistyce, ISBN 978-83-64377-440, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 81-97, 2019.
- Juściński, S.: Analiza systemów telematycznych stosowanych w logistyce magazynowej i dystrybucyjnej, [w:] Dzieniszewski G., Kuboń M. (red.): Logistyka dziś i jutro, Mechatronika i Telematyka w Logistyce, ISBN 978-83-64377-440, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 99-114, 2019.
- Juściński S.: Wykorzystanie systemów nawigacji satelitarnej w transporcie drogowym, [w:] Dzieniszewski G., Kuboń M. (red.): Aktualne Problemy Transportu, ISBN 978-83-60184-97-4, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 63-76, 2017.
- Karbownik L.: Metody oceny zagrożenia finansowego przedsiębiorstw sektora TSL w Polsce, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, ISBN 978-83-8088-588-2, Łódź, 2016.
- Kłóskar. (red.): Infrastruktura transportowa i cyfrowa jako czynnik regionalnego i lokalnego rozwoju gospodarczego, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN 978-83-7972-412-3, Szczecin, 2020.
- Kordel Z. (red.): Polski transport samochodowy ładunków, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-283-5, Warszawa, 2019.
- Kordel Z., Kuriata A.: Logistyka i transport w ujęciu systemowym, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-138-8, Warszawa, 2018.
- Kulińska E.: Systemy informatyczne a rozwiązywanie problemów funkcjonalnych przedsiębiorstw transportowo-spedycyjnych, Ekonomiczne problemy usług, ISSN 1896-382X, Politechnika Opolska, nr 122, s. 309-318, 2016.
- Łącka I., Suproń B.: Polski transport drogowy ładunków w Unii Europejskiej. Stan obecny i perspektywy, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-348-1, Warszawa, 2020.
- Marciniak-Neider D., Neider J. (red.): Podręcznik spedytora: Transport, Spedycja, Logistyka, Polska Izba Spedycji i Logistyki, Tom 1 i 2, ISBN 978-83-924234-3-0, Gdynia, 2011.
- Neider J.: Transport międzynarodowy, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2012.
- Palczevska A., Barwiński S., Borowiecki Ł.: Znaczenie Giełdy Transportowej dla współczesnych przedsiębiorstw produkcyjnych, transportowych i spedycyjnych na przykładzie giełdy Trans.eu, [w:] Czajkowska M., Malarski M. (red.): Funkcjonowanie e-biznesu, Zasoby, procesy, technologie, Seria Zarządzanie, <http://dx.doi.org/10.18778/8088-106-8.12>, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2015, s. 121-133, 2015.
- Paszkiwicz B.: Systemy giełdowe w logistyce - materiały szkoleniowe 2019 [<http://projekt-zpu.sggw.pl/wp-content/uploads/2019/01/Systemy-gieldowe-w-logistyce.pdf>](dostęp: 21.10.2021r.)
- Regulation (EU) No 1315/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network and repealing Decision No 661/2010/EU Text with EEA relevance, OJ L 348, 20.12.2013, p. 1–128.
- Rucińska Danuta red.: Rynek usług transportowych w Polsce, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA, ISBN 978-83-208-2201-4, Warszawa, 2015.
- Safekr., Grondys K.: Uwarunkowania nowoczesnych technologii ICT wspierających działalność przewozową w transporcie drogowym, Autobusy : technika, eksploatacja, systemy transportowe, r.18, nr 12, str. 1592-1596, CD, 2017.
- Sosnowski J., Nowakowski Ł.: Innowacje kreujące nowe wartości w transporcie samochodowym, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, ISBN 978-83-8142-881-1, Łódź, 2020.

- Wasielewska-Marszałkowska I.: Spedycja współczesnych łańcuchów dostaw, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-7556-678-9, Warszawa, 2014.
- Węgorowski K., Rokicki T.: Organizacja procesu spedycji samochodów, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, *Ekonomika i Organizacja Logistyki*, vol.2 (3), s. 93-102, 2017.
- Wierzejski T., Kędzior-Laskowska M.: Transport i spedycja, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ISBN 978-83-63041-74-8, Olsztyn, 2014.
- Wojewódzka-Król K. (red.): Innowacje w transporcie, Zrównoważony rozwój. Integracja gałęzi transportu, Sztuczna inteligencja. Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-21503-3, Warszawa, 2021.
- Wojewódzka-Król K., Rolbieckir.: Infrastruktura transportu, Europa, Polska – teoria i praktyka, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-19690-5, Warszawa, 2018.
- Wyrwińska K., Wyrwiński M.: Platformy internetowe, jako narzędzia ekonomii współdzielenia, *Transformacje Prawa Prywatnego*, ISSN 1641-1609, nr 2, s. 91-112, 2018.
- Załoga E. (red.): Europejska przestrzeń transportu, Wyzwania, Zeszyty Naukowe nr 741, *Problemy Transportu i Logistyki* nr 18, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN ISSN 1640-6818, Szczecin, 2012.
- Załoga E., Liberacki B. (red.): Innowacje w transporcie, Korzyści dla użytkownika, Zeszyty Naukowe nr 603, *Ekonomiczne Problemy Usług* nr 59, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISSN 1640-6818, Szczecin 2010
- https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Road_freight_transport_by_journey_characteristics#Empty_runnings
- https://en.wikipedia.org/wiki/Freight_exchange
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Teleroute>
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52015DC0192&from=PL>
- <https://gadzetomania.pl/3916,minitel-francuski-pomysl-na-internet-bez-internetu>
- <https://geoforum.pl/news/30322/ue-zamawia-satelity-galileo-nowej-generacji>
- <https://help.trans.eu/l/pl>
- <https://help.trans.eu/l/pl/awizacje>
- <https://help.trans.eu/l/pl/dodatkowe-uslugi>
- <https://help.trans.eu/l/pl/faktury>
- <https://help.trans.eu/l/pl/flota>
- <https://help.trans.eu/l/pl/frachty>
- <https://help.trans.eu/l/pl/gielda-ladunkow>
- <https://help.trans.eu/l/pl/gielda-pojazdow>
- <https://help.trans.eu/l/pl/komunikator>
- <https://help.trans.eu/l/pl/kontrahenci>
- <https://help.trans.eu/l/pl/mapy>
- <https://help.trans.eu/l/pl/monitoring>
- <https://help.trans.eu/l/pl/nadwozia>
- <https://help.trans.eu/l/pl/oceny>
- <https://help.trans.eu/l/pl/platnosci>
- <https://help.trans.eu/l/pl/reguly-automatyczne>
- <https://help.trans.eu/l/pl/stale-trasy-dla-zaladowcow>
- <https://help.trans.eu/l/pl/transrisk>
- <https://help.trans.eu/l/pl/zlecenia>
- <https://logistyczny.com/aktualnosci/wymiana-doswiadczen/item/4566-cyfrowa-redukcja-co2-w-transporcie>
- https://pl.wikipedia.org/wiki/Historia_Internetu
- <https://pl.wikipedia.org/wiki/ARPANET>
- https://pl.wikipedia.org/wiki/World_Wide_Web

https://pl.wikipedia.org/wiki/Serwis_internetowy
https://pl.wikipedia.org/wiki/Internet_w_Polsce
<https://pl.wikipedia.org/wiki/Polbox>
<https://pl.wikipedia.org/wiki/Gielda>
https://pl.wikipedia.org/wiki/New_York_Stock_Exchange
<https://pl.wikipedia.org/wiki/Minitel>
https://pl.wikipedia.org/wiki/Thomson_TO7
https://pl.wikipedia.org/wiki/Motorola_6809
<https://teleroute.com/pl-pl/o-nas/>
<https://www.alpegagroup.com/pl/o-nas/>
<https://www.edufinanse.pl/moje-finanse/news-gielda-czyli-historia-dluzsza-niz-myslisz,nId,2313793>
<https://www.obserwatorfinansowy.pl/bez-kategorii/rotator/polska-najwiekszym-przewoznikiem-w-transporcie-drogowym-ue/#fullimg0>
<https://www.returnloads.net/>
<https://www.timocom.pl/firma/o-nas>
<https://www.timocom.pl/system-smart-logistics>
<https://www.trans.eu/pl/>
<https://www.trans.eu/pl/blog/tfc/nowosc-gielda-trans-eu-w-wersji-online/>
<https://www.trans.eu/pl/blog/tfc/smartmatch-nie-tylko-gielda/>
<http://www.transportengineer.org.uk/transport-engineer-news/online-freight-exchange-now-features-free-vehicle-tracking/110893/>
<https://www.truckitransport.pl/808-no-kto-ma-najwiecej-ciezarowek-w-europie>
<https://www.truck.pl/pl/article/1296/ladunki-załatwiane-w-sieci-rośnie-znaczenie-elektronicznych-giełd-transportowych>

*Adres do korespondencji: e-mail: slawomir.juscinski@up.lublin.pl
ORCID: Sławomir Juściński 0000-0002-2692-9083*

PROGRAMY WMS, JAKO PRZYKŁAD KOMPLEKSOWYCH SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH DO OBSŁUGI LOGISTYKI MAGAZYNOWEJ I DYSTRYBUCYJNEJ

Sławomir Juściński¹

¹ Zakład Logistyki i Zarządzania Przedsiębiorstwem, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wstęp

Nowoczesne powierzchnie magazynowe spełniają kluczową rolę w funkcjonowaniu łańcuchów logistycznych na wszystkich poziomach od rynków krajowych po globalny. Istotą funkcjonowania działalności magazynowej jest przyjmowanie strumieni dostaw surowców, materiałów i wyrobów gotowych oraz ich przechowywanie do czasu realizacji procesu przekazania na potrzeby produkcji lub dystrybucji. Stosownie do poziomu rotacji następuje przygotowanie do wydania i obsługa wysyłki zasobów, zgodnie ze specyfikacją realizowanych zleceń^{1,2,3,4}.

Istotnym problemem dla logistyki magazynowej i dystrybucyjnej jest wysoki, ale niestabilny poziom podaży i popytu, problem sezonowości oraz nierównowaga w tych obszarach wywołana przez bieżące zdarzenia i zjawiska społeczne oraz gospodarcze. Wyzwaniem dla systemów zarządzania powierzchniami magazynowymi jest zapewnienie takiego poziomu obsługi, który jest stosowny do bieżących potrzeb rynku^{5,6}. Należy podkreślić, że funkcjonowanie magazynów podlega ocenie ekonomicznej, stąd kluczowe jest zagadnienie poziomu wydajności pracy, jakości świadczonych usług, generowanych kosztów stałych i zmiennych,

¹ Cieśla M., Hat-Garncharz G., Opaśiak T., Nowakowski P.: Logistyka w łańcuchach dostaw, Wybrane zagadnienia, Wyd. Politechniki Śląskiej, ISBN 978-83-7880-422-2, Gliwice, 2017.

² Krzyżaniak S., Niemczyk A., Majewski J., Andrzejczyk P.: Organizacja i monitorowanie procesów magazynowych, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN 978-83-63186-76-0, Poznań, 2014.

³ Galińska B.: Gospodarka magazynowa, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-8085-340-9, Warszawa, 2016.

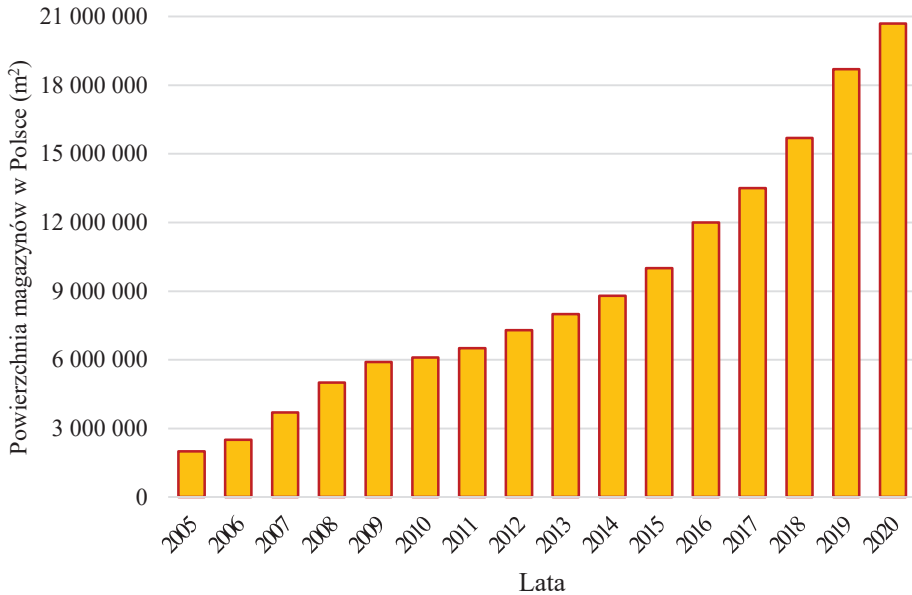
⁴ Ciesielski M., Długosz J.: Strategie łańcuchów dostaw, PWE, Warszawa 2010.

⁵ Januła E., Kasińska M., Kwiatkiewicz P., Laskowski M.: Zapasy i magazynowanie, Wyd. As Pik, ISBN 978-83-66264-17-5, Warszawa, 2020.

⁶ Tundys B., Rzeczycki A., Drobiazgiewicz J.: Decyzje strategiczne w łańcuchach dostaw, Wyd. edu-Libri, ISBN 978-83-65648-53-2, Kraków-Legionowo, 2018.

posiadanej infrastruktury technicznej oraz użytkowanych systemów informacyjnych i informatycznych, a w posumowaniu końcowym rentowności prowadzonej działalności rynkowej^{7,8,9,10}.

Od momentu wejścia Polski do Unii Europejskiej rozpoczął się intensywny rozwój krajowego rynku nowoczesnych powierzchni magazynowych. Położenie geograficzne na głównych szlakach handlowych łączących Europę i Azję spowodowało, że międzynarodowe firmy rozpoczęły ekspansję gospodarczą w Polsce, a rosnący popyt generował kolejne inwestycje w centra logistyczne^{11,12}.



Rys. 1. Rynek nowoczesnych powierzchni magazynowych w Polsce w latach 2005-2020 w mln m²

Źródło: Opracowanie własne na podstawie <https://polskiprzemysl.com.pl/raporty/rynek-magazynowy-w-polsce/>

⁷ Dudziński Z., Poradnik organizatora gospodarki magazynowej w przedsiębiorstwie, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2012.

⁸ Dudziński Z.: Vademecum organizacji gospodarki magazynowej, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk 2011.

⁹ Grzybowska K.: Gospodarka zapasami i magazynem, Część 2. Zarządzanie magazynem, Wyd. Difin SA, Warszawa 2010.

¹⁰ Januła E., Truś T.: ABC magazyniera, Wydawnictwo i Handel Książkami KaBe, ISBN 978-83-89387-83-7, Krosno, 2010.

¹¹ Kucharczyk R.: Centra logistyczne – istota, zadania, funkcje, Logistyka - Nauka, nr 3, s. 3490-3495, CD, 2014.

¹² Miklińska J.: Rola centrów logistycznych w łańcuchach dostaw – wybrane problemy, Logistyka, nr 3, Poznań, s. 1583-1590, CD, 2012.

Rynek nowoczesnych powierzchni magazynowych w Polsce w latach 2005-2020 wykazywał trwały trend wzrostowy, którego dynamika była najwyższa na przestrzeni ostatnich sześciu lat. Od momentu akcesji dostępne powierzchnie magazynowe zostały rozbudowane o ponad 1000%, osiągając poziom 20,7 mln m², a także zmienił się sam charakter funkcjonowania rynku. W początkowym okresie deweloperzy i banki inwestowały w obiekty o charakterze spekulacyjnym^{13,14,15}. Obecnie krajowy rynek magazynów w centrach logistycznych to praktycznie inwestycji w systemie „*built-to-suit*” (BTS). Powstające magazyny to tzw. „obiekty szyte na miarę”, czyli najemca otrzymuje od dewelopera obiekt z takim wyposażeniem technicznym i informatycznym, które odpowiada dokładnie jego potrzebom i oczekiwaniom^{16,17,18}.

Produktem podstawowym w ofercie rynkowej deweloperów w Polsce są magazyny wielkopowierzchniowe. Moduły liczące ponad 10 000 m² w klasie „A” określane są, jako „*Big Box*”^{19,20}. Największym rynkiem magazynowym w kraju w 2020 r. były województwa:

- mazowieckie, które dysponuje ponad 5 mln m² powierzchni,
- śląskie posiadające 3,9 mln m² powierzchni;
- łódzkie oferujące 3,2 mln m² powierzchni,
- dolnośląskie wynajmujące 2,6 mln m² powierzchni,
- wielkopolskie zarządzające 2,3 mln m² powierzchni.

Ważnym parametrem ilustrującym kondycję rynku magazynowego jest wskaźnik pustostanów, czyli powierzchni, które nie znalazły najemcy. Na przestrzeni 2020 r. wskaźnik pustostanów magazynowych w kraju obniżył się do poziomu 6,6%. Średnie czynsze bazowe dla nowoczesnych obiektów w największych krajowych centrach logistycznych w 2020 r. były na porównywalnym poziomie. Dla magazynów typu „*Big Box*” mieściły się w przedziale od 2,75 do 3,75 EUR/m² powierzchni. Wyjątek stanowiły typowe magazyny miejskie określane, jako „*last mile*” oraz *Small Business Unit* (SBU), czyli obiekty o zdecydowanie mniejszej powierzchni niż tradycyjne moduły magazynowe, rzędu 2 000 – 2 500 m². W przypadku takich ofert stawki były zazwyczaj wyższe, często powyżej 4 EUR/m² powierzchni, a na terenie Warszawy przekraczały 5 EUR/m² powierzchni.

¹³ Skowron-Grabowska B.: Centra logistyczne w łańcuchu dostaw, Wyd. PWE Warszawa 2010.

¹⁴ Śliwczyński B., Koliński A.: Organizacja i monitorowanie procesów dystrybucji, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN 978-83-63186-64-7, Poznań, 2013.

¹⁵ Fechner I.: Centra logistyczne i ich rola w procesach przepływu ładunków w systemie logistycznym Polski, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Zeszyt 76 Transport, s. 19-32, Warszawa 2010.

¹⁶ Kowalska-Napora E.: Infrastruktura logistyczna, Wyd. Economicus, ISBN 978-83-60606-80-3, Szczecin, 2015.

¹⁷ Juściński S.: Analiza rynku nowoczesnych powierzchni magazynowych w centrach logistycznych, [w:] Dzienniszewski G., Kuboń M. (red.): Logistyka dla regionu, ISBN 78-83-64377-27-3, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 123-141, 2018.

¹⁸ Nowak I.: Rynek powierzchni logistycznych w Polsce w opinii jego uczestników, Logistyka, Instytut Logistyki i Magazynowania, nr 6, Poznań, s. 34-39, 2017.

¹⁹ Rosa G., Jedliński M., Chraćhol-Barczyk U., (red.): Marketing usług logistycznych, Wyd. C.H. Beck, ISBN 978-83-255-9093-2, Warszawa, 2017.

²⁰ Dyczkowska J.: Marketing usług logistycznych, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-7930-240-6, Warszawa, 2014.

Generalnie opłaty w Polsce za wynajem powierzchni magazynowych nadal były jednymi z najniższych stawek na terenie całej Europy^{21,22}. Rynek powierzchni magazynowych w UE jest nie tylko większy, ale także znacznie droższy od rynku polskiego. W Niemczech najniższe stawki za wynajem były w przedziale od 5,5 do 6 EUR/m² powierzchni w Kolonii i Dusseldorfie, ale w Monachium, które jest najdroższym rejonem Niemiec, czynsz za „*Big Box*” w obiekcie klasy „A” to już 6,8 do 7,2 EUR/m² powierzchni. Rekordowe stawki za wynajem wielkopowierzchniowych magazynów są dyktowane w Wielkiej Brytanii i krajach skandynawskich. Najdroższe miasto w aspekcie wynajmu magazynów to Londyn, gdzie opłaty za wielkopowierzchniowe magazyny były na poziomie nawet 15,8 EUR/m² powierzchni, czyli trzy razy drożej niż na terenie Warszawy. Bardzo dynamiczny rozwój rynku *e-commerce*, atrakcyjne czynsze oraz nadal względna łatwość w pozyskiwaniu kolejnych gruntów pod inwestycje magazynowe, stanowią dla międzynarodowych firm argument do budowy własnych magazynów. Firmy takie, jak Amazon.com, Inc., amerykańskie przedsiębiorstwo handlowe prowadzące największy na świecie sklep internetowy oraz potentat na rynku europejskim Zalando SE, czyli niemiecki wysyłkowy sklep internetowy, przenoszą swoje łańcuchy dostaw do Polski. Integralną częścią tych zmian jest budowa sieci wielkoformatowych magazynów dystrybucyjnych do obsługi zamówień składanych online z Europy Wschodniej i Środkowej²³.

Krajowe logistyczne centra magazynowe to praktycznie obiekty powstałe w XXI wieku, a ich położenie na szlakach i korytarzach transportowych Europy powoduje, że są nadal rozbudowywane stosownie do trendów rynkowych. Jednym z najważniejszych jest zjawisko *cross-border*, czyli handlu transgranicznego między różnymi krajami lub z udziałem osób z różnych krajów. Rynek globalnego handlu elektronicznego mającego obroty na poziomie liczonemu w miliardach USD, stanowi przyszłość biznesu i potrzebuje wielkopowierzchniowych magazynów^{24,25}.

Informatyczne systemy zarządzania magazynami stanowią podstawowy element w infrastrukturze nowoczesnych centrów logistycznych. Przyjęcie na magazyn ładunków, a następnie ich kompletacja zgodna z zapotrzebowaniem stanowi obszar szerokiego wykorzystania systemów telematycznych. Należy podkreślić, że telematyka to połączenie rozwiązań telekomunikacyjnych, informatycznych i informacyjnych, aby uzyskać wsparcie przy obsłudze fizycznej systemów magazynowych²⁶. Kompletacja to kompilacja zgodnie ze specyfikacją na zamówieniu sprzedaży lub zleceniu produkcyjnym wybranych rodzajów artykułów.

²¹ <https://polskiprzemysl.com.pl/raporty/rynek-magazynowy-w-polsce/>

²² <https://magazyny.pl/blog/raporty/kolejny-rok-i-kolejne-wzrosty-polskiego-ryнку-magazynowego/>

²³ <https://obserwatorlogistyczny.pl/2021/09/11/rynek-magazynowy-w-europie-jest-bardzo-zroznicowany-cenowo/>

²⁴ <https://www.parp.gov.pl/component/content/article/57681:konferencja-cross-border-e-commerce-wielki-potencjal-i-praktyka>

²⁵ Łapko A., Wagner N.: *Logistyka dystrybucji, Trendy – Wyzwania – Przykłady*, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-516-4, Warszawa, 2021.

²⁶ Juściński, S.: *Analiza systemów telematycznych stosowanych w logistyce magazynowej i dystrybucyjnej*, [w:] Dzieniszewski G., Kuboń M. (red.): *Logistyka dziś i jutro*, Mechatronika i Telematyka w Logistyce, ISBN 978-83-64377-440, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 99-114, 2019.

Istotny dla tego etapu prac magazynowych jest czas i niezawodność przy pobraniu ściśle określonych ilości każdej pozycji zlokalizowanej na magazynie.

Ważne jest także systemowe ujęcie obsługi strumieni dostaw towarów, które na etapie transportu zewnętrznego i wewnętrznego wymagają efektywnego zabezpieczenia. Ładunkoznawstwo stanowi jeden z priorytetów w procesie właściwego przygotowania magazynowych systemów logistycznych do spełnienia wymagań współczesnego rynku. Różnorodność ładunków przemieszczanych przez kolejne ogniwa w sieci logistycznej dotyczy zarówno dostaw na produkcję, jak i dystrybucji. Skuteczne metody i techniki ich właściwego zabezpieczenia, to element funkcjonowania nowoczesnych magazynów^{27,28}.

Roboty AGV (*ang. Automated Guided Vehicles*), czyli samojezdne wózki transportowe stanowią przykład nowoczesnych rozwiązań, wprowadzanych do systemu obsługi magazynów. Są to niewielkie pojazdy, które wykonują czynności transportowe po wyznaczonych trasach. Programowane są zdalnie, a informacje o trasach przejazdu otrzymują za pomocy *beaconów*, które są rozmieszczonych wzdłuż torów na magazynie. *Beacony* to małe urządzenia wysyłające sygnały radiowe, które komunikują się z innymi urządzeniami mobilnymi za pomocą łącza *Bluetooth*. Roboty AGV mają bezpośrednią łączność z systemem WMS, co umożliwia nadzór na całym procesem kompletacji towarów.

Technologia na obecnym etapie rozwoju oferuje dowolność w doborze przejazdu na istniejących trasach, a tym samym wysoki poziom manewrowania robotami. Ładowność takich pojazdów może być dostosowana do potrzeb magazynu w szerokim przedziale od kilku kilogramów do nawet kilku ton. Autonomiczne wózki widłowe, to wersja wózków transportowych wyposażona w systemy do zdalnego sterowania. W pojazdach tego typu stosowane są elementy sztucznej inteligencji rozpoznawania i kontroli przestrzeni, co pozwala obsługiwać część procesów transportu przy przemieszczaniu towarów pomiędzy przestrzenią rozładunkową, a terenem magazynu. Autonomiczne wózki widłowe to przyszłość dla prac magazynowych, w której brak operatorów będzie podwyższał poziom bezpieczeństwa pracy przy jednoczesnym wzroście wydajności^{29,30,31}.

Logistyka 4.0 narzuca nowy model współpracy, łączący całą branżę magazynową, produkcyjną, spedycyjną i transportową³². Obsługa transportowa dostaw na magazyn wspierana jest inteligentną rezerwacją za pomocą oprogramowania wykorzystującego dane w czasie rzeczywistym. *Smart Booking*, podobnie jak wszystkie moduły programu TMS firmy Alpega, funkcjonuje w chmurze, co oznacza brak potrzeby w zakresie konfiguracji programu.

²⁷ Jałowiec T., (red.): Ładunkoznawstwo dla logistyki, Wybrane problemy, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-66491-31-1, Warszawa, 2021.

²⁸ Kordel Z., Kuriata A.: Logistyka i transport w ujęciu systemowym, CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-138-8, Warszawa, 2018.

²⁹ <https://platformalogistyczna.com/autonomiczne-pojazdy-w-magazynach/>

³⁰ Wyrwich-Płotka S.: Wirtualna praca w łańcuchu dostaw, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-8085-649-3, Warszawa, 2018.

³¹ Choromański W., Grabarek I., Kozłowski M., Czerepicki A., Marczuk K.: Pojazdy autonomiczne i systemy transportu autonomicznego, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-21102-8, Warszawa, 2020.

³² Klóska R. (red.): Infrastruktura transportowa i cyfrowa jako czynnik regionalnego i lokalnego rozwoju gospodarczego, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN 978-83-7972-412-3, Szczecin, 2020.

Taki typ współpracy pomiędzy magazynem i firmą transportową pozwala uzyskać bieżące informacje o przyjazdach ciężarówek i powiadomienia o opóźnieniach, automatyczne przypisywanie pojazdów do wolnych miejsc rozładunku, a tym samym skrócony czas oczekiwania i wyższy poziom współpracy³³.

Logistyka magazynowa obsługująca produkcję obejmuje przepływ surowców, produkcji w toku i wyrobów gotowych, stąd jej niezawodność stanowi podstawę dla efektywnej realizacji zadań wytwórczych. Powszechną metodą, która w istotnym zakresie podwyższa wymagania w stosunku do zarządzania procesami magazynowymi jest realizacja oprócz tradycyjnej produkcji na magazyn, także montażu na zamówienie, produkcji na zamówienie, a nawet projektowania wyrobu na zamówienie. Każdy z tych etapów wyznacza coraz wyższy poziom wymagań dla całego systemu logistycznego przedsiębiorstwa. Są to wyzwania organizacyjne i ekonomiczne ponieważ w zależności od rodzaju procesu, dopiero produkcja w partiach powyżej pewnej ilości daje korzyści ekonomiczne. Istotna jest taka obsługa magazynowa, aby uzyskać korzystne proporcje pomiędzy kosztami przygotowania i przechowywania, a ceną sprzedaży³⁴.

Czwarta rewolucja przemysłowa (*niem. Industrie 4.0*) jako szeroka koncepcja promująca informatyzację i cyfryzację procesów przemysłowych, logistycznych i usługowych promuje łączenie automatyzacji, przetwarzania i wymiany danych oraz technik wytwórczych. Na każdym etapie od tworzenia koncepcji, projektowania, realizacji i użytkowania zakładów przemysłowych i magazynów oznacza to potrzebę wykorzystania nowoczesnych narzędzi informatycznych, aby szybko i skutecznie dostosowywać się do wymagań rynku. Optymalizacja powierzchni magazynowych może być realizowana już na etapie ich projektowania. Wielkość i struktura budowli magazynowych, ich wyposażenie i funkcje mogą być uwzględnione dzięki wykorzystaniu narzędzi do modelowania i symulacji 3D w specjalistycznych programach informatycznych³⁵.

Systemy zarządzania magazynem

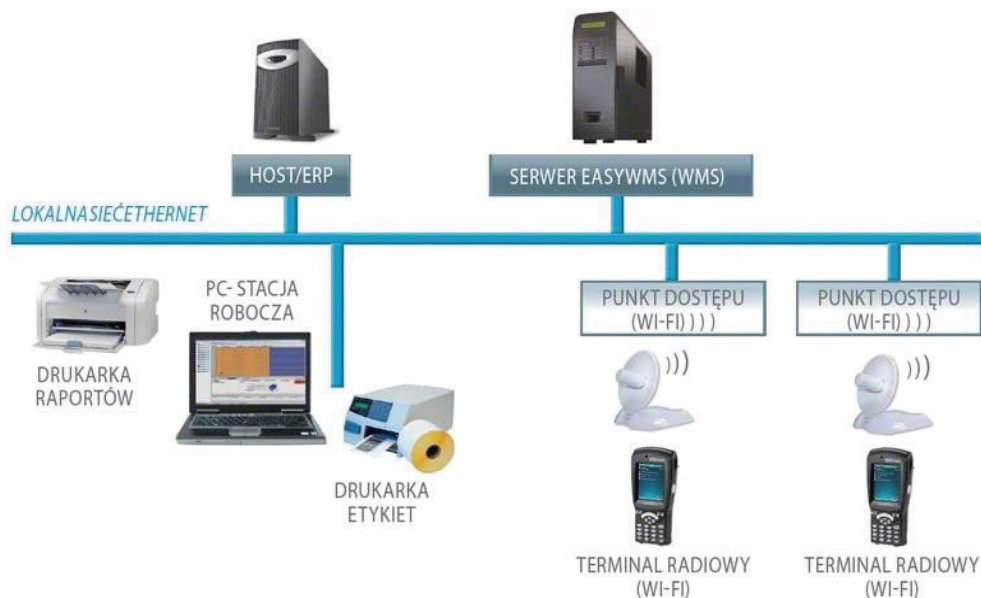
Oprogramowanie zarządzające magazynem WMS (*ang. Warehouse Management Software*), stanowi narzędzie informatyczne, którego głównym celem jest zaawansowane zarządzanie realizacją codziennych operacji magazynowych. W ramach kompleksowego zarządzania przepływem towarów oraz informacji w magazynie wykonywane są czynności kontroli procesów i stanów, koordynacji i optymalizacji działań, nadzoru nad procesami i operacjami oraz zadaniami wykonywanymi przez poszczególnych pracowników. Do funkcji podstawowych zalicza się zarządzanie: przyjęciami, lokalizacją, kontrolą stanu magazynowego i wydań towarów. W zależności od potrzeb możliwy jest systemowy nadzór nad magazynem za pośrednictwem interfejsu na urządzeniu przenośnym w postaci skanera lub tabletu lub na pulpicie stacjonarnego PC. Programy WMS opracowane zostały do zarządza-

³³ <https://www.alpegagroup.com/en/tms/solutions/smart-booking/>

³⁴ Strandhagen, J.O., Vallandingham, L.R., Fragapane, G. et al.: Logistics 4.0 and emerging sustainable business models, *Advances in Manufacturing*, 5, s. 359–369, <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>, 2017.

³⁵ Jacyna M., Bobiński A., Lewczuk K.: Modelowanie i symulacja 3D obiektów magazynowych, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-19551-9, Warszawa, 2017.

nia magazynami wysokiego składowania lub nowoczesnymi centrami logistycznymi. Obecnie aplikacje do zarządzania magazynami są standardowym, powszechnie stosowanym elementem wyposażenia informatycznego użytkowanym przez podmioty produkcyjne, dystrybucyjne lub pracujące na rynku, jako operator logistyczny. Są one częścią systemu, którego najważniejszym zadaniem jest optymalizacja procesów logistycznych zarówno w magazynie, jak i skuteczne wsparcie działań mających na celu utrzymanie konkurencyjności całego firmowego łańcucha dostaw dystrybucyjnych. Aplikacje tego typu są programami dedykowanymi do warunków i zadań w magazynach, ale mogą posiadać różne poziomy funkcjonalne i zakresy opracowania danych^{36,37,38,39,40,41}.



Rys. 2. Schemat struktury funkcjonowania oprogramowania WMS opracowany przez firmę MECALUX SA dla zarządzania procesami w jednym magazynie

Źródło: <https://www.mecalux.pl/podrecznik-magazynowania/magazyn/co-to-jest-wms>

Przykład struktury, w której użytkowane jest oprogramowanie magazynowe klasy WMS opracowane przez firmę MECALUX SA ilustruje rys. 2. System wykorzystuje lokalną sieć Ethernet do połączenia urządzeń funkcjonalnych z serwerem programu Easy WMS. Standar-

³⁶ <https://platformalogistyczna.com/nowoczesne-zarzadzanie-magazynem-czyli-systemy-wms/>

³⁷ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/wms-system>

³⁸ <https://quantum-software.com/system-wms-pro-qguar/>

³⁹ <https://system.wms.net.pl/system-wms/>

⁴⁰ <https://www.streamsoft.pl/system-wms/>

⁴¹ <https://www.psi.pl/pl/oferta/logistyka/zarzadzanie-magazynem-wms/psiwms-e-combox/>

dowym rozwiązaniem jest integracja z systemem ERP, będącym centralnym systemem zarządzania przedsiębiorstwem, aby uzyskać bezpośrednią wymianę danych i tym samym kompleksowo zautomatyzować przepływ towarów w magazynie. Firma MECALUX SA, to lider posiadający ponad 50-letnie doświadczenie na rynku systemów magazynowych, który zajmuje trzecią pozycję w światowym rankingu swojego sektora. Firma projektuje, produkuje korzystając z najbardziej zaawansowanych technologii przemysłowych, sprzedaje oraz świadczy działalność usługową w ponad 70 krajach. Specjalizuje się w magazynach wysokiego składowania, automatyce magazynowej oraz regałach metalowych stosowanych w różnych systemach składowania⁴². Firma Quantum Qguar od ponad 25 lat oferuje systemy informatyczne dla przedsiębiorstw w zakresie logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw. Innowacyjność w działaniu pozwoliła jej zdobyć pozycję wiodącego producenta specjalistycznego oprogramowania dla logistyki w Europie Środkowo-Wschodniej. Sztandarowym produktem firmy jest autorski pakiet oprogramowania QGUAR, czyli system klasy *Supply Chain Execution*, służący do zarządzania złożonymi strukturami produkcji, magazynowania i dystrybucji. System QGUAR posiada możliwość współpracy z różnymi systemami klasy ERP⁴³. PSI Polska Sp. z o.o. jest częścią międzynarodowego koncernu PSI Software AG świadczącego usługi od ponad 50 lat. Firma w oparciu o własne oprogramowanie dostarcza kompleksowe rozwiązania pozwalające efektywnie zarządzać m.in. łańcuchem dostaw, funkcjonowaniem magazynów, obsługą transportu oraz optymalizacją procesów intralogistycznych, czyli zarządzaniem i planowaniem zasobów⁴⁴.

Zarządzanie magazynami obejmuje cztery podstawowe obszary:

- Zarządzanie przyjęciami dotyczy realizacji czynności, które mają na celu wprowadzenie na stan magazynu produktów: pochodzących od dostawcy, przemieszczanych z innego magazynu, odbieranych z produkcji lub stanowiącego zwrot od nabywcy. W każdym przypadku przyjęcie poprzedzone jest ich fizyczną kontrolą (rodzaj, ilość, jakość, właściwości). Produkty odnotowane w systemie otrzymują status zapasów. Podczas przyjęcia towaru program WMS zarządza w pierwszej kolejności operacją odebrania, czyli przyjęcia artykułów konsolidowanych w pojemnikach na magazyn. Drugą funkcją procesu przyjęcia jest pobieranie danych logistycznych. Do programu WMS wprowadzane są informacje, które zapewniają identyfikację towaru na magazynie: oznaczenie partii, do której należy dany ładunek, numer seryjny, datę ważności, masę itp. Atrybut logistyczny w postaci numeru seryjnego istniejący w systemie, to podstawa weryfikacji, który towar jest wydawany i dostarczany do odbiorcy. Trzecią funkcją podczas przyjęć realizowaną przez WMS jest generowanie etykiet z kodami kreskowymi, które służą do kontroli rodzaju i ilości pozycji magazynowych podczas wydań i inwentaryzacji. System tworzy również raporty przyjęć oraz poprzez interfejs przekazuje do systemu ERP informacje o formalnym zamknięciu zleceń, co stanowi podstawę do ich rozliczenia księgowego^{45,46,47,48}.

⁴² <https://www.mecalux.pl/firma/prezentacja-firmy>

⁴³ <https://quantum-software.com/specjalizacja/>

⁴⁴ <https://www.psi.pl/pl/nasza-oferta/logistyka/>

⁴⁵ <https://www.mecalux.pl/podrecznik-magazynowania/magazyn/co-to-jest-wms>

⁴⁶ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/wms-system>

⁴⁷ <https://quantum-software.com/system-wms-pro-qguar/>

⁴⁸ <https://www.streamsoft.pl/system-wms/>

- Zarządzanie lokalizacją ma na celu zdefiniowanie najlepszego dla danych warunków położenia towaru, w zależności od jego rodzaju, właściwości, wymiarów, poziomu rotacji itp. Zarządzanie jest procesem, podczas którego program WMS stosuje zatwierdzone wcześniej modele obsługi magazynu. Ten typ operacji obejmuje trzy funkcje: lokalizację za pomocą reguł i strategii, *cross-docking*, uzupełnienie i konsolidację. Zarządzanie lokalizacją za pomocą reguł i strategii uwzględnia rotację artykułów, rodzaje pojemników używanych do konsolidacji towaru, rodzaje produktów, materiały niebezpieczne lub posiadające nietypowe: cechy, wygląd, wielkość itp. Metoda *cross-docking* w WMS służy do ograniczenia procesu przemieszczania ładunku. Dostarczony towar, dla którego istnieje bieżące zapotrzebowanie i jednocześnie brak zapasu jest kierowany do strefy kompletacji wprost ze strefy przyjęcia. Dopiero po kompletacji zamówienia nadwyżka towaru jest wprowadzana na magazyn. Zarządzanie uzupełnieniem i konsolidacją w WMS ma także na celu redukcję przemieszczania towaru w obrębie magazynu. Gdy magazyn posiada stanowiska kompletacji, a ilość produktów na nich jest niewielka, to w pierwszej kolejności tam trafia nowo dostarczony towar. Dopiero następne przyjęcia są przez system kierowane na docelową lokalizację w magazynie^{49,50,51,52}.



Rys. 3. Schemat struktury funkcjonowania oprogramowania WMS, opracowany przez firmę MECALUX SA dla zarządzania procesami w kilku magazynach

Źródło: <https://mecaluxpl.cdnwm.com/podrecznik-magazynowania/oprogramowanie-wms-procesy-magazynu.1.4.jpg>

⁴⁹ <https://www.mecalux.pl/podrecznik-magazynowania/magazyn/co-to-jest-wms>

⁵⁰ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/wms-system>

⁵¹ <https://quantum-software.com/system-wms-pro-qguar/>

⁵² <https://www.streamsoft.pl/system-wms/>

- Ważnym modulem w WMS jest zarządzanie kontrolą stanu magazynowego. Dzięki tej funkcji istnieje możliwość ustalenia w czasie rzeczywistym położenia, stanu oraz ilości towarów na magazynie. Program posiada funkcję wizualizacji mapy magazynu, na której zaznaczone są wszystkie lokalizacje z opisem towaru oraz jego pojemnika. Możliwe jest edytowanie informacji o: rodzaju lokalizacji, wymiarach, właściwościach i zawartości wybranych strefy magazynowych. Program zapewnia zarządzanie stanami magazynowymi w aspekcie zastosowania czasowej blokady towaru z powodu kwarantanny, uszkodzenia, rezerwacji itd. Program WMS automatycznie wykonuje obliczanie bieżącej rotacji artykułów, wspierając tym proces zarządzania. Ponadto na podstawie algorytmów i historii przyjęć oraz wydań tworzy i udostępnia dane na temat idealnej rotacji danego artykułu. Jest to element samodoskonalenia systemu, ponieważ pozwala skorygować rotację przypisaną artykułowi w kartotece materiałowej w przypadku, gdy z analizy danych wynika, że inny poziom rotacji posiada lepsze parametry ekonomiczne i/lub funkcjonalne. Program posiada także funkcję kontroli stanu magazynowego, czyli tzw. przeliczania i inwentaryzacji. Możliwa jest inwentaryzacja kompleksowa całego magazynu lub szczegółowa wybranego artykułu, pojedynczej lokalizacji lub strefy. Raporty z inwentaryzacji są automatycznie przekazywane do systemu ERP^{53,54,55,56,57}.
- *Warehouse Management System* zarządza procesami wysyłki w aspekcie opracowania zamówień od klientów, przesunięć do innych magazynów i zwrotów do dostawców. System umożliwia pełną kontrolę nad procesem wydania towarów. Czynności przygotowania ładunku do wydania z magazynu wymagają przede wszystkim grupowania zamówień oraz ich przypisania. Zarządzanie tym etapem wymaga kontroli nad sposobem realizacji zamówień i nad osobą wykonującą zlecenie. System zarządza m.in. przypisaniem doków wysyłkowych, sposobem grupowania zamówień, przydzieleniem operatorów wykonujących kompletację oraz czasem przeznaczonym na grupowanie artykułów. System WMS bardzo szczegółowo zarządza procesem kompletacji określając i wytyczając trasy, którymi mają podążać pracownicy wyznaczeni do konkretnego zadania oraz szczegółowo lokalizuje, a nawet wskazuje artykuły. Atutem zarządzania za pomocą WMS procesem kompletacji jest jej optymalizacja tak, aby wykonać zadanie w jak najkrótszym czasie i przy jak najmniejszej liczbie koniecznych czynności oraz długości trasy. Optymalizacja jest wykonywana przy zachowaniu wszystkich parametrów przypisanych do zamówienia, które od klienta zebrano wcześniej w systemie ERP. Następne obsługiwane procesy, to etykietowanie wysyłek, które umożliwia identyfikację paczek, rejestrowanie wydania oraz generowanie dokumentu *packing list* (spis pozycji dla zamówienia), dokumentów dla przewoźnika i raportów ewentualnych rozbieżności. Kolejnym krokiem zarządzanym przez WMS jest proces załadunku wysyłek na pojazdy i kontrola przydziału zamówienia.

⁵³ <https://www.mecalux.pl/podrecznik-magazynowania/magazyn/co-to-jest-wms>

⁵⁴ <https://quantum-software.com/system-wms-pro-qguar/>

⁵⁵ <https://www.streamsoft.pl/system-wms/>

⁵⁶ <https://www.psi.pl/pl/nasza-oferta/logistyka/>

⁵⁷ <https://www.optidata.pl/oprogramowanie/wms-optipromag/>

Za pomocą interfejsu łączącego dwa systemy WMS przekazuje do ERP informację o zamknięciu wysyłki z danymi o numerach i zawartości paczek, co stanowi wsparcie w procesie zarządzania relacjami z klientami^{58,59,60}.

Oprogramowanie magazynowe WMS firmy MECALUX SA zapewnia realizację procesu zarządzania w sposób kompleksowy oraz zintegrowany. Pozwala na systemowe objęcie nadzorem prac we wszystkich strefach w dowolnej wielkości magazynie, bez względu na ich charakter oraz rodzaj i ilość wykonywanych operacji, zarządzając kolejno działaniami w ramach procesów przyjęcia, przydziału lokalizacji i czynności wydania towaru. Zarządzanie magazynowe umożliwia objęcie wspólnym procesem wielu odrębnych metod obsługi towarów w niezależnych strefach m.in. regałów paletowych, automatycznych silosów z układnicami, poziomych magazynów karuzelowych. Program WMS pozwala na zarządzanie systemami kompletacji zamówień poprzez stosowanie wybranych metod typu *Pick to Light* i *Put to Light* lub technologii *Voice Picking* (kompletacja głosowa), a także zarządzanie procesem układania towaru w stosach przy kompletacji zamówień z uwzględnieniem ciężaru poszczególnych pozycji asortymentowych.

Funkcje kompleksowego wsparcia oferowane przez WMS, to^{61,62}:

- zarządzanie przepływem towarów do linii produkcyjnych i/lub montażowych w zakresie wydań i odbioru,
- zarządzaniu kilkoma magazynami jednocześnie np. magazynem centralnym, zależnym od niego magazynem regionalnym i podległymi mu magazynami detalicznymi, w sposób jednolity i całościowy, w celu optymalizacji wykorzystania zasobów i systemów komputerowych;
- zarządzanie całościowe integrujące pracę kilku odrębnych podmiotów gospodarczych w ramach jednego systemu magazynowego.

System *Easy WMS* firmy MECALUX SA to nowoczesne, o zmiennej skali działania i elastycznej strukturze oprogramowanie, posiadające szereg funkcji, które można dodatkowo rozbudować o moduły dedykowane do realizacji specjalistycznych zadań. Oprogramowanie pozwala na optymalizację procesów zarządzania, oferując algorytmy kontroli na poszczególnych etapach oraz koordynację działań w ramach innych systemów stosowanych w firmie.

Użytkowanie programów zarządzania magazynem przyspiesza i usprawnia procesy logistyczne, a dostępne moduły dodatkowe oferowane użytkownikom, to m.in.:

⁵⁸ <https://www.mecalux.pl/podrecznik-magazynowania/magazyn/co-to-jest-wms>

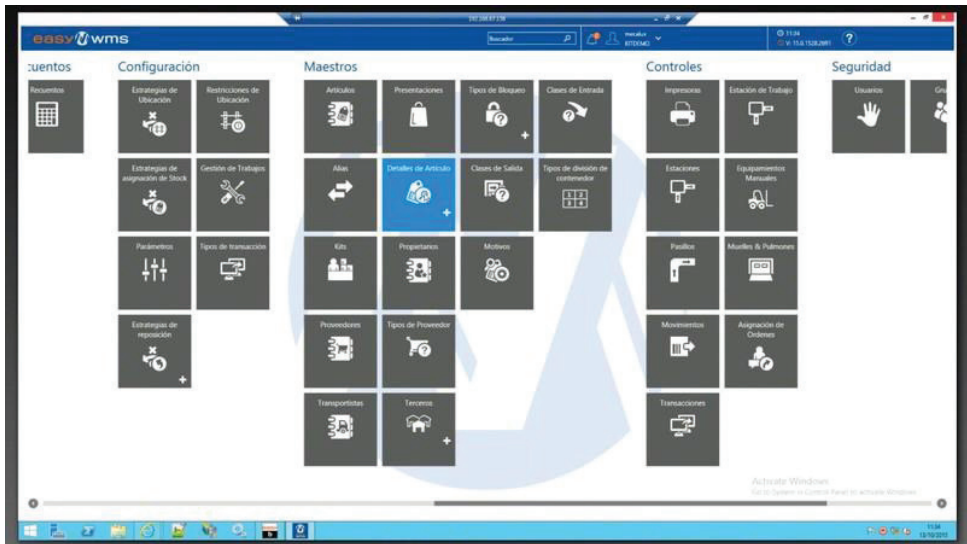
⁵⁹ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/wms-system>

⁶⁰ Juściński, S.: Analiza systemów telematycznych stosowanych w logistyce magazynowej i dystrybucyjnej, [w:] Dzieniszewski G., Kuboń M. (red.): Logistyka dziś i jutro, Mechatronika i Telematyka w Logistyce, ISBN 978-83-64377-440, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 99-114, 2019.

⁶¹ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/wms-system>

⁶² <https://quantum-software.com/system-wms-pro-guar/>

- WMS dla *e-commerce* – zapewnia optymalizację procesu i redukcję kosztów logistyki w zakresie strategii *omnichannel*, czyli współpracy wszystkich dostępnych kanałów dystrybucji i obsługi klienta w celu zapewnienia wygody podczas zakupów realizowanych drogą elektroniczną. Magazyn dla zamówień składanych drogą internetową musi przygotować wysyłki w jak najkrótszym czasie niezależnie od ich wielkości, dziennej liczby zleceń kompletacyjnych i bieżącego obciążenia obsługi magazynowej innymi zadaniami. Zapewnia kompletację z podziałem zamówień na *single-unit* metodą *cross-docking* oraz zamówień *multi-unit* metodą *just-in-time*. Do podstawowych korzyści, które zapewnia system WMS dla *e-commerce* należy zaliczyć^{63,64,65}:
 - uproszczoną i efektywną kompletację zapewniającą krótszy czas realizacji zlecenia,
 - wyeliminowanie pomyłek i błędów przy wysokiej wydajności pracy,
 - elastyczność i precyzyjne dostosowanie modułu do zmiennych obciążeń, możliwość rozbudowy aplikacji oraz jej adaptację do długofalowych zmian na rynku,
 - powiadamianie klienta o numerze przesyłki, który zapewnia jej śledzenia online;
 - redukcję czasu i kosztów, co gwarantuje szybki zwrot inwestycji.



Rys. 4. Zrzut ekranu platformy internetowej *Easy WMS* firmy MECALUX SA z intuicyjnym interfejsem, ułatwiającym zarządzanie procesami magazynowania

Źródło: <https://mecaluxpl.cdnwm.com/podrecznik-magazynowania/oprogramowanie-wms-procesy-magazynu.1.4.jpg>

- *Multi Carrier Shipping Software* – to zaawansowany moduł systemu *Easy WMS*, który automatyzuje i upraszcza bezpośrednią komunikację pomiędzy magazynem i firmami

⁶³ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/wms-system/ecommerce>

⁶⁴ <https://www.psi.pl/pl/oferta/logistyka/zarzadzanie-magazynem-wms/psiwms-e-combox/>

⁶⁵ <https://quantum-software.com/system-wms-e-commerce-qguar/>

transportowymi. Ma to na celu pełną koncentrację obsługi magazynu na zapewnieniu szybkiej i bezbłędnej obsługi klienta, co jest szczególnie ważne przy obsłudze zakupów w handlu internetowym. Podczas pakowania zamówień moduł automatycznie wykonuje wydruk etykiet wysyłkowych oraz listów przewozowych, dostosowując się do wzorów wymaganych przez wybrane firmy transportowe. Po zakończeniu pakowania przesyłki są grupowane dla poszczególnych przewoźników. Moduł dołącza do przesyłki także dodatkowe informacje niezbędne dla bezbłędnej dostawy: numer paczki w przesyłce zbiorczej, adres dostawy, dane kontaktowe oraz uwagi od odbiorcy.

Moduł spedycyjny *Multi Carrier Shipping Software* programu *Easy WMS* zapewnia automatyczną komunikację z firmami transportowymi w układzie⁶⁶:

- online, czyli kontakt z przewoźnikiem w czasie rzeczywistym, w celu przekazania informacji o przesyłce i uzgodnienia możliwości czasowych jej odbioru;
- offline, czyli kontakt poprzez komunikaty (wiadomości elektroniczne), które program *Easy WMS* w uzgodnionych odstępach czasowych generuje i wysyła do firmy transportowej.

Do podstawowych korzyści, które zapewnia *Multi Carrier Shipping Software* należy zaliczyć:

- systemową łączność z firmami transportowymi w czasie rzeczywistym,
 - wydajną obsługę spedycyjną wysyłki towarów,
 - kompleksową kontrolę nad całym procesem obsługi zamówienia,
 - integrację grupy przewoźników na jednej platformie,
 - automatyczne generowanie i wysyłanie numeru śledzenia przesyłki (*tracking number*),
 - łączenie w grupy zamówień stosownie do tras i wybranych firm przewozowych.
- *Store Fulfillment* – to moduł przeznaczony dla firm, dla których istotne jest monitorowanie w czasie rzeczywistym dostępności poszczególnych pozycji asortymentowych w magazynie i w sklepach. Zapewnia efektywne zarządzanie procesem zaopatrywania sklepów stacjonarnych dzięki synchronizacji stanów magazynowych i ewidencji przepływów pomiędzy magazynem centralnym, a siecią sklepów stacjonarnych. Umożliwia również synchronizację w całej sieci dystrybucji procesów kompletacji, uzupełniania stanów, przemieszczania produktów między sklepami oraz zwrotów i reklamacji. Do najważniejszych funkcji modułu *Store Fulfillment* należy zaliczyć^{67,68}:
 - połączenie systemu WMS z terminalami POS (*ang. „point of sale”*), czyli urządzeniami służącymi do przyjmowania płatności bezgotówkowych pomiędzy klientem a sprzedawcą za pomocą wszystkich rodzajów kart płatniczych oraz urządzeń mobilnych (telefonów i smartchwatchów);
 - zarządzanie magazynem typu *cash & carry* – systemem sprzedaży, w którym klient płaci gotówką i odbiera towar na swój koszt;
 - koordynacja przesunięć produktów pomiędzy sklepami i zwrotów,

⁶⁶ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/program-dla-spedycji>

⁶⁷ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/store-fulfillment>

⁶⁸ <https://sente.pl/teneum/wms/dodatki/>

- automatyczne generowanie zapotrzebowania w celu uzupełnianie towaru w sklepach na podstawie bieżącego poziomu zapasów, a tym samym brak ryzyka niedostępności towaru w sklepach;
 - szybką i sprawną inwentaryzację w sklepach oraz koordynację inwentaryzacji prowadzonej grupowo,
 - generowanie automatycznie raportów np. poziomu zapasów w poszczególnych sklepach lub poziomu bieżącej dystrybucji;
 - pełna widoczność (*ang. end-to-end*) całej sieci sprzedaży w czasie rzeczywistym.
- WMS do zarządzania produkcją – to moduł oferujący pełną integrację procesów zaopatrywania linii wytwórczych z magazynem oraz gwarancję identyfikacji podczas całego procesu produkcyjnego.
- Korzyści wynikające ze stosowania modułu, to^{69,70}:
- zarządzanie katalogiem produktów i listami materiałowymi BOM (*ang. Bill of Materials*), które stanowią wykaz wszystkich materiałów wykorzystywanych na etapie projektowania, produkcji oraz montażu określonego wyrobu;
 - monitorowanie i zarządzanie stanem magazynowym materiałów w czasie rzeczywistym oraz dostawy na produkcję zgodnie z metodą *just-in-time*;
 - eliminacja dokumentacji w formie papierowej, ponieważ interfejs sieciowy jest dostępny za pośrednictwem terminali radiowych i ekranów dotykowych;
 - konfiguracja linii produkcyjnych z możliwością tworzenia strefy buforowej surowca oraz strefy buforowej produktu końcowego;
 - zarządzanie zleceniami produkcyjnymi w aspekcie kompletacji i dostaw niezbędnych materiałów;
 - możliwość ręcznego zarządzania dostaw surowca na linię produkcyjną,
 - automatyczna rejestracja zużycia surowca na podstawie norm technologicznych,
 - wprowadzanie na stan magazynowy gotowych produktów,
 - śledzenie precyzyjne i ogólne, oznaczające dostęp do informacji o wszystkich partiach surowców, które mogły zostać użyte do wykonania wyrobu gotowego;
 - zamykanie zlecenia produkcyjnego za pomocą terminala radiowego, komputera lub tabletu z możliwością korekt wynikających z różnic w zużyciu materiału;
 - generowanie raportów dla zakończonego zlecenia produkcyjnego, wytworzonych wyrobów, wykorzystanych surowców oraz poziomu zapasów magazynowych.
- System zarządzania czasem pracy LMS (*ang. Learning Management System*) – to moduł służący do kontroli wydajności pracowników oraz wykrywania nieprawidłowości w wykorzystaniu czasu pracy. Korzyści wynikające ze stosowania modułu, to⁷¹:
- gromadzenie danych o czasie realizacji czynności bezpośrednich i pośrednich oraz kontrola wejść i wyjść,
 - tworzenie indywidualnego i grupowego standardu czasu niezbędnego dla wykonania poszczególnych prac,

⁶⁹ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/wms-system/zarzadzanie-produkcja>

⁷⁰ <https://www.psi.pl/pl/nasza-oferta/logistyka/optymalizacja-intralogistyki/>

⁷¹ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/zarzadzanie-czasem-pracy>

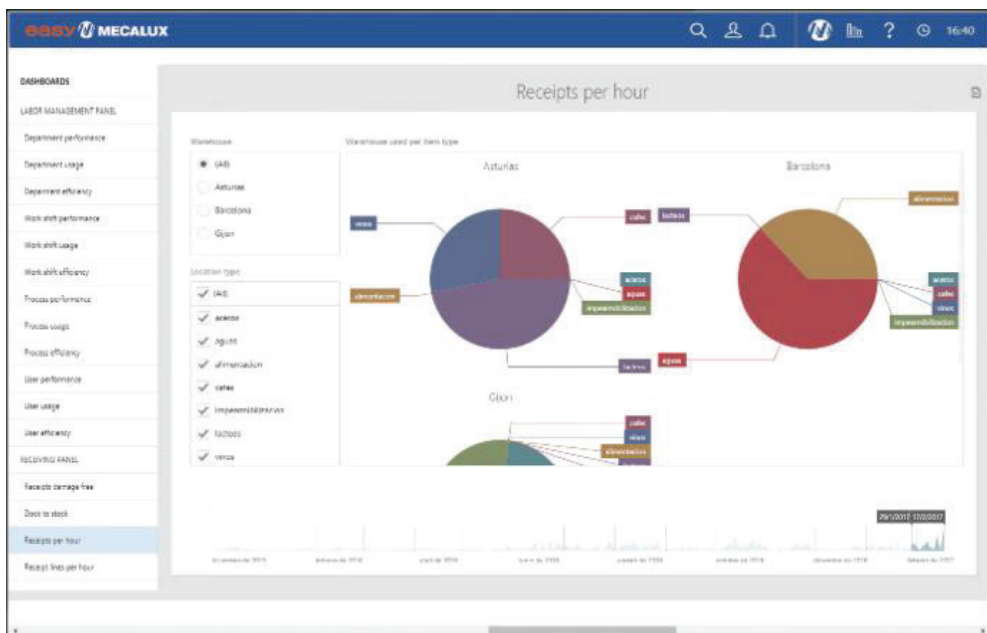
- konfiguracja tras w zależności od używanych urządzeń transportowych z użyciem mapy 3D magazynu,
 - opracowywanie współczynników zmęczenia podczas wykonywania poszczególnych prac,
 - planowanie zapotrzebowania na siłę roboczą w odniesieniu do poziomu prac,
 - informacja w czasie rzeczywistym dla poszczególnych pracowników o przypisanych im pracach i etapie ich realizacji,
 - generowanie szeregu raportów według poszczególnych wskaźników.
- *Marketplaces & Ecommerce Platforms Integration* – to moduł zapewniający połączenie systemu *Easy WMS* z głównymi internetowymi platformami handlowymi (*marketplaces*) oraz najbardziej popularnym oprogramowaniem sklepowym (*e-commerce platforms*) w celu usprawnienia realizacji zamówień w handlu elektronicznym. Głównym zadaniem modułu jest ułatwienie obsługi zamówień poprzez synchronizację oferty internetowej we wszystkich kanałach ze stanem towaru w magazynie stacjonarnym. Jest to szczególnie istotne w przypadku sprzedaży przez kilka kanałów internetowych, gdyż eliminuje błędy, które mogą wynikać z obsługi ręcznej zleceń. Moduł *Marketplaces & Ecommerce Platforms Integration* z uwagi na dynamiczne zmiany na rynku jest stale aktualizowany o nowe platformy i oprogramowanie *e-commerce*. Korzyści wynikające ze stosowania modułu, to⁷²:
- tworzenie i edytowanie produktów w bazie artykułów oraz ich usuwanie z tej bazy w czasie rzeczywistym,
 - bieżąca aktualizacja statusu zamówienia w magazynie i w kanale internetowym,
 - efektywne zarządzanie realizacją bieżących zamówień,
 - zapewnienie wymiany informacyjnej z firmą transportową i generowanie kodu do śledzenia wysłanej przesyłki.
- *Pallet Shuttle Integration* – to zaawansowana funkcja do integracji systemu *Pallet Shuttle* i systemu WMS w ramach jednego interfejsu. Zadaniem modułu jest usprawnienie i uproszczenie pracy operatora obsługującego wózek *Pallet Shuttle*. Dzięki możliwości korzystania z obu systemów na jednym tablecie operator odbierając polecenia z systemu zarządzania WMS może jednocześnie obsługiwać wózek podczas przykładania i pobierania produktów, inwentaryzacji produktów lub przestawiania palet w celu optymalnego wykorzystania powierzchni. Korzyści wynikające ze stosowania modułu, to przede wszystkim^{73,74}:
- wyższa efektywność pracy operatorów dzięki wykorzystaniu z jednego, intuicyjnego i funkcjonalnego interfejsu;
 - możliwość prostej kontroli parametrów i ustawień wózka w zakresie: poziomu naładowania akumulatora, trybu pracy (automatyczny lub ręczny) oraz bieżącej metodyki obsługi miejsc na regałach;
 - redukcja zbędnych ruchów na magazynie,

⁷² <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/marketplaces-ecommerce-platforms-integration>

⁷³ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/wms-system/integracja-pallet-shuttle>

⁷⁴ <https://sente.pl/teneum/wms/dodatki/>

- obsługa *Easy WMS* i *Pallet Shuttle* przez sieć *wi-fi* dostępną w magazynie.
- *Supply Chain Analytics Software* – to moduł stanowiący rozszerzenie funkcji systemu *Easy WMS*, mający na celu porządkowanie dużej ilości danych, które są generowane każdego dnia w magazynie. Istotą jego działania jest takie ich opracowanie, aby uzyskały postać użytecznych informacji w postaci na przykład: wskaźnika przygotowanych zamówień, liczba przyjęć w ciągu godziny lub poziomu obłożenia według rodzaju miejsc składowania. Moduł na bieżąco informuje o stanie wszystkich procesów, które odbywają się na magazynie. Dostęp do tego typu informacji gwarantuje zarówno pełną kontrolę nad funkcjonowaniem obiektu, jak również stanowi wsparcie w procesie podejmowania decyzji dotyczących zmian, korekt i usprawnień poszczególnych etapów obsługi logistycznej magazynów⁷⁵.



Rys. 5. Zrzut ekranu modułu operacyjnego „Analiza łańcucha dostaw” (System SCM) dla programu zarządzania magazynem *Easy WMS* firmy MECALUX SA

Źródło: <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/scm-system>

Supply Chain Analytics składa się z paneli sterowania i wykresów, na których są zilustrowane dane dotyczące procesu magazynowego. Moduł posiada standardowe główne wskaźniki wydajności, ale umożliwia również definiowanie nowych kluczowych wskaźników

⁷⁵ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/scm-system>

efektywności (KPI), stosownie do specyfiki branży na podstawie zmiennych dostępnych w programie *Easy WMS*. Moduł zawiera panele⁷⁶:

- Przyjęcia: z rampy na magazyn, przyjęcia bez uszkodzeń, dostawy na czas;
- Wydania: wskaźnik przygotowanych zamówień, wskaźnik przygotowanych pozycji, liczba zamówień wysłanych/godzina;
- Zamówienia: dokładność przygotowanych zamówień, procent wysłanych zamówień kompletnych, wskaźnik zleceń wysłanych do zamówionych;
- Klienci: procent pozycji dostępnych na magazynie, procent zamówień oczekujących, procent wysyłek zrealizowanych na czas;
- Jakość: procent produktów na magazynie, procent produktów na wyczerpaniu;
- Pojemność: procent obłożenia wg rodzaju miejsca składowania, procent wykorzystanych miejsc składowania wg rodzaju produktu, liczbę dni dostępności produktów.

The screenshot displays the 'Zamówienia' (Orders) module in the Easy WMS system. It features a navigation bar at the top with various functional areas like 'Magazyn', 'Sprzedaż', and 'Logistyka'. Below the navigation, there are several toolbars for actions such as 'Nowa faktura', 'Nowe zamówienie', and 'Faktura do druk. mag.'. The main area contains a table with columns for 'Symbol', 'Mag. Typ', 'Status', 'Operator', 'Data mg.', 'Data wysł.', 'Data wysł.', 'Data wysł.', 'Data wysł.', and 'Operator'. The table lists numerous orders with their respective details and status indicators.

Rys. 6. Zrzut ekranu programu zarządzania magazynem Teneum X firmy SENTE Sp. z o.o. Sp. k.

Źródło: <https://sente.pl/wp-content/uploads/2019/06/WMS-2-1.png>

Firma SENTE Sp. z o.o. Sp. komandytowa oferuje użytkownikom inteligentny system WMS, wyposażony w automatyczne reguły zarządzania i algorytmy oraz możliwość integracji z ERP, CRM i BOK (rys.5). Atutami systemu WMS, są⁷⁷:

- kompletacja dobrana do potrzeb – umożliwia realizację zamówień całopaletowych, drobnicowych, jedno lub wielopozycyjnych, składanych przez klientów instytucjonalnych (B2B) lub indywidualnych (B2C), a inteligentne algorytmy w czasie rzeczywistym dokonują analizy zlecenia i przypisują do nich najlepszą w danym momencie metodę kompletacji poprzez łączenie (multipicking) lub podział i równoległą realizację;

⁷⁶ <https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/scm-system>

⁷⁷ <https://sente.pl/teneum/wms/funkcjonalnosc/wms/>

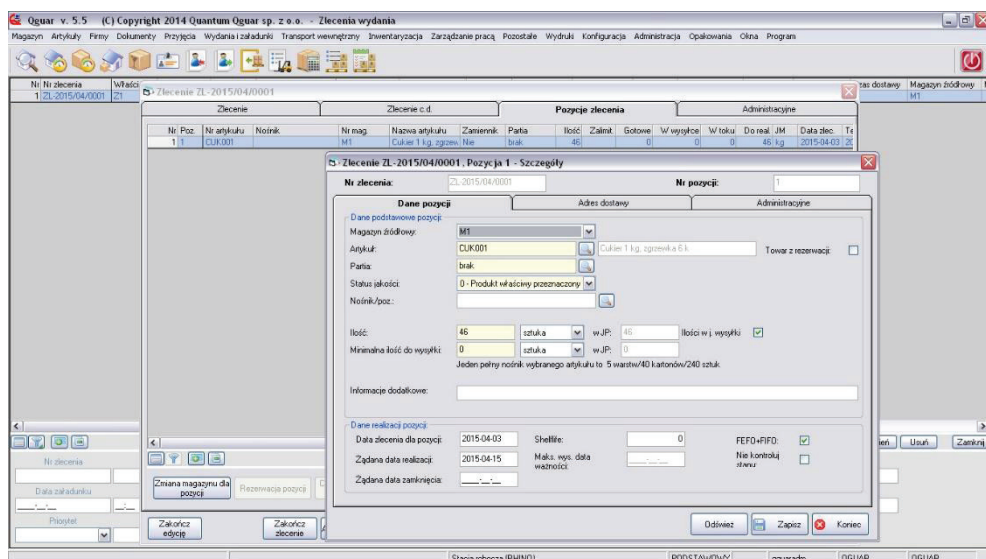
- efektywne wykorzystanie powierzchni – zapewniające łatwy dostęp do wszystkich produktów o szybkiej rotacji,
- bezbłędne pakowanie – połączenie szybkości w procesie pakowania z jednoczesnym zapewnieniem jakości, dzięki kontroli poprawności kompletacji zamówienia bezpośrednio przed przekazaniem go do wysyłki;
- magazyn klasy 4.0 – kompleksowa automatyzacja zarządzania magazynem pozwala zwiększyć wydajność pracy przez redukcję czasu realizacji zamówień oraz monitorować, kontrolować i eliminować błędy;
- nowa rola kierownika – nad płynnością i efektywnością realizacji zleceń czuwa system, a kadra kierownicza może poświęcić więcej czasu na dbanie o odpowiedni poziom motywacji i zaangażowania pracowników;
- promocje obsługiwane na czas – automatyczna lokalizacja towaru przeznaczonego na promocje i wyprzedaże w magazynie tak, aby maksymalnie uprościć i przyspieszyć kompletację i wysyłkę zleceń.

Funkcje realizowane przez poszczególne moduły systemu Teneum X, to m.in.⁷⁸:

- mapa magazynu – w postaci kolorowej wizualizacji rozmieszczenia regałów na magazynie wraz z dostępem do bieżącego rozłożenia towarów na poszczególnych ich poziomach,
- generowanie zleceń magazynowych: przyjęcia towaru, podmiany towaru, wydania towaru, dołączenia towarów do lokacji poborowych, zlecenia sprzątnięcia magazynu, zbiórki palet i/lub opakowań;
- możliwość bieżącej korekty błędnych stanów na lokacjach magazynowych oraz realizację okresowej inwentaryzacji na wybranych lokacjach lub całego magazynu, bez zatrzymywania procesu wydawania i przyjmowania towaru;
- lokacje dynamiczne polegające na zarządzaniu rozmieszczeniem towarów na magazynie w zależności od sezonowości (zmienna rotacja), przypisaniu wybranych pozycji do stałego miejsca w magazynie oraz odrębne rozmieszczanie palet niewymiarowych i palet EURO;
- generator marszruty minimalizujący puste przebiegi operatorów wózków widłowych oraz oferujący możliwość planowania optymalnej ścieżki przejścia dla magazynierów według wybranego kryterium na przykład: najkrótszej drogi do pokonania, najkrótszego czasu realizacji zlecenia lub optymalnego w zakresie ciężaru rozłożenia artykułów na palecie (najcięższe produkty w dolnej warstwie);
- obsługa partii towarów według przyjętego kryterium na przykład numeru partii produkcyjnej lub daty ważności, aby optymalnie zarządzać ich wydaniem;
- statystyki rzeczywistego czasu pracy dla magazynierów w zakresie kompletacji zleceń, rejestrowanie różnego rodzaju prac dodatkowych, niezbędnych do płynnego funkcjonowania magazynu (układanie kartonów na paletach, rozcinanie folii, zbieranie pustych palet), aby efektywnie określić normy pracy w magazynie, naliczać płacę w trybie akordowym, tworzyć rankingi w zakresie oceny poszczególnych pracowników oraz długofalowo podejmować decyzje o zmianach w zakresie stanu osobowego na magazynie.

⁷⁸ <https://sente.pl/teneum/wms/funkcjonalnosc/wms/>

Qguar WMS Pro (ang. *Warehouse Management System Pro*) zarządza wszystkimi procesami magazynowymi, od przyjęcia towaru, poprzez składowanie, kompletację aż po wydanie. Posiada możliwość współpracy z technologiami automatycznej identyfikacji: kodami kreskowymi (standardu GS1), kodami matrycowymi QR (ang. *Quick Response*), kodami radiowymi RFID (ang. *Radio-Frequency Identification*) oraz z technologiami telematycznymi *Voice picking* oraz *Picking by light*. Pozwalają one na przyspieszenie procesu kompletacji, gdyż wskazując pracownikom dokładną lokalizację poszukiwanego asortymentu i najkrótszą trasę zbiórki jednocześnie eliminują konieczność zapamiętywania lokalizacji poszczególnych towarów. Definiuje miejsca magazynowe produktu w oparciu o cztery współrzędne, które oznaczają: rząd, kolumnę w rzędzie, poziom w kolumnie oraz miejsce w poziomie, a jednocześnie używa czytelnych oznaczeń miejsc magazynowych w postaci identyfikatorów zawierających kombinacje liter i cyfr. Program posiada predefiniowane, graficzne wskaźniki na tzw. kokpicie menedżera, które zapewniają bieżący wgląd w efektywność pracy całego magazynu z jednoczesną możliwością samodzielnego generowania raportów i zestawień według indywidualnych kryteriów⁷⁹.



Rys. 7. *Qguar WMS Easyway* (*Warehouse Management System Easyway*) to uproszczona i standardowa wersja systemu *Qguar WMS*

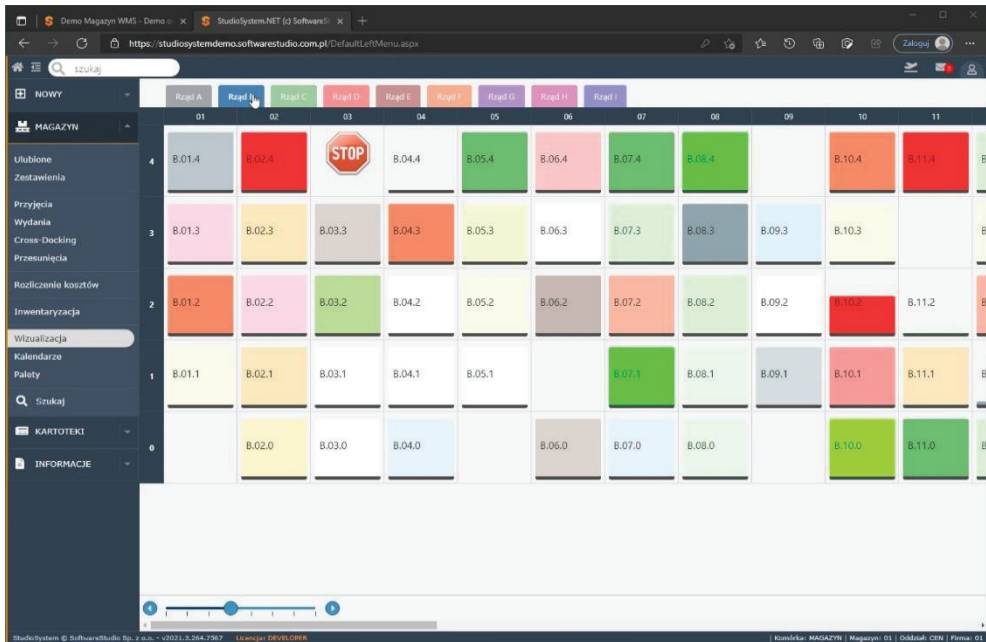
Źródło: <https://quantum-software.com/system-wms-easyway-qguar/>

Qguar WMS może być użytkowany w każdym rodzaju magazynu łącznie z magazynami automatycznymi, gdyż bez względu na wielkość i metodę obsługi ładunków optymalizuje zagospodarowanie przestrzeni i rozlokowanie artykułów. Inteligentne strategie wyboru miejsca składowania automatycznie wyznaczają lokalizację w odniesieniu do m.in. poziomu rotacji, daty przydatności lub innego wybranego parametry produktu. System WMS obsługuje

⁷⁹ <https://quantum-software.com/system-wms-pro-qguar/>

ogólnie przyjęte standardy wydań towarów FIFO (*ang. First-In, First-Out*) oraz FEFO (*ang. First Expired, First Out*). Pozwala zarządzać przyjęciem i wydaniem palet z jednoczesnym śledzeniem historii tego typu pojedynczych nośników magazynowych. Zarządzanie opakowaniami zwrotnymi jest realizowane poprzez wbudowany moduł *Qguar RPS*. Możliwość integracji systemu z innymi programami informatycznymi klasy ERP, MES, TMS wspiera konfigurator interfejsów. Z systemem *Qguar WMS* integrowane są także zaawansowane systemy automatyki magazynowej oraz urządzenia wspomagające poszczególne procesy, takie jak: układnice magazynowe, sortowniki, urządzenia transportu wewnątrz magazynowego, paletyzatory, aplikatory etykiet, wagi itp. Oprogramowanie pozwala zarządzać pojedynczą jednostką lub grupą magazynów w różnych branżach⁸⁰.

Qguar WMS Easyway (*ang. Warehouse Management System Easyway*) jest nową, uproszczoną i jednocześnie standardową wersją systemu *Qguar WMS*. W tej wersji tak zostało dobrano zakres funkcjonalny i metodykę wdrożeń, aby stanowił optymalną ofertę do stosowania w magazynach, gdzie realizowane są uproszczone i typowe procesy logistyczne lub w magazynach, które dopiero rozpoczynających swoją działalność w ramach małych i średnich przedsiębiorstw⁸¹.



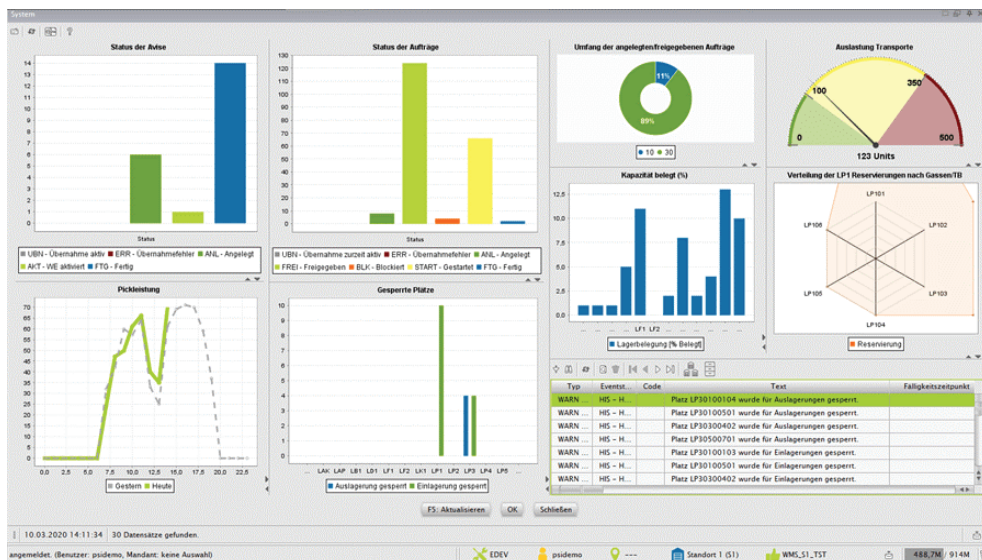
Rys. 8. System zarządzania magazynem firmy SOFTWARESTUDIO Sp. z o.o. do obsługi magazynu wysokiego składowania

Źródło: <https://www.programmagazyn.pl/wp-content/uploads/2021/10/program-magazynowy-2021-35.jpg>

⁸⁰ <https://quantum-software.com/system-wms-pro-qguar/>

⁸¹ <https://quantum-software.com/system-wms-easyway-qguar/>

Program *WMS.net* firmy SOFTWARESTUDIO Sp. z o.o. kontroluje wszystkie czynności magazynowe, bezbłędnie lokalizuje towary na magazynie oraz kontroluje przebiegu obrotu magazynowego, a następnie przekazuje informacje na zasadzie online lub offline do systemu zarządzania firmą klasy ERP (rys. 8). Oprogramowanie magazynowe *WMS.net* to rozwiązanie dedykowane do obsługi magazynu firm handlowych, produkcyjnych oraz firm logistycznych, które świadczą usługi magazynowania na zasadzie outsourcingu. Program zapewnia bieżący dostęp do informacji o stanach magazynowych według wielu różnych kryteriów, a także umożliwia sprawną lokalizację każdej partii towaru oraz każdej pojedynczej przesyłki⁸².



Rys. 9. System zarządzania magazynem *PSIwms* umożliwia indywidualną konfigurację ekranu dialogowego dzięki funkcji *PSI-Click-Design*

Źródło: https://www.psi.pl/fileadmin/_processed_/e/1/csm_TabellenKonfig_1d04688cc6.png

PSIwms jest zaawansowanym systemem WMS, który obsługuje procesy planowania, relokacji, kontroli i optymalizacji zleceń w magazynach różnego typu: automatycznych, manualnych, wykonujących dystrybucję kanałami *e-commerce* oraz poprzez handel detaliczny. Atutami systemu *PSIwms* są⁸³:

- stosowanie algorytmów sztucznej inteligencji – wykorzystanie Mechanizmu Uczenia Maszynowego (*ang. Machine Learning*) oraz *Big data* zapewnia optymalizację ścieżek kompletacji, zwiększenie wydajności pracy magazynu oraz analizę efektywności pracy magazynierów;

⁸² <https://www.softwarestudio.com.pl/aplikacje/studio-wms-net/>

⁸³ <https://www.psi.pl/pl/nasza-oferta/logistyka/zarzadzanie-magazynem-wms/>

- wyższa efektywność poprzez automatyzację procesów magazynowych – realizowane jest kompleksowe sterowanie pracą ludzi, maszyn i urządzeń w taki sposób, aby uzyskać optymalizację całego procesu w ramach logistyki magazynowej, a moduł *Activity Tracking* umożliwia zapisanie każdej operacji magazynowej i ujęcie jej w raportach;
- możliwość samodzielnego skonfigurowania system WMS za pomocą funkcji *Click-Design* oraz wyglądu ekranów użytkownika oprogramowania dzięki intuicyjnemu edytorowi graficznemu typu *drag&drop* bez konieczności programowania.

Moduły dodatkowe *PSIwms*, to⁸⁴:

- *Warehouse Advanced Planning (WAP)* – moduł do planowania procesów logistycznych w magazynie oraz śledzenia realizacji zadań w czasie rzeczywistym,
- *Activity Tracking* – pozwala na śledzenie ruchów magazynowych na jednostkach transportowych oraz kontrolę efektywności pracy pracowników,
- Optymalizacja list kompletacyjnych – w aspekcie realizacji optymalnej ścieżki kompletacji zlecenia z wykorzystaniem algorytmów sztucznej inteligencji,
- automatyczna adaptacja systemu do zmiennych warunków pracy magazynu,
- *Slot Management* – planowanie harmonogramu rozładunku i załadunku oraz rezerwację okien czasowych dla transportu,
- *Material Flow Control (MFC)* – sterowanie zarządzaniem automatyki magazynowej typu sortery, przenośniki i układnice oraz integracja z systemem zarządzania magazynem.

Na rynku funkcjonują dwa modele nabycia i użytkowania *Warehouse Management System*⁸⁵:

- Model SaaS (*ang. Software as a Service*) – polega na wdrożeniu systemu w chmurze z wykorzystaniem aplikacji webowej (*ang. web application*). Firma po zamówieniu aplikacji o określonym poziomie użyteczności i dokonaniu opłaty abonamentowej, uzyskuje dostęp poprzez przeglądarkę internetową. Implementacja programu jest szybka i prosta. Użytkownik w modelu SaaS uzyskuje gwarancję maksymalnego poziomu bezpieczeństwa bez konieczności zakupu infrastruktury serwerowej. Abonament miesięczny obejmuje wsparcie techniczne i gwarancję automatycznych aktualizacji.
- Model *on-premise software* – wersja zakupu i użytkowania oprogramowania lokalnego (na lokalnym dysku lub serwerze). Dla tego modelu zarówno oprogramowanie, jak i niezbędny sprzęt komputerowy znajdują się w obiekcie klienta. Tradycyjny zakup licencji na własność oznacza w praktyce dużą jednorazową inwestycję oraz konieczność ponoszenia również corocznych kosztów aktualizacji systemu.

Na rynku funkcjonuje kilka wariantów licencjonowania oprogramowania:

- licencja edukacyjna,
- licencja komercyjna na każdego użytkownika,
- licencja komercyjna na użytkownika lub procesor bez limitu ilości użytkowników,
- licencja developerska, dla której istnieje opcja modyfikacji kodu źródłowego programu na własne potrzeby.

⁸⁴ <https://www.psi.pl/pl/nasza-oferta/logistyka/zarzadzanie-magazynem-wms/>

⁸⁵ <https://www.streamsoft.pl/system-wms/>

Podsumowanie

Gospodarka globalna na przestrzeni dwóch minionych dekad XXI wieku stała się gospodarką cyfrową. Różnego rodzaju technologie informacyjne, komunikacyjne i informatyczne przestały być wydzielonym, osobnym sektorem aktywności rynkowej, a stały się fundamentem, na którym budowane są innowacyjne podmioty gospodarcze oraz nowoczesne systemy produkcyjne, handlowe i usługowe. Rozwój Internetu i technologii cyfrowych we wszystkich gałęziach gospodarki zmienił sposób funkcjonowania społeczeństwa, a budowa jednolitego rynku cyfrowego stała się zasadniczym elementem strategii przyjętej przez Unię Europejską w celu utrzymania wysokiego standardu życia obywateli⁸⁶.

Następuje rozbudowa oprócz segment e-gospodarki także e-administracji, aby stanowiły one równorzędne dla siebie obszary. Wdrażanie najnowszych technologii cyfrowych, a w tym budowa sieci 5G, to także działanie w kierunku wzmocnienia możliwości użytkowych aplikacji oferowanych, jako usługa w chmurze. Pomimo niekorzystnych zjawisk na rynku globalnym wywołanych pandemią COVID-19 prognozy dla sektora magazynowego na poziomie krajowym i ponadnarodowym są bardzo optymistyczne. Na znaczący przyrost poziomu sprzedaży internetowej, która generuje wprost proporcjonalny wprost potrzeb na obsługę magazynową dostaw towarów, pozytywnie reagują rynki nowoczesnych powierzchni magazynowych. Dynamiczny wzrost potrzeb rynku dystrybucji przekłada się na wysoki poziom inwestycji deweloperów na rynku nieruchomości magazynowych.

Warehouse Management System są dostępne na różnych poziomach funkcjonalności, co pozwala na dostosowanie aplikacji do rzeczywistych potrzeb każdej firmy, a tym samym na i obniżenie kosztów ich wdrożenia oraz użytkowania. Jednocześnie wszystkie programy oferują możliwość rozbudowy i adaptacji wyższych modeli na potrzeby magazynu w dowolnym horyzoncie czasowym. Należy podkreślić kluczową rolę zarządzania magazynami w aspekcie dostępu do bieżących informacji o stanach zapasów i możliwościach realizacji zleceń wysyłkowych. Głównym zadaniem systemu jest kontrola i optymalizacja wszystkich procesów i operacji realizowanych w magazynie. Menadżerowie korzystający z WMS podejmują bieżące, jak i strategiczne decyzje w oparciu o przepustowość magazynową przedsiębiorstwa.

Logistyka 4.0, która budowana jest obecnie na świecie to system, w którym występuje nieskończona ilość parametrów i zmiennych. Proces zarządzania, aby otrzymać wsparcie w postaci danych do analizy musi korzystać z aplikacji, które potrafią tak duże zbiory danych przetworzyć. Programy WMS oferowane są z modułami, które stanowią rozszerzenie funkcji podstawowych, a wykorzystują technologię *Big data*. Moduł *Supply Chain Analytics* w systemie *Easy WMS*, segmentuje i strukturyzuje wszystkie dane generowane każdego dnia w magazynie podczas przyjęć i wydań, nadając im postać użytecznych informacji i kluczowych wskaźników efektywności. Moduł *Marketplaces & Ecommerce Platforms Integration* stanowi uzupełnienie standardowej oferty oprogramowania dla firm zajmujących się handlem elektronicznym. Łączne wykorzystanie modułów *Multi Carrier Shipping Software* i WMS dla *e-commerce* zapewnia efektywne wsparcie łańcucha logistycznego od rejestracji zamówienia drogą internetową poprzez jego kompletację aż po dostawę do klienta. Dla tradycyjnych kanałów dystrybucji, które wymagają dostaw do sklepów stacjonarnych *Easy WMS* posiada moduł *Store Fulfilment*, który ułatwia kompleksowe zarządzanie dostawami i synchronizację pracy magazynu z potrzebami sieci sklepów detalicznych.

⁸⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52015DC0192&from=PL>

Aplikacja systemu klasy WMS do magazynu przedsiębiorstwa realizowana jest zgodnie z harmonogramem⁸⁷:

- analiza przedwdrożeniowa w celu zdefiniowania potrzeb w zakresie przepływu informacji,
- projekt systemu zawierający jego dokładną specyfikację, budżet oraz harmonogram wdrożenia;
- zakup urządzeń do systemu: serwerów, sieci radiowej, mobilnych terminali danych, terminali wózkowych, przemysłowych czytników kodu kreskowego, drukarek kodu kreskowego, aplikatorów etykiet i urządzeń znakujących;
- pobranie, testy i uruchomienie systemu;
- integracja systemu z innymi programami klasy ERP, MRP i TMS;
- wdrożenie systemu z asystą personalną dla użytkowników i administratorów;
- kompleksowy serwis systemu i Help Desk w trybie 24/7/365,
- rozwój systemu i dostosowywanie modułów do bieżących potrzeb przedsiębiorstwa.

Korzyści ze wsparcia systemem WMS procesów zarządzania, to⁸⁸:

- automatyczne pobieranie danych podstawowych,
- automatyzacja obsługi ruchu produktów w magazynach,
- jednolite standardy w zakresie przekazu informacji,
- automatyczne logowanie zdarzeń,
- automatyczne wprowadzenie dokumentów magazynowych PW, MM, RW i WZ do systemu przedsiębiorstwa;
- transparentność zasobów przedsiębiorstwa dzięki możliwości prowadzenia inwentaryzacji: ciągłych, wrywkowych, zdawczo-odbiorczych lub rozliczeniowych.

W hierarchii oprogramowania WMS jest warstwą usytuowaną poniżej systemu zarządzania firmą (ERP). Magazyny otrzymują z *Enterprise Resource Planning* (Planowania Zasobów Przedsiębiorstwa) polecenia wykonania poszczególnych operacji przyjęć, kompletacji i wydań, a po ich realizacji odsyłają automatycznie informacje o wyniku zrealizowanych prac. Istotny dla funkcjonowania firmy jest fakt, że programy WMS zapewniają komunikację bezpośrednią i przy minimalnych możliwościach błędu w transmisji danych, a to dla procesu zarządzania oznacza wysoki poziom bezpieczeństwa.

Bibliografia

- Ciesielski M., Długosz J.: Strategie łańcuchów dostaw, PWE, Warszawa 2010.
- Chromański W., Grabarek I., Kozłowski M., Czerepicki A., Marczuk K.: Pojazdy autonomiczne i systemy transportu autonomicznego, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-21102-8, Warszawa, 2020.
- Cieśla M., Hat-Garnarcz G., Opasiak T., Nowakowski P.: Logistyka w łańcuchach dostaw, Wybrane zagadnienia, Wyd. Politechniki Śląskiej, ISBN 978-83-7880-422-2, Gliwice, 2017.

⁸⁷ <https://www.optidata.pl/oprogramowanie/wms-optipromag/>

⁸⁸ <https://www.optidata.pl/oprogramowanie/wms-optipromag/>

- Dudziński Z., *Poradnik organizatora gospodarki magazynowej w przedsiębiorstwie*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2012.
- Dudziński Z.: *Vademecum organizacji gospodarki magazynowej*, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk 2011.
- Dyczkowska J.: *Marketing usług logistycznych*, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-7930-240-6, Warszawa, 2014.
- Fechner I.: *Centra logistyczne i ich rola w procesach przepływu ładunków w systemie logistycznym* Polski, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Zeszyt 76 Transport*, s. 19-32, Warszawa, 2010.
- Galińska B.: *Gospodarka magazynowa*, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-8085-340-9, Warszawa, 2016.
- Grzybowski K.: *Gospodarka zapasami i magazynem, Część 2. Zarządzanie magazynem*, Wyd. Difin SA, Warszawa 2010.
- Jacyna M., Bobiński A., Lewczuk K.: *Modelowanie i symulacja 3D obiektów magazynowych*, Wyd. Naukowe PWN SA, ISBN 978-83-01-19551-9, Warszawa, 2017.
- Jałowicz T., (red.): *Ładunkoznawstwo dla logistyki, Wybrane problemy*, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-66491-31-1, Warszawa, 2021.
- Januła E., Kasińska M., Kwiatkiewicz P., Laskowski M.: *Zapasy i magazynowanie*, Wyd. As Pik, ISBN 978-83-66264-17-5, Warszawa, 2020.
- Januła E., Truś T.: *ABC magazyniera*, Wydawnictwo i Handel Książkami KaBe, ISBN 978-83-89387-83-7, Krosno, 2010.
- Juściński S.: *Analiza rynku nowoczesnych powierzchni magazynowych w centrach logistycznych*, [w:] *Dzieniaśzewski G., Kuboń M. (red.): Logistyka dla regionu*, ISBN 78-83-64377-27-3, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 123-141, 2018.
- Juściński, S.: *Analiza systemów telematycznych stosowanych w logistyce magazynowej i dystrybucyjnej*, [w:] *Dzieniaśzewski G., Kuboń M. (red.): Logistyka dziś i jutro, Mechatronika i Telematyka w Logistyce*, ISBN 978-83-64377-440, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Przemysł, s. 99-114, 2019.
- Kłóska R. (red.): *Infrastruktura transportowa i cyfrowa jako czynnik regionalnego i lokalnego rozwoju gospodarczego*, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN 978-83-7972-412-3, Szczecin, 2020.
- Kordel Z., Kuriata A.: *Logistyka i transport w ujęciu systemowym*, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-138-8, Warszawa, 2018.
- Kowalska-Napora E.: *Infrastruktura logistyczna*, Wyd. Economicus, ISBN 978-83-60606-80-3, Szczecin, 2015.
- Krzyżaniak S., Niemczyk A., Majewski J., Andrzejczyk P.: *Organizacja i monitorowanie procesów magazynowych*, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN 978-83-63186-76-0, Poznań, 2014.
- Kucharczyk R.: *Centra logistyczne – istota, zadania, funkcje*, *Logistyka - Nauka*, nr 3, s. 3490-3495, CD, 2014.
- Łapko A., Wagner N.: *Logistyka dystrybucji, Trendy – Wyzwania – Przykłady*, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN 978-83-8102-516-4, Warszawa, 2021.
- Miklińska J.: *Rola centrów logistycznych w łańcuchach dostaw – wybrane problemy*, *Logistyka*, nr 3, Poznań, s. 1583-1590, CD, 2012.
- Nowak I.: *Rynek powierzchni logistycznych w Polsce w opinii jego uczestników*, *Logistyka, Instytut Logistyki i Magazynowania*, nr 6, Poznań, s. 34-39, 2017.
- Rosa G., Jedliński M., Chraćol-Barczyk U., (red.): *Marketing usług logistycznych*, Wyd. C.H. Beck, ISBN 978-83-255-9093-2, Warszawa, 2017.
- Skowron-Grabowska B.: *Centra logistyczne w łańcuchu dostaw*, Wyd. PWE, Warszawa 2010.
- Strandhagen, J.O., Vallandingham, L.R., Fragapane, G. et al.: *Logistics 4.0 and emerging sustainable business models*, *Advances in Manufacturing*, 5, s. 359–369, <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>, 2017.
- Szymonik A., Chudzik D.: *Logistyka nowoczesnej gospodarki magazynowej*, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-8085-525-0, Warszawa, 2018.

Śliwczyński B., Koliński A.: Organizacja i monitorowanie procesów dystrybucji, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN 978-83-63186-64-7, Poznań, 2013.

Tundys B., Rzeczycki A., Drobiazgiewicz J.: Decyzje strategiczne w łańcuchach dostaw, Wyd. edu-Libri, ISBN 978-83-65648-53-2, Kraków-Legionowo, 2018.

Wyrwich-Płotka S.: Wirtualna praca w łańcuchu dostaw, Wyd. Difin SA, ISBN 978-83-8085-649-3, Warszawa, 2018.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52015DC0192&from=PL>
<https://magazyny.pl/blog/raporty/kolejny-rok-i-kolejne-wzrosty-polskiego-ryнку-magazynowego/>
<https://obserwatorlogistyczny.pl/2021/09/11/rynek-magazynowy-w-europie-jest-bardzo-zroznicowany-cenowo/>

<https://platformalogistyczna.com/autonomiczne-pojazdy-w-magazynach/>

<https://platformalogistyczna.com/nowoczesne-zarzadzanie-magazynem-czyli-systemy-wms/>

<https://polskiprzemysl.com.pl/raporty/rynek-magazynowy-w-polsce/>

<https://quantum-software.com/specjalizacja/>

<https://quantum-software.com/system-wms-easyway-qguar/>

<https://quantum-software.com/system-wms-e-commerce-qguar/>

<https://quantum-software.com/system-wms-pro-qguar/>

<https://sente.pl/teneum/wms/dodatki/>

<https://sente.pl/teneum/wms/funkcjonalnosc/wms/>

<https://sente.pl/teneum/wms/funkcjonalnosc/wms/>

<https://system.wms.net.pl/system-wms/>

<https://www.alpegagroup.com/en/tms/solutions/smart-booking/>

<https://www.mecalux.pl/firma/prezentacja-firmy>

<https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/marketplaces-ecommerce-platforms-integration>

<https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/program-dla-spedycji>

<https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/scm-system>

<https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/store-fulfillment>

<https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/wms-system>

<https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/wms-system/ecommerce>

<https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/wms-system/integracja-pallet-shuttle>

<https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/wms-system/zarzadzanie-produkcja>

<https://www.mecalux.pl/oprogramowanie/zarzadzanie-czasem-pracy>

<https://www.mecalux.pl/podrecznik-magazynowania/magazyn/co-to-jest-wms>

<https://www.optidata.pl/oprogramowanie/wms-optipromag/>

<https://www.parp.gov.pl/component/content/article/57681:konferencja-cross-border-e-commerce-wielki-potencjal-i-praktyka>

<https://www.psi.pl/pl/nasza-oferta/logistyka/>

<https://www.psi.pl/pl/nasza-oferta/logistyka/optymalizacja-intralogistyki/>

<https://www.psi.pl/pl/nasza-oferta/logistyka/zarzadzanie-magazynem-wms/>

<https://www.psi.pl/pl/oferta/logistyka/zarzadzanie-magazynem-wms/psiwms-e-combox/>

<https://www.softwarestudio.com.pl/aplikacje/studio-wms-net/>

<https://www.streamsoft.pl/system-wms/>

Adres do korespondencji: e-mail: slawomir.juscinski@up.lublin.pl

ORCID: Sławomir Juściński 0000-0002-2692-9083

OCENA OBCIĄŻENIA RUCHEM WYBRANEGO WIELOPOZIOMOWEGO SKRZYŻOWANIA W KRAKOWIE

Paweł Kielbasa¹, Tomasz Drózd¹, Marek Rosowski¹

¹ Katedra Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wstęp

Wzrost liczby samochodów w Polsce, obecnie ponad 24 mln zarejestrowanych aut osobowych wymusza permanentną analizę struktury i natężenia ruchu z uwzględnieniem skrzyżowań i innych rozwiązań drogowych. Do oceny jakości funkcjonowania rond stosowane są dwa podstawowe wskaźniki, takie jak przepustowość i straty czasu. Wiele państw prowadzi badania nad rozwojem metod oceny funkcjonowania oraz obliczania przepustowości rond. Charakterystyki operacyjne rond są uzależnione od zachowania kierowców oraz od geometrii ronda i mają zasadniczy wpływ na obliczoną przepustowość¹. Kierowcy na wlotach podporządkowanych wjeżdżają na jezdnię ronda tylko wtedy, gdy odstęp czasu pomiędzy pojazdami w potoku na jezdni ronda jest (w ich ocenie) wystarczający do wykonania manewru włączenia się do ruchu. Stąd przepustowość rond zależy od wielkości potoku ruchu poruszającego się po jezdni wokół wyspy centralnej oraz od dostępności odstępów czasowych pomiędzy pojazdami na jezdni ronda. Przepustowość wlotu zmniejsza się, gdy natężenie ruchu na jezdni ronda rośnie. Zależność przepustowości wlotu od potoku ruchu na jezdni ronda znana jest w literaturze zagranicznej jako stosunek natężenia na wlocie do natężenia ruchu na jezdni ronda i zależy od wzajemnego oddziaływania kierowców oraz od geometrii ronda. Z analiz statystyk wypadków wynika, że aż 95% z nich jest spowodowana niewłaściwym zachowaniem uczestników ruchu drogowego². Każdego dnia do Krakowa wjeżdża łącznie 246 tys. pojazdów, z czego ok. 40 tys. przejeżdża przez miasto ruchem tranzytowym. Wśród tych samochodów ok. 16 tys. porusza się przez centrum miasta – wynika z raportu Wydziału Gospodarki Komunalnej UMK, przygotowanego na podstawie pomiarów ruchu kołowego,

¹ Macioszek E.: Przegląd metod obliczania przepustowości małych rond stosowanych w różnych krajach. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Transport, z. 67, s. 83-90, 2010.

² Pędzierska, M., Kamiński, T., Gąsiorek, K., Szmidt, E., & Razin, P.: Koncepcja oceny wpływu inteligentnych systemów transportowych na bezpieczeństwo ruchu drogowego i efektywność ruchu z użyciem wysokiej klasy symulatorów jazdy. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 18, 2017.

z uwzględnieniem ruchu tranzytowego³. INRIX Global Traffic Scorecard sprawdził natężenie ruchu w 1360 miastach na całym świecie. W rankingu ujęto miasta z 38 krajów świata. W zestawieniu uwzględniono także Polskę. Z raportu wynika, że najbardziej zakorkowanym miastem świata było Los Angeles. W Europie liderem jest Moskwa, a w Polsce - Kraków. Analizując średni czas spędzony w korkach w godzinach szczytu w skali roku to odnotowano⁴: Tajlandia - 56 godz., Indonezja - 51 godz., Kolumbia - 49 godz., Wenezuela - 42 godz., Rosja - 41 godz., USA - 41 godz., Brazylia - 36 godz., RPA - 36 godz., Turcja - 32 godz., Wielka Brytania - 31 godz., Puerto Rico - 31 godz., Niemcy - 30 godz., Polska - 29 godz., Słowacja - 29 godz., Luksemburg - 28 godz., Kanada - 27 godz., Szwajcaria - 27 godz., Norwegia - 26 godz., Szwecja - 26 godz., Austria - 25 godz. Czynnikiem wpływającym na wybór optymalnego rozwiązania jest równie lokalizacja skrzyżowania w sieci drogowo-ulicznej. Wsparcie projektowania zapewnić mogą odpowiednie instrumenty w postaci wytycznych opisujących proces projektowania a także wskazujących zakres określonych rozwiązań techniczno-organizacyjnych⁵. Popardowski (2019)⁶ analizując skrzyżowanie ulic Zwierzynieckiej, Powiśle oraz Retoryka, znajdujące się w Krakowie zauważył, że natężenie ruchu dla całego skrzyżowania, w przeciwieństwie do poszczególnych wlotów, rozkłada się w sposób stosunkowo równomierny a udział pojazdów ciężkich w ruchu wyniósł 12,35%. Zgodnie z ustawą definicją skrzyżowania nazywa się „przecięcie się w jednym poziomie dróg mających jezdnie, ich połączenie lub rozwidlenie, łącznie z powierzchniami utworzonymi przez takie przecięcia, połączenia lub rozwidlenia określenie to nie dotyczy przecięcia, połączenia lub rozwidlenia drogi twardej z drogą gruntową, z drogą stanowiącą dojazd do obiektu znajdującego się przy drodze lub z drogą zewnętrzną⁷. Przekięcie dróg oznacza, że kierujący ma możliwość wyboru kierunku jazdy oraz takie skrzyżowanie jest użytkowane, przez co najmniej dwa strumienie ruchu. W zależności od natężenia ruchu oraz warunków panujących na drodze przemieszczanie może się odbywać płynnie to oznacza bez żadnych zakłóceń oraz braku potrzeby redukcji prędkości bądź przerywanie, czyli z możliwością zatrzymania lub z zastosowaniem mniejszej prędkości. Rozważając podział na wymagania, jakie muszą spełniać skrzyżowania, aby ruch przebiegał prawidłowo wyróżniamy następujące rodzaje skrzyżowań⁸:

- a) zwykle - nie posiadają na wlotach wyspy, która oddziela kierunki jazdy lub pasa usytuowanego na środku jezdni
- b) skanalizowane - posiada przynajmniej na jednym wlocie pas dzielący lub wyspę
- c) typu rondo - na środku skrzyżowania umiejscowiona jest wyspa, na której występuje ruch okrężny.

³ <http://krakow.pl>

⁴ <https://edroga.pl/inzynieria-ruchu/swiatowy-ranking-natezenia-ruchu-120215012>

⁵ Sobota, A., Karoń, G., & Żochowska, R. Determinanty wyboru typu skrzyżowania drogowego w miastach na etapie projektowania. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*, z. 98, s. 595-613, 2013.

⁶ Popardowski, E. Analiza natężenia ruchu drogowego na wybranym skrzyżowaniu bez sygnalizacji świetlnej. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, nr 20, 2019.

⁷ Prawo o ruchu drogowym art. 2. ustęp. 10. Ustawa z dnia 20 czerwca 1997

⁸ Dz.U.2016.0.124- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2.03.1999 rozdział 13 §55.

W rejonie skrzyżowania dróg pojazdy mogą wykonywać różne manewry. Do podstawowych manewrów występujących na skrzyżowaniu zaliczamy włączanie, wyłączenie, krzyżowanie, przeplatanie. Włączanie się na skrzyżowaniu oznacza włączanie się do ruchu danego pojazdu na danym skrzyżowaniu dróg po wcześniejszym zasygnalizowaniu tego manewru innym uczestnikom ruchu w celu uniknięcia ewentualnego niebezpieczeństwa. Włączanie się do ruchu odbywa się poprzez użycie świateł kierunkowych. Ich użycie musi odbyć się z wyprzedzeniem czasu, aby kierujący jadący z tyłu mogli zredukować prędkość, gdy zaistnieje taka potrzeba. Wyłączenie oznacza koniec przemieszczania się na bieżącym odcinku drogi i ewentualna kontynuacja jazdy inną drogą. Manewr ten musi być również jak włączanie odpowiednio zasygnalizowany, poprzez użycie świateł kierunkowych. Kolejnym z podstawowych manewrów jest krzyżowanie. Termin ten dotyczy punktów przecięcia strumieni ruchu. Ostatnim z manewrów jest przeplatanie. Manewr ten odnosi się do połączenia manewrów włączania i wyłączania, ponieważ manewr ten odbywa się na dwóch równoległych pasach. Przeplatanie traktowane jest, jako przecinanie ruchu pojazdów pod niewielkim kątem. Przejezdność skrzyżowania jest ważnym aspektem w trakcie projektowania dróg. Dotyczy ono możliwości przejechania przez skrzyżowanie pojazdów, dla których zostało takie skrzyżowanie zaprojektowane zapewniając im do tego dobrze zbudowaną infrastrukturę. Warunkiem przejezdności skrzyżowania jest możliwość pokonania przez pojazd danego skrzyżowania w dogodnych warunkach. Ważnym elementem przejezdności jest zapewnienie braku możliwości wystąpienia zakłóceń. Przyjmuje się, że wyznaczając przejezdność skrzyżowania pojazdy uczestniczące w ruchu określamy mianem pojazdu miarodajnego. Aby uznać skrzyżowanie za przejezdne muszą być spełnione pewne kryteria, do których należą⁹:

- a) odpowiednia szerokość pasów ruchu,
- b) dostosowanie krawędzi wysp i jezdni przystosowane do toru ruchu pojazdu miarodajnego
- c) stosowanie odpowiednich znaków pionowych mających na celu rozdzielić jezdnie na poszczególne pasy.

Ważnym elementem przejezdności skrzyżowania są cechy pojazdu. Cechami pojazdu miarodajnego istotnymi dla przejezdności skrzyżowania są jego wymiary oraz promień skrętu, oraz rozstaw kół. Na podstawie tych danych dostosowywane są szczegółowe parametry skrzyżowania, w szczególności jazda po łuku¹⁰. Poruszanie się na skrzyżowaniach, szczególnie na takich, gdzie występuje duże natężenie ruchu oraz panują nie do końca komfortowe warunki istnieje możliwość wystąpienia kolizji. Z wystąpieniem kolizji rozróżniamy następujące pojęcia są nimi punkt kolizji oraz powierzchnia kolizji. Punkt kolizji jest to miejsce na jezdni, gdzie zachodzi do przecięcia lub połączenia strumieni ruchu. Powierzchnią kolizji nazywamy obszar, na którym występują punkty kolizji. Pojęcie powierzchni kolizji jest za tym szerszym pojęciem, ponieważ na jej obszarze może występować kilka punktów kolizji, natomiast punkt kolizji jest to jedno konkretne miejsce. Liczba miejsc na skrzyżowaniu gdzie dochodzi do wypadków jest zależna od takich elementów jak rodzaj skrzyżowania, liczba

⁹ Bąk R., Chodur J., Gaca S., Kieć M., Ostrowski K. Wzorce i standardy WRD-31-1 Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Wymagania podstawowe, Ministerstwo Infrastruktury Departament Dróg Publicznych, Warszawa 2020.

¹⁰ Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M. Inżynieria ruchu drogowego teoria i praktyka, Wydawnictwo WKŁ, s. 58, 2008.

włotów oraz natężenie ruchu. W trakcie projektowania skrzyżowań należy starać się zminimalizować liczbę punktów kolizji. Oprócz redukcji liczby takich miejsc należy też odpowiednio zaplanować funkcjonowanie ruchu w takich miejscach. Realizacji takich zadań można dokonać poprzez tworzenie skrzyżowań o ruchu okrężnym, budowę skrzyżowań wielopoziomowych lub zredukować liczbę wlotów. Skrzyżowanie w rejonie, którego obowiązuje ruch okrężny nazywamy inaczej rondem. Rodzaj takiego skrzyżowania wyróżnia się od pozostałych skrzyżowań, ze względu na przebieg ruchu, który odbywa się wokół wyspy usytuowanej w centralnej części skrzyżowania. Skrzyżowania typu rondo są częstym rozwiązaniem, ponieważ znacząco poprawiają poziom bezpieczeństwa oraz wykazują dużą przepustowość. Skrzyżowania takiego typu znajdują zastosowanie w miejscach, gdzie dochodzi do licznych kolizji oraz w punktach łączących ważne szlaki komunikacyjne. Budowa nowych rond bądź przebudowa zwykłego skrzyżowania na skrzyżowanie o ruchu okrężnym niesie za sobą liczne zalety, do których można zaliczyć wysoki poziom bezpieczeństwa, redukcję prędkości jazdy ze względu na kształt takiego ronda, wyższą przepustowość oraz możliwość zawrócenia. Rozważając nad tym, co odgrywa istotną rolę w przepływie ruchu można rozróżnić pewne czynniki, które są wspólne dla wszystkich uczestników ruchu¹¹:

- a) ilość pasów na poszczególnych wlotach,
- b) ilość pasów w centralnej części ronda,
- c) obciążenia wlotu,
- d) długość trwania sygnału światła zielonego,
- e) udział pieszych przechodzących na wlotach,
- f) rozkład kierunkowy ruchu,
- g) częstość występowania skrzyżowań w pobliskich terenach.

Na rondach mini, małych i średnich projektowanych według wytycznych, a także na wstępujących w kraju rondach dużych, których wytyczne nie zalecają projektować, pojazdy z wlotów poporzędkowych rond włączają się do nadrzędnego potoku pojazdów na jezdni ronda o jednym lub dwóch pasach ruchu. Decydujący wpływ na przepustowość podporządkowanego wlotu jednopasowego lub dwupasowego mają wielkości natężenia potoku ruchu na rondzie - nadrzędnego dla pojazdów z danego wlotu lub pasa wlotu ronda, granicznego odstępu czasu i odstępu czasu między pojazdami podporządkowanymi wjeżdżającymi z kolejki na wolcie ronda. Do potoku nadrzędnego na rondzie, w odróżnieniu od skrzyżowań zwykłych i skanalizowanych, nie wlicza się natężeń ruchu relacji mogących oddziaływać na reakcję kierujących pojazdami z danego wlotu ronda, a nie wchodzących z nimi w kolizję, czyli pojazdów zjeżdżających wylotem przyległym do danego wlotu. Wpływ tych relacji jest zależny od odległości pomiędzy punktem wyłączenia z potoku na rondzie strumienia kierującego się do wylotu oraz punktem włączania się strumienia wjeżdżającego z danego wlotu. Metody analizy rond zlokalizowanych na terenach zabudowy oraz poza tymi terenami jest generalnie taka sama, pomimo iż ruch w warunkach miejskich ma nieco inną charakterystykę niż na rondach poza terenami zabudowy. Dotyczy to wahań natężeń ruchu i nieco innej struktury rodzajowej ruchu, niższych prędkości przy dojeździe do ronda, przejazdów i przystanków pojazdów miejskiej komunikacji zbiorowej oraz obecności pieszych. Niektóre z tych

¹¹ Gondke S., Ostrowski K. Metoda obliczania przepustowości dróg dwupasowych dwukierunkowych- Stan obecny, 2017

czynników są uwzględnione w obliczeniach przez zastosowanie odpowiednich współczynników korygujących. W obliczeniach przepustowości przedmiotowych rond już dość dawno zarzucono opis funkcjonowania odcinków pomiędzy wlotem a następującym po nim wylotem w formie przeplatania, które w rzeczywistości może mieć miejsce tylko na rondach o bardzo dużych średnicach rzadko występujących i niezalecanych do projektowania w Polsce. Ronda małe i średnie, które występują w Polsce, funkcjonują jako zespół kilku skrzyżowań z pierwszeństwem przejazdu, gdzie relacją nadrzędną jest potok na rondzie przed danym wlotem, a podporządkowaną potok z wlotu ronda. W obecnej metodyce obliczeń przepustowości jako podstawową wielkość, wyjściową do dalszych obliczeń, wyznacza się przepustowość każdego z wlotów na rondzie. Z tymi wartościami należy porównywać obliczeniowe natężenie ruchu dla określenia warunków ruchu pojazdów na danym wlocie. Przepustowość wlotu warunkowana jest m.in. strukturą kierunkową ruchu. Dla danej struktury ruchu na wlocie oraz proporcji natężeń ruchu z poszczególnych wlotów można, przy ustalonym poziomie natężeń ruchu na innych wlotach, wyznaczyć przepustowość możliwą analizowanego wlotu. Jest to wartość informująca, jak duży potok pojazdów mógłby wjechać z danego wlotu przy założonych wartościach natężeń ruchu z innych wlotów - tworzących potok nadrzędny dla danego wlotu. Wartość przepustowości możliwej wylotu jest wykorzystana następnie do dwóch celów: do obliczania przepustowości rzeczywistej ronda w drodze iteracji. Przepustowość rzeczywista danego wlotu - jest to natężenie ruchu na wlocie występujące w sytuacji, kiedy przy równomiernym wzroście natężeń na wszystkich wlotach (stała struktura kierunkowa i proporcje pomiędzy wlotami) wyczerpie się przepustowość jednego z wlotów ronda. Suma natężeń ruchu na wlotach obliczona w tej sytuacji jest określana jako przepustowość rzeczywista ronda. Te dwie wartości przepustowości mają znaczenie praktyczne przy ocenie możliwości wzrostu natężenia ruchu na wlotach ronda. Przy wzroście natężeń ruchu w okresie obliczeniowym powyżej wartości przepustowości rzeczywistej następuje wymuszona zmiana proporcji natężeń pomiędzy wlotami i w stanie nasycenia ronda (obecność kolejek na wszystkich wlotach ronda) suma natężeń na wlotach jest utożsamiana z przepustowością maksymalną ronda. W praktyce nie musi to oznaczać zmiany struktury kierunkowej ruchu i proporcji natężeń pomiędzy wlotami pojazdów w dłuższym okresie czasu (czyli zmian tras przejazdu pojazdów), lecz dłuższe czasy oczekiwania na zjazd kierowców niektórych relacji (z wlotów przeciążonych). Wartość przepustowości maksymalnej nie powinna być wykorzystywana w procesie projektowania geometrii i dlatego nie jest objęta metodą obliczeniową. W obliczeniach przepustowości wlotów ronda oprócz uwzględnienia wartości natężenia nadrzędnego, granicznego odstępów czasu i odstępów czasu między pojazdami podporządkowanymi wjeżdżającymi z kolejki na wlocie, uwzględnia się także strukturę rodzajową oraz wpływ natężenia ruchu pieszego utrudniającego wykorzystywanie większych odstępów czasu w nadrzędnym potoku pojazdów na rondzie przez pojazdy z kolejki. Warunki ruchu na poszczególnych pasach oraz wlotach podporządkowanych ronda, opisywane za pomocą poziomów swobody ruchu, ustala się na podstawie średnich strat czasu, jakie ponoszą pojazdy przy przejeździe ronda. Zawarte w instrukcji procedury obliczeniowe, w zakresie zastosowanych oznaczeń, dostosowane zostały głównie do rozwiązań rond o trzech i o czterech wlotach. Dla rond o pięciu wlotach potrzebne jest w tym względzie indywidualne podejście. Metodyka obliczania przepustowości i oceny warunków ruchu na wlotach rond opracowana została na podstawie wyników empirycznych i analitycznych badań zagranicznych, badań wyrwykowych prowadzonych w kraju i badań przeprowadzonych przez Autorów głównie do celów tej instrukcji na rondach jednopasowych i kilku dwupasowych. Niewielka liczba

rond semi - dwupasowych i dwupasowych funkcjonujących w naszym kraju w różnych lokalizacjach i warunkach spowodowała, że zakres danych leżących u podstaw opracowywania procedur obliczeniowych jest mały i stąd mogą w praktyce wystąpić pewne różnice pomiędzy pomierzonymi i obliczonymi wartościami¹².

Cel, zakres i metodyka badań

Celem badań było określenie dobowej oraz tygodniowej struktury ilościowo-jakościowej obciążenia ruchem ronda Ofiar Katynia w Krakowie, oraz wyznaczenie stopnia wykorzystania skrzyżowania w odniesieniu do jego maksymalnej przepustowości. Zakres badań obejmował bezpośredni pomiar liczby samochodów przejeżdżających przez rondo w każdym kierunku z uwzględnieniem jednostek przeliczeniowych pojazdów na tak zwane pojazdy umowne z zaznaczeniem miejsca wlotu i wylotu pojazdów na węźle. Ponadto zostało określone obciążenie odcinków międzywęzłowych różnymi rodzajami ruchu w stosunku do ruchu całkowitego w węźle. Badania niezbędne do wykonania obliczeń przeprowadzono przy wykorzystaniu metody ręcznej. Jest to najprostsza metoda ze względu na to, iż do przeprowadzenia pomiarów nie ma potrzeby korzystania ze specjalnego sprzętu. Badania przeprowadzono w ciągu czterech dni, każdy jeden dzień przypadając na jedną porę roku. W każdym dniu odbyły się trzy sesje pomiarowe we wcześniej ustalonych porach dnia oraz dokładnym czasie trwania pomiarów. Badanie polegało na bezpośrednim pomiarze pojazdów przejeżdżających przez skrzyżowanie z uwzględnieniem m.in. struktury kierunkowej oraz struktury rodzajowej. Po przeprowadzeniu pomiarów wszystkie pojazdy zostały zliczone i wykonano szczegółową analizę uwzględniającą kierunek jazdy, kategorie pojazdów, porę dnia oraz procentowy udział poszczególnych relacji w stosunku do całego skrzyżowania oraz poszczególnych wlotu ronda (rys.1).



¹² Tracz M, Chodur J. Metoda obliczania przepustowości rond. Wydawnictwo PiT, Warszawa, 2004.

Rys. 1. Rondo Ofiar Katynia w Krakowie

Źródło: mapy google

Obliczenia zostały przeprowadzone dla każdej z pór roku.

a) Natężenie potoku na jezdni:

wlot a (ul. Jasnogórska)

$$N_a = N_b + N_c + N_d \left[\frac{p}{h} \right]$$

wlot b (ul. Josepha Conrada)

$$N_b = N_a + N_c + N_d \left[\frac{p}{h} \right]$$

wlot c (ul. Armii Krajowej)

$$N_c = N_a + N_b + N_d \left[\frac{p}{h} \right]$$

wlot d (ul. Walerego Eljasza Radzikowskiego)

$$N_d = N_a + N_b + N_c \left[\frac{p}{h} \right]$$

N_a – natężenie obliczeniowe wlotu a [p/h]

N_b – natężenie obliczeniowe wlotu b [p/h]

N_c – natężenie obliczeniowe wlotu c [p/h]

N_d – natężenie obliczeniowe wlotu d [p/h]

b) Przepustowość wyjściowa wlotów ronda

$$C_{owl} = \frac{Q_{nwl} \cdot \exp \cdot \left(-0,85 \cdot \frac{Q_{nwl} \cdot t_g}{3600} \right)}{1 - \exp \cdot \left(-0,5 \cdot \frac{Q_{nwl} \cdot t_f}{3600} \right)} \left[\frac{E}{h} \right] \text{ dla } Q_{nwl} > 0 \text{ P/h}$$

Q_{nwl} – natężenie ruchu na jezdni ronda przy wlocie wl [p/h]

t_g – graniczny odstęp czasu [s]

t_f – odstęp czasu między pojazdami opuszczającymi kolejkę na wlocie [s]

c) Przepustowość możliwych wlotów ronda

$$C_{mwl} = C_{owl} \cdot f_p \cdot f_c \left[\frac{p}{h} \right]$$

C_{mwl} - przepustowość możliwa wlotu ronda, w przypadku dwupasowego wlotu jest to łączna przepustowość obu pasów

C_{owl} - przepustowość wyjściowa wlotu ronda [p/h]

f_p - współczynnik korygujący dla blokowania pojazdów przez pieszych

f_c - współczynnik uwzględniający strukturę rodzajową

d) Rezerwa przepustowości możliwej wlotu ronda

$$\Delta C_{mwl} = C_{mwl} - Q_{wl} \left[\frac{p}{h} \right]$$

C_{mwl} - przepustowość możliwa wlotu [p/h]

Q_{wl} - obliczeniowe natężenie ruchu na wlocie [p/h]

e) Miarodajna długość kolejki na wlocie ronda oraz długość kolejki wyrażona w [m]

$$K_A^m = \frac{C_{mwl}}{4} \cdot t_a \cdot \left[\left(\frac{Q_{wl}}{C_{mwl}} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{Q_{wl}}{C_{mwl}} - 1 \right)^2 + \frac{3600 \cdot Q_{wl}}{150 \cdot t_a \cdot C_{mwl}}} \right]$$

C_{mwl} - przepustowość możliwa wlotu [p/h]

Q_{wl} - obliczeniowe natężenie wlotu [p/h]

t_a - okres analizy [h]

$$L_k = K_{wl}^m \cdot l_p \quad [m]$$

$$L_p = l_l + u_c \cdot (l_c - l_l) \quad [m]$$

u_c - udział pojazdów ciężkich w natężeniu analizowanej relacji podporządkowanej

l_c, l_l - średnia długość w kolejce pojazdu lekkiego i ciężkiego [m] (można przyjmować

$l_l = 6,2$ [m], $l_c = 13$ [m])

f) Zależność między długością odcinków przeplatania, ilością pasów i szybkością przeplatania

$$l_p = 19 + \frac{v^2}{35} + (n - 2) \cdot (19 + 0,014 \cdot v^2) [m]$$

v - prędkość [km/h]

n - ilość pasów na rondzie

g) Średnica ronda

$$D = \frac{4 \cdot (l_p + b_w) - \pi \cdot b}{\pi} [m]$$

Liczba 4 jest ilość wlotów na rondzie

l_p - długość odcinka przeplatania [m]

b_w - szerokość czoła wyspy [m]

b - szerokość jezdnii ronda $b = n \cdot \text{szerokość pasa ruchu}$

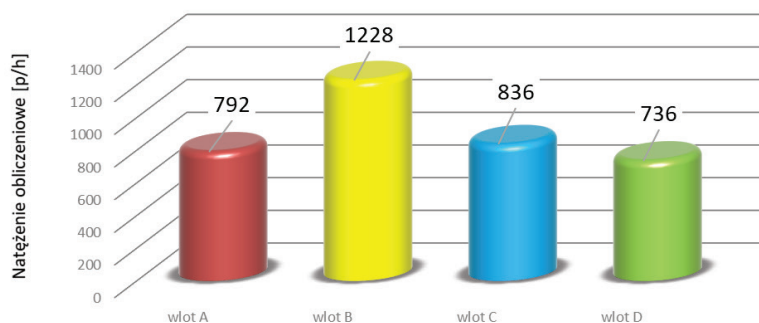
h) Ilość pasów ruchu na poszczególnych odcinkach

$$n = \frac{W_1 + 3 \cdot W_2 + F_1 + F_2}{C}$$

F_1 i F_2 - strumienie ruchu nie przeplatające się w ogóle W_1 - większy strumień ruchu przeplatającego się W_2 - mniejszy strumień ruchu przeplatającego się ($W_2 < W_1$) C - przepustowość jednego pasa ruchu [p/h]

Wyniki badań

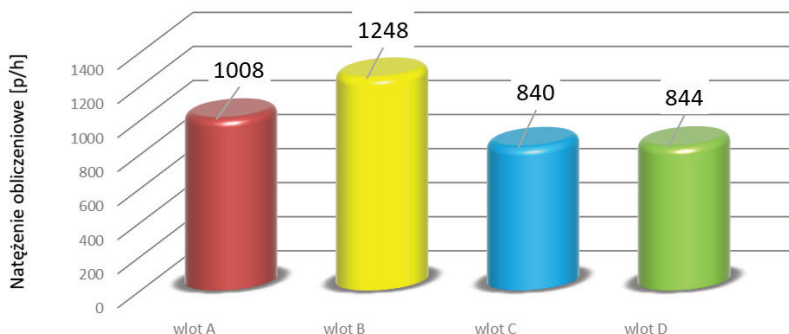
Podstawową wielkością określającą zdolność skrzyżowania do realizacji operacji zmiany kierunku jazdy pojazdów jest natężenie ruchu pojazdów. Na rysunkach 2-5 przedstawiono jednostkową liczbę pojazdów przejeżdżających przez skrzyżowanie w czasie całego roku doświadczalnego.



Rys. 2. Natężenie pojazdów na poszczególnych wlotach analizowanego skrzyżowania w okresie wiosennym

Źródło: opracowanie własne

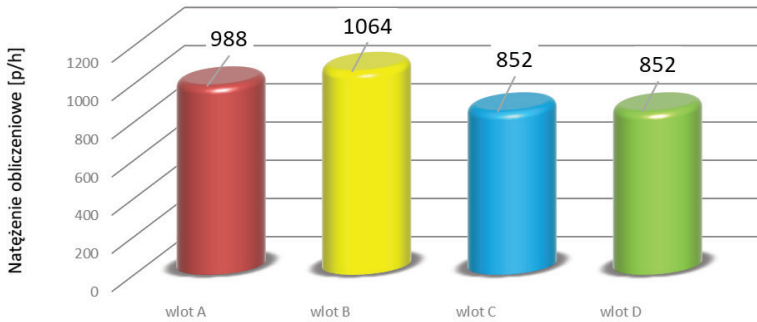
W przypadku wlotu „A” (ul. Jasnogórska) najwyższą liczbę pojazdów odnotowano w okresie letnim, natomiast najmniejszą liczbę pojazdów stwierdzono w okresie wiosennym, co mogło być wynikiem początków ograniczeń związanych z rozwijającą się pandemią.



Rys. 3. Natężenie pojazdów na poszczególnych wlotach analizowanego skrzyżowania w okresie letnim

Źródło: opracowanie własne

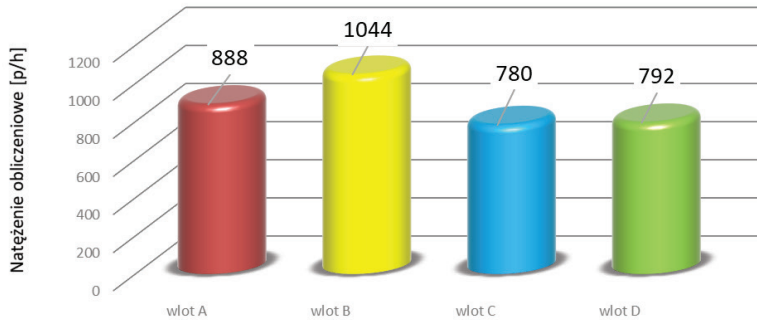
Najwyższą liczbę pojazdów przejeżdżających przez skrzyżowanie bez względu na porę roku odnotowano na wlocie „B” (ul. Josepha Conrada), która przekraczała 1000 p/h we wszystkich wyszczególnionych w tabeli czasookresach. W przypadku w/w wlotu nie odnotowano spadku liczby pojazdów w okresie wiosennym.



Rys. 4. Natężenie pojazdów na poszczególnych wlotach analizowanego skrzyżowania w okresie jesiennym

Źródło: opracowanie własne

Analizując wloty „C” (ul. Armii Krajowej) i „D” (ul. Walerego Eljasza Radzikowskiego), stwierdzono niższą liczbę przejeżdżających pojazdów, która nie przekraczała 900 p/h bez względu na porę roku, której dotyczył pomiar.

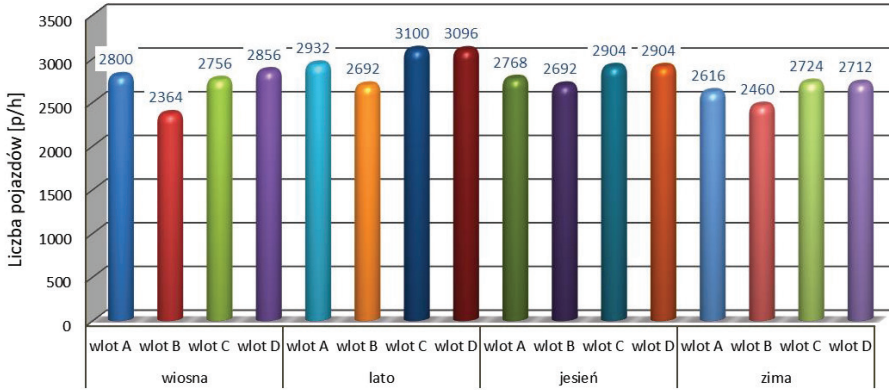


Rys. 5. Natężenie pojazdów na poszczególnych wlotach analizowanego skrzyżowania w okresie zimowym

Źródło: opracowanie własne

Odnotowano bardzo duże wartości natężenia potoku na jezdni (rys. 6), gdzie największe wartości natężenia panują na wlotach ulicy Radzikowskiego oraz Armii Krajowej, które w niewielkim stopniu przeważają nad wlotem ulicy Jasnogórskiej. Najmniejsze wartości na-

natężenia potoku występują na wlocie ulicy Josepha Conrada. Różnica wartości była uwarunkowana poziomem swobody ruchu. Zauważono, że wartości natężenia potoku jezdni wlotów A, C oraz D znacznie odbiegały od wlotu B, gdzie natężenie ruchu było najmniejsze.

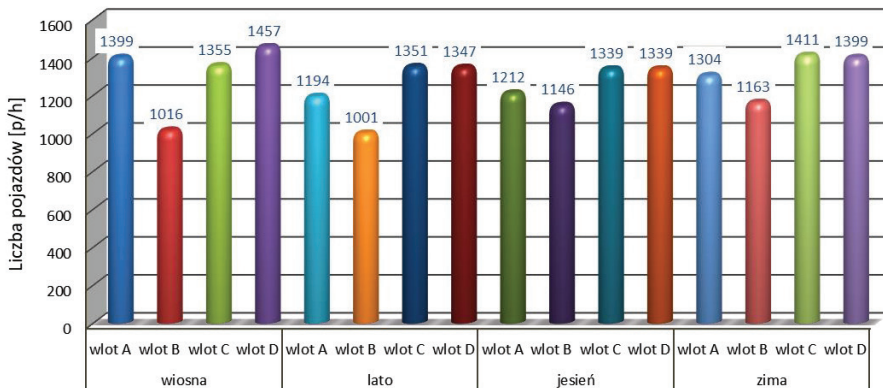


Rys. 6. Natężenie potoku na jezdni analizowanego ronda

Źródło: opracowanie własne

Należy zaznaczyć, że natężenie potoku na jezdni ronda jest sumą natężeń wszystkich relacji wchodzących w skład potoku na rondzie przed danym wlotem, co ważne do tego natężenia nie jest wliczane natężenie potoku pojazdów opuszczających jezdnię ronda wylotem poprzedzającym analizowany wlot.

Przepustowość wyjściowa oznacza maksymalną liczbę samochodów osobowych jaka może wjechać z danego podporządkowanego wlotu ronda na jezdnię ronda w okresie jednej godziny, przy utrzymującej się kolejce na wlocie w warunkach uznanych za wyjściowe. Zauważono, że najniższe wartości przepustowości wyjściowej odnotowano na wlocie B bez względu na porę roku, co było wynikiem dużych strat czasu przypadająca na jeden pojazd i duży udział tego wlotu w ogólnej liczbie pojazdów przejeżdżających przez skrzyżowanie (rys. 7).

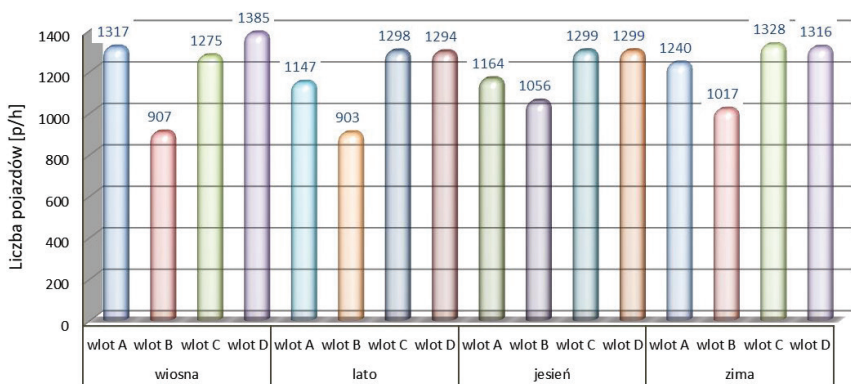


Rys. 7. Przepustowość wyjściowej wlotów skrzyżowania

Źródło: opracowanie własne

Nieco wyższe wartości stwierdzono na wlocie A, co było efektem lepszych warunków jazdy oraz mniejszymi utrudnieniami. Największą przepustowością charakteryzowały się na przemienne wlot C oraz wlot D. Wartości obu wlotów były bardzo do siebie zbliżone. Warunki przemieszczania się były bardzo podobne, występowały małe straty czasu, oraz mniejszy udział tych wlotów w strukturze natężenia ruchu pojazdów przedmiotowego ronda.

Przepustowość potencjalna wlotów ronda uwzględnia utrudnienia związane z ruchem pieszych oraz strukturą rodzajową pojazdów, poniżej przedstawiono tok i wyniki obliczeń dla każdej pory roku i każdego wlotu ronda. Odnotowano, że najmniejsza przepustowość potencjalna w każdej z pór roku występuje na wlocie B (rys. 8). Jest to spowodowane dużymi stratami czasu oczekiwania na możliwość wjazdu na jezdnie ronda oraz znaczącymi utrudnieniami.



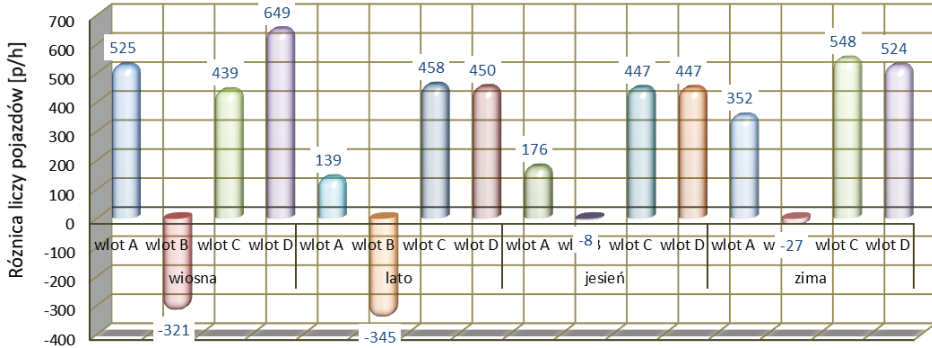
Rys. 8. Przepustowość potencjalna wlotów skrzyżowania

Źródło: opracowanie własne

Wyższą przepustowością charakteryzował się wlot A, co było uwarunkowane w miarę płynnym ruchem na tym wlocie oraz ograniczonymi utrudnieniami, ale mniejszymi niż te, które były na wlocie B. Największą wartością przepustowości możliwej charakteryzował się wlot C oraz D. Wartości tych parametrów były do siebie bardzo zbliżone prawie w każdej porze roku. Spowodowane było to małymi kolejkami oczekujących pojazdów oraz w równomiernie rozłożonym ruchu w czasie.

Rezerwa przepustowości pozwala określić liczbę pojazdów o które można zwiększyć natężenie ruchu pojazdów bez konieczności nadmiernej kolejki oczekiwania przed wjazdem na skrzyżowanie. Wartości uzyskane w trakcie obliczeń ukazały jak bardzo zróżnicowane warunki panują na analizowanym skrzyżowaniu (rys. 9). Najgorsze warunki panowały na wlocie B, gdzie w każdej porze roku rezerwa przepustowości była ujemna. Wynikało to z faktu, że wlot B jest w dużym stopniu obciążony ruchem pojazdów. Pozostałe wloty posiadały dodatnią rezerwę przepustowości. Wlot A uzyskał drugi najlepszy wynik w porze wiosennej

natomiast w pozostałych porach roku było to już trzecie miejsce. Najwyższą wartością rezerwy dysponowały na wloty C oraz D. Wlot D uzyskał bardzo dużą wartość rezerwy w porze wiosennej, znacznie większą niż w przypadku wlotu A.



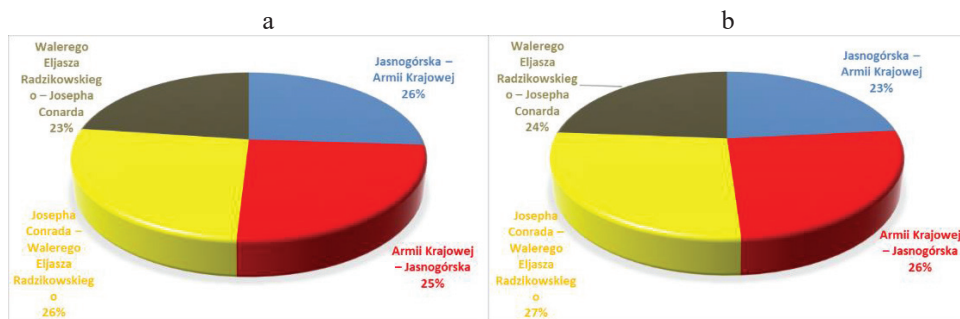
Rys. 9. Zestawienie rezerwy przepustowości możliwej wlotów skrzyżowania

Źródło: opracowanie własne

Biorąc pod uwagę długość kolejki w okresie wiosennym stwierdzono, że najlepsze warunki panowały na wlotach A, C oraz D, gdzie poziom swobody ruchu sklasyfikowano jako pierwszy. Najgorsze warunki panowały na wlocie B, gdzie występowała ujemna rezerwa przepustowości oraz bardzo długie kolejki na wlocie, w związku z wjazdem pojazdu na rondo w konsekwencji zidentyfikowano tam czwarty poziom swobody ruchu. W przypadku pory letniej na wlotach C oraz D występowały bardzo dobre warunki (pierwszy poziom swobody ruchu), wartości dla obu wlotów są niemalże identyczne. Dobre warunki panowały na wlocie A, gdzie zauważono wyraźną różnicę pomiędzy wlotami C i D dlatego temu wlotowi przypisuje się drugi poziom swobody ruchu. Wlot B wykazał najgorsze warunki w trakcie przemieszczania się, ponieważ występował tam ujemna rezerwa przepustowości oraz wysoka wartość miarodajnej kolejki na wlocie. Na wlocie B występują warunki, które odpowiadają czwartemu poziomowi swobody ruchu. W przypadku jesiennej pory roku najlepszymi warunkami charakteryzowały się wloty C oraz D, gdzie występowała duża przepustowość oraz wysoka rezerwa przepustowości. Wlot ten wykazał niewielką długość kolejki pojazdów oczekujących na wjazd na rondo. Dobrymi warunkami charakteryzował się wlot A ze względu na wysoką przepustowość oraz trochę mniejszą rezerwę przepustowości niż wloty C i D. Wlot ten był nieznacznie obciążony przez ruch pojazdów. Najgorszymi warunkami swobody ruchu wskazano wlot B ze względu na duże obciążenie oraz niedogodne przemieszczanie się i występowanie częstych zatorów drogowych. W zimie na większości z wlotów badanego skrzyżowania występowały bardzo dobre warunki. Najlepsze warunki panowały na wlotach A, C oraz D. Ruch na nich był ciągły, charakteryzowały się one sporą przepustowością oraz niewielką kolejką związaną z możliwością wjazdu na rondo. Najgorsze warunki panowały na wlocie B.

Analizowane rondo jest wielopoziomowym skrzyżowaniem. Jego rozbudowa polegała na doprowadzeniu drogi pod skrzyżowaniem, aby ułatwić ruchu dla pojazdów jadących od

strony ulicy Armii Krajowej w stronę ulicy Jasnogórskiej oraz budowy estakady umożliwiającej rozładowanie ruchu dla pojazdów jadących na odcinku ulicy Radzikowskiego a ulicy Josepha Conrada. Na rysunkach 10ab i 11 ab przedstawiono strukturę wykorzystania estakady i tunelu, które powodują odciążenie natężenia ruchu pojazdów na analizowanym skrzyżowaniu wyszczególniając porę roku.



Rys. 9. Procentowy udział wykorzystania estakady i tunelu: a) wiosna, b) lato

Źródło: opracowanie własne

Stwierdzono, że przebudowa skrzyżowania znacząco odciążała ruch na samym rondzie (minimum 78% pojazdów jadących na wprost wybrało możliwość ominięcia ronda). Możliwość pokonania skrzyżowania korzystając z estakady lub tunelu jest na pewno korzystnym rozwiązaniem, ponieważ zmniejsza szanse na powstawania jeszcze dłuższych kolejek, które są częstym zjawiskiem, kolejnym atutem jest krótszy czas oczekiwania w kolejce pojazdów, które wybierają jednak opcje jazdy przez rondo. Przebudowa skrzyżowania na wielopoziomowe jest na pewno korzystnym rozwiązaniem dla pojazdów ciężarowych ze względu na duże rozmiary oraz dłuższy czas włączenia się do ruchu na rondzie nie powodując tym samym spowolnienia ruchu lub nawet jego zatrzymania.

Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników z przeprowadzonych obliczeń można stwierdzić, że na analizowanym skrzyżowaniu panują bardzo zróżnicowane warunki. Duże natężenie ruchu powoduje, że kierowcy nie zawsze mogą przemieszczać się swobodnie, co wymusza znaczne ograniczenie prędkości jazdy i generuje wysoki poziom koncentracji. Przeprowadzona ocena wykazała duże obciążenie ruchem przedmiotowego skrzyżowania, który wynikało głównie z ruchu samochodów osobowych, których w strukturze użytkownika skrzyżowania odnotowano ponad 70%. Według przeprowadzonych obliczeń najgorszymi warunkami wykazuje się wlot ulicy Josepha Conrada. Podczas wykonywania szczegółowej analizy wyników przeprowadzonych badań wlot ten osiągał w każdej porze roku największy procentowy udział pojazdów, które wjeżdżały na rondo, co powodowało, że takie parametry takie jak przepustowość możliwa, przepustowość wyjściowa czy miarodajna długość kolejki znacząco odbiegały od pozostałych wlotów na jego niekorzyść a tym samym stwarzając nie komfortowe

warunki jazdy dla wszystkich uczestników ruchu tego skrzyżowania. Lepszymi warunkami od wcześniej omówionego wlotu występowały na ulicy Jasnogórskiej wyznaczenie odpowiednich parametrów pozwoliło określić, że występuje tam drugi poziom swobody ruchu. Oznaczało to, że ruch na tym odcinku jest równomierny, występuje swoboda doboru prędkości a występowanie utrudnień jest rzadkie. Natomiast najbardziej korzystne warunki występowały na wlotach ulicy Armii Krajowej oraz ulicy Radzikowskiego. Na wymienionych odcinkach skrzyżowania występował pierwszy poziom swobody ruchu. Ruch odbywał się płynnie natomiast występowanie utrudnień było znikome. Kolejnym czynnikiem decydującym o dobrych warunkach panujących na tych wlotach był krótszy czas oczekiwania w kolejce na możliwość wjazdu pojazdu na jezdnię ronda. Przeprowadzając ocenę struktury obciążenia ruchem należy wziąć pod uwagę również wpływ, jaki na przebieg ruchu i jego organizację miała rozbudowa ronda Ofiar Katynia o budowę estakady i tunelu. Wybudowanie tych elementów w dużym stopniu wpłynęło na zmniejszenie utrudnień na samym rondzie ze względu na fakt, iż pojazdy chcące kierować się na wprost skrzyżowania nie muszą pokonywać ronda a tym samym rondo zostaje pewnym stopniu odciążone, czego skutkiem jest też zwiększenie poczucia swobody u kierowców. Zastosowanie takiego rozwiązania niesie korzyść również dla ruchu pojazdów ciężarowych. Udział tego typu pojazdów w ogólnej liczbie wszystkich uczestników wynosił ok. 8%. Jednakże zdecydowanie większa część pojazdów ciężarowych kierując się relacją na wprost wybierała możliwość ominięcia skrzyżowania o ruchu okrężnym, co powodowało zmniejszenie występowania dłuższych kolejek na wlotach oraz zmniejszeniem czasu na pokonanie skrzyżowania. W trakcie przeprowadzonych obliczeń najgorsze warunki panowały na ulicy Josepha Conrada jest to spowodowane między innymi tym, że osoby, które chcą wyjechać z pobliskich obiektów handlowych w stronę Nowej Huty muszą skorzystać z ronda, na którym mogą zawrócić. Rozwiązaniem, które mogłoby polepszyć pokonywanie skrzyżowania jest zwiększenie liczby pasów na jezdni ronda. Kolejne rozwiązanie dotyczyłoby umożliwienia wcześniej omówionego przejazdu pojazdom, które chcą jechać w stronę Nowej Huty.

Bibliografia

- Brilon W.: Ronda: stan wiedzy w Niemczech. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne, 92, z. 151, s. 55-75, 2010.
- Dz.U.2016.0.124. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej rozdział 13 §55 z dnia 2.03.1999
- Macioszek E.: Weryfikacja metody obliczania przepustowości małych rond. Zeszyty Naukowe. Transport/Politechnika Śląska, s. 339-346, 2004.
- Macioszek E. Analiza możliwości zastosowania metody HCM 2010 do szacowania przepustowości pasów ruchu na wlotach rond w Polsce. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport, 113, s. 327-340, 2016.
- Tracz M., Chodur J. Metoda obliczania przepustowości rond. Wydawnictwo PiT, Warszawa 2004.
- Pędzierska M., Kamiński T., Gąsiorek K., Szmidt E., Razin P. Koncepcja oceny wpływu inteligentnych systemów transportowych na bezpieczeństwo ruchu drogowego i efektywność ruchu z użyciem wysokiej klasy symulatorów jazdy. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe. 2017.
- Popardowski E. Analiza natężenia ruchu drogowego na wybranym skrzyżowaniu bez sygnalizacji świetlnej. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 20, 2019.

Prawo o ruchu drogowym art. 2. ustęp. 10. Ustawa z dnia 20 czerwca 1997

Radosław Bąk R., Chodur J., Gaca S., Kieć M., Ostrowski K. Wzorce i standardy WRD-31-1 Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Wymagania podstawowe, Ministerstwo Infrastruktury Departament Dróg Publicznych, Warszawa 2020.

Sobota A., Karoń G., Żochowska R. Determinanty wyboru typu skrzyżowania drogowego w miastach na etapie projektowania. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport, 98, s. 595-613, 2013.

Spławińska M. Badanie przepustowości rond dwupasowych na przykładzie wybranych rond w Krakowie i Kielcach. Transport Miejski i Regionalny, s. 17-22, 2006.

Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M. Inżynieria ruchu drogowego teoria i praktyka, Wydawnictwo WKŁ, Warszawa 2008.

Gondek S., Ostrowski K. Metoda obliczania przepustowości dróg dwupasowych dwukierunkowych- Stan obecny. 2008.

<http://krakow.pl>

<https://edroga.pl/inzynieria-ruchu/swiatowy-ranking-natezenia-ruchu-120215012>

Adres do korespondencji: e-mail: pawel.kielbasa@urk.edu.pl

ORCID: Paweł Kielbasa 0000-0003-0249-8626

ORCID: Tomasz Dróżdź 0000-0001-6624-9798

WPLYW TYPU SAMOCHODU NA WIELKOŚĆ OBCIĄŻENIA FIZJOLOGICZNEGO KIEROWCY

Paweł Kielbasa¹ Anna Miernik¹, Klaudia Olszewska¹, Grzegorz Wcisło²

¹ Katedra Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

² Katedra Inżynierii Bioprocessów, Energetyki i Automatykacji Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wstęp

Stopień koncentracji człowieka w czasie pracy jest podstawowym elementem poprawnej realizacji danego procesu, szczególnie dotyczy to kierowców samochodów ciężarowych. W inżynierii ruchu bardzo istotne jest traktowanie obiektu jako systemu, który składa się z trzech elementów: człowiek – pojazd – droga. Najistotniejszym z tych elementów jest człowiek, dlatego też rozwiązywanie problemów ruchu drogowego wymaga znajomości zachowania użytkowników dróg – kierowców, rowerzystów oraz pieszych. Znajomość cech człowieka pozwala bowiem projektantom dróg oraz organizatorom ruchu drogowego tworzyć i eksploatować wyżej wspomniany system w sposób możliwie najbardziej użyteczny i bezpieczny¹. Statystyki pokazują, że rocznie na świecie ma miejsce około 1 300 000 wypadków drogowych, w których ginie ponad 40 000 osób, a rannych zostaje 1 700 000 osób. Koszty tych wypadków szacuje się na 160 mld. euro. Według badań europejskich dotyczących warunków pracy transport należy do sektorów szczególnie niebezpiecznych. Polska zajmuje jedno z ostatnich miejsc w Unii Europejskiej pod względem bezpieczeństwa. W ciągu ostatnich 10 lat (2010-2020) rocznie ginęło w Polsce średnio ponad 3,2 tys. osób (ok. 8 każdego dnia). W samym tylko 2019 r. ponad 37 tys. osób zostało rannych, a straty spowodowane wypadkami szacowane są na ponad 56 mld zł rocznie². Na bezpieczeństwo ruchu wpływa także stan techniczny pojazdów. Według danych policji w 2020 r. niesprawność techniczna była bezpośrednią przyczyną 64 wypadków (0,3%), w których zginęło 8 osób. Z analizy dostępnych danych statystycznych Polska wyróżnia się wśród innych krajów europejskich w ilości stwierdzonych negatywnych wyników badań technicznych. W Polsce na niecałe 19 mln badań przeprowadzonych w 2020 r. jedynie 2,5% zakończyło się wynikiem negatywnym. W Niemczech wśród 10 mln wylosowanych badań technicznych przeprowadzonych

¹ Brożyna E.: Czynniki ludzkie a bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Autobusy, nr 7-8, s. 49-52, 2017.

² Pozyskano z: www.nik.gov.pl/plik/id,24196,vp,26938.pdf

w okresie od czerwca 2017 r. do czerwca 2018 r. aż 20% pojazdów nie zostało dopuszczonych do ruchu. Podobna tendencja utrzymuje się w Finlandii, gdzie w latach 2017-2020 przeciętnie w jednym na pięć samochodów zostały stwierdzone poważne usterki techniczne, które wykluczyły badany pojazd z ruchu drogowego. Pomimo potencjalnie ogromnych możliwości ludzkiego mózgu istotne znaczenie ma tu następujące ograniczenie³: redukcja strumienia informacji wynosi od 3 000 000 bitów/sek. (przepływ przez układ nerwowy) do 16 bitów/sek. (strumień informacji świadomie spostrzegany) i 0,7 bita/sek. (strumień informacji trwale zapamiętywany). Tadeusiewicz⁴ podaje, że pojemność informacyjną kanałów zmysłów można szacować, jako: wzrok: 100 Mb/sek., dotyk 1Mb/sek., słuch 15 Kb/sek., węch 1 Kb/sek., smak 100 b/sek. Obecnie miejsca pracy znacznie częściej generują obciążenia o charakterze umysłowym, zastępując tym samym obciążenia o charakterze fizycznym związane z pracą mięśniową. Kielbasa⁵ zaobserwował, że czas pracy kierowcy wpływa na relacje między wydatkiem energetycznym określanym na podstawie liczby uderzeń serca a wydatkiem energetycznym określanym na podstawie wentylacji płuc, tj. pod koniec zmiany roboczej danej jednostce skurczów serca odpowiada większa objętość wydychanego powietrza, co wyraźnie wskazuje na zmęczenie kierowcy, który do realizacji tej samej czynności zużywa więcej tlenu. Podczas procesu sterowania podstawą do podjęcia decyzji i wykonania celowego działania są sygnały, które odbiera operator. Urządzenia sterownicze umożliwiają operatorowi bezpieczne, sprawne i poprawne wykonanie procesu sterowania obiektem transportowym. Wg Juliszewskiego⁶ problem, jaki narasta to tzw. kompatybilność układu człowiek-maszyna w zakresie przepływu informacji od urządzeń sygnalizacyjnych do operatora oraz wykonywania czynności sterowniczych (rys 1).

Konieczne w tym przypadku sprzężenie zwrotne, które generuje efektor a w konsekwencji przesterowanie charakteryzuje się trzema elementami tj. dostrzeganie sygnału, identyfikacja sygnału (rozdzielanie) i rozumienie. Zatem kierowca jadący samochodem (rys. 2) najpierw dostrzeże światło na skrzyżowaniu, później identyfikuje kolor a następnie kojarzy kolor z przepisami (zielone – można jechać). Kielbasa⁷ określili wzajemne relacje między długością i rodzajem czynności związanej z pracą umysłową a stopniem zużycia psychicznego i wskaźnikiem rezerwy tętna. Badania przeprowadzono na grupie 25 osób, które realizują poszczególne etapy procesu szkolenia dotyczącego obsługi współczesnych ciągników rolniczych. Podobne badania przeprowadzono w przypadku pracy informatyków konfigurując na ich podstawie rotację pracowników w obrębie wykonywanych czynności⁸. Świadomość

³ Grandjean E. *Physiologische Arbeitsgestaltung*. Ott Verlag Thun, s. 152-160, 1987.

⁴ Tadeusiewicz R. *Sieci neuronowe*. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, 1993.

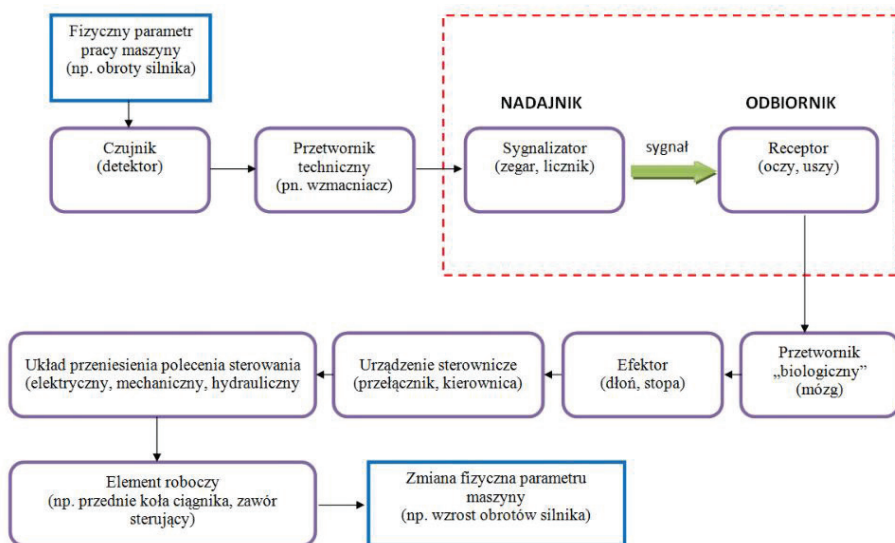
⁵ Kielbasa P., Juliszewski T., Zagórda M., Trzyniec K., Tłałka P. Analiza struktury wydatku energetycznego kierowców samochodów ciężarowych w czasie realizacji przewozu transportowego. *Autobusy-bezpieczeństwo i ekologia*, 6, s. 127-132 2018.

⁶ Juliszewski T., Kielbasa P. *Ergonomia dawniej i dziś. Inżynieria rolnicza w dobie innowacyjnej gospodarki*. Dorobek naukowy i dydaktyczny Wydziału, Wydawnictwo PTIR, s. 65-83, 2012

⁷ Kielbasa P., Juliszewski T., Rusnak J., Pikul K. Impact of the mental activity type on the mental fatigue and degree of physiological workload. *Agricultural Engineering*. 4(152), s.111-121, 2014.

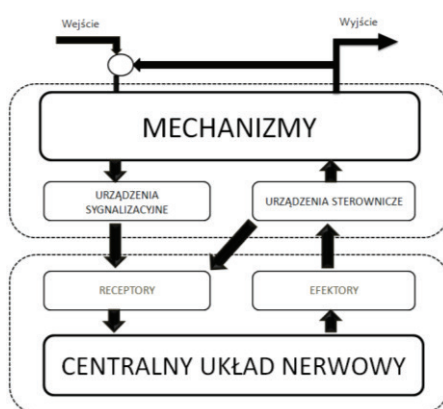
⁸ Kielbasa P., Juliszewski T., Kądzioła D. Wpływ rodzaju czynności umysłowej związanej z pracą informatyka na zmęczenie psychiczne i stopień obciążenia fizjologicznego pracą. *Technika Transportu Szynowego*, 12, s. 772-778.

skutków podjęcia niewłaściwej decyzji zwiększa stres pracownika, narażając go na obciążenie układu nerwowego. Stwierdzono istotną relację wyników między zastosowanymi metodami a liczbą błędów popełnianych w zadaniu logicznym w przypadku dużego stopnia obciążenia psychicznego.



Rys. 1. Łańcuch informacyjny i jego powiązanie z procesem sterowania

Źródło: Juliszewski i in. 2012⁶



Rys. 2. Percepcja sygnałów

Odnotowano, że obciążenie psychiczne w czasie analizy badań naukowych ma bardzo stabilny przebieg oscylując w granicach od 60% do 70% maksymalnych możliwości człowieka. Świadczy to o dużej przewidywalności poziomu zmęczenia, co daje możliwość budowy precyzyjnej struktury czasu pracy optymalizującej wydajność pracownika¹⁰. Kielbasa¹¹ badając obciążenie psychiczne operatorów specjalistycznych maszyn i kierowców samochodów ciężarowych stwierdził, że jest porównywalne w wartościach średnich, ale charakterystyka poziomu skupienia w czasie pracy jest odmienna, ponieważ w przypadku operatorów jest znacznie mniejszy zakres oscylacji niż w przypadku kierowców samochodów ciężarowych, gdzie stwierdził znaczne zróżnicowanie w poziomie koncentracji kierowcy. Należy mieć świadomość, że na kierowcę uczestniczącego w ruchu drogowym oddziałują szybkozmienne bodźce wzrokowe, akustyczne i drganiowe, które oddziałują łącznie a amplitudy tych sygnałów są znaczne. Czynnikiem, który wpływa bezpośrednio na komfort prowadzenia pojazdu jest typ samochodu. Wybór typu samochodu podyktowany jest wieloma czynnikami, gdzie jednym z nich jest komfort jazdy, będący bardzo często subiektywnym wyborem. Biorąc pod uwagę typ samochodu należałoby wziąć pod uwagę generowane obciążenie psychiczne kierowcy w czasie jazdy i ocenić, czy subiektywne poczucie komfortu jest tożsame z obiektywnym poziomem obciążenia psychicznego. Obciążenie psychiczne kierowcy jest istotnym czynnikiem bezpieczeństwa ruchu pojazdów oraz określa bezpieczny zasięg podróży samochodem po przekroczeniu, którego ryzyko popełnienia błędu znacznie wzrasta.

Cel, zakres i metodyka badań

Celem badań było określenie wielkości struktury obciążenia psychicznego kierowcy w czasie jazdy różnymi typami samochodów w relacji z parametrami technicznymi wybranych odcinków dróg.

Zakres pracy obejmował pomiar znużenia psychicznego kierowców poprzez badanie poziomu zaangażowania mentalnego oraz poziomu skupienia uwagi za pomocą neurohelmu Emotiv EPOC+. W czasie jazdy została mierzona również liczba uderzeń serca kierowcy na podstawie, której określony został wskaźnik rezerwy tętna. Doświadczenie zostało przeprowadzone na wybranych odcinkach dróg województwa małopolskiego. Sporządzono również chronometraż wykonywanych czynności przez kierowcę oraz przejechanego odcinka drogi, który uszczegółowiono w przypadku ewentualnych zdarzeń drogowych.

Podstawową metodą określania aktywności kierowcy był pomiar liczby skurczów serca kierowcy przy wykorzystaniu do tego celu miernika POLAR RCX5 GPS (rys.3), który składa

⁹ Paluskiewicz L. Ergonomiczne właściwości przyrządów sygnalizacyjnych i sterowniczych. Warszawa, Instytut Wydawniczy CRZZ, 1975.

¹⁰ Kielbasa P., Drózd A., Trzyniec K., Juliszewski T., Drózd T. Assessment of mental load of an employee who operate a computer program supporting the didactic process. Applications of Electromagnetics in Modern Engineering and Medicine, PTZE, s. 250-253, 2019.

¹¹ Kielbasa P. Ocena obciążenia psychicznego kierowców i operatorów współczesnych samobieżnych maszyn specjalistycznych. Mechatronika i Telematyka w Logistyce, PTIR, s. 135-151, 2019.

się z elektrod umieszczanych na klatce piersiowej oraz rejestratora, który zakłada się na nadgarstek. Urządzenie to nie wywołuje dyskomfortu ruchowego u osoby badanej. Maksymalne tętno (HR_{max}) uzależnione jest od wieku człowieka. Tętno minimalne, zwane również tętnem bazowym (HR_{min}) jest indywidualne i występuje na ogół w zakresie od 45 do 70 ud/min. Pozwoliło to określić stopień obciążenia fizjologicznego wykorzystując skalę Buchbergera¹². Pomiar tętna u kierowcy prowadzony był całodobowo, co pozwoliło określić tętno minimalne. Do określenia intensywności wysiłku posłużono się wskaźnikiem rezerwa tętna¹³.



Rys. 3. Urządzenie do pomiaru liczby uderzeń serca oraz sposób oceny wysiłku fizycznego na podstawie wskaźnika rezerwy tętna

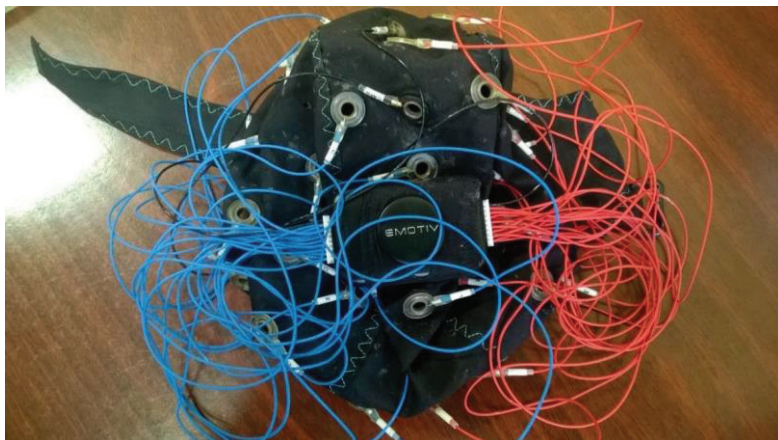
Źródło: Kielbasa, 2019¹⁴

Badanie poziomu zaangażowania mentalnego realizowano w trakcie wykonywania zadania. Sygnały EEG, na podstawie których wyznaczono poziom obciążenia psychicznego pracą, rejestrowane były za pomocą neurohelmu Emotiv EPOC+. Urządzenie to posiada 14 elektrod oraz dwuosiowy żyroskop śledzący ruchy głowy (rys. 4). Elektrody rozmieszczone na głowie mierzą zmiany potencjału elektrycznego na powierzchni skóry, a zmiany te pokazują się na skutek aktywności neuronów kory mózgowej. Hełm Emotiv EPOC Plus odczytuje sygnał EEG, który jest zapisem czynności bioelektrycznej mózgu i przedstawia go w formie wykresu zwanego elektroencefalogramu.

¹² Buchberger J. Die Beurteilung von Arbeitsbeanspruchungen aufgrund der kontinuierlich registrierten Herzschlagfrequenz. Arbeitsärztlicher Dienst des BIGA, Bern. Arbeitsmedizinische Informationen, 12, 1984.

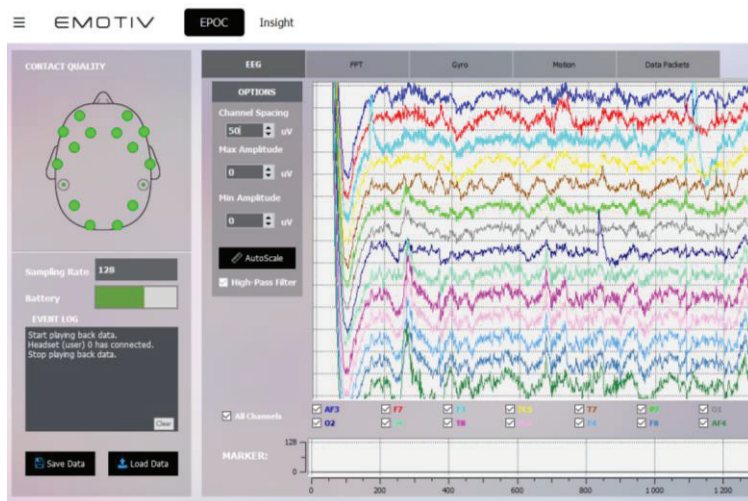
¹³ Karvonen M., The effect of training on heart rate. A longitudinal study. Ann. Med. Exp. Biol. Fenn, 35, 1957.

¹⁴ Kielbasa P. Ocena obciążenia psychicznego kierowców i operatorów współczesnych samobieżnych maszyn specjalistycznych. Mechatronika i Telematyka w Logistyce, PTIR, s. 135-151, 2019.



Rys. 4. Emotiv EPOC neuroheadset

Przed rozpoczęciem pomiaru wykorzystano narzędzie Emotiv Test Bunch, którego interfejs przedstawiono na rysunku 5. Obraz po lewej stronie przedstawia lokalizację czujników na głowie użytkownika. Barwa poszczególnych czujników oznacza jakość odbieranego sygnału.

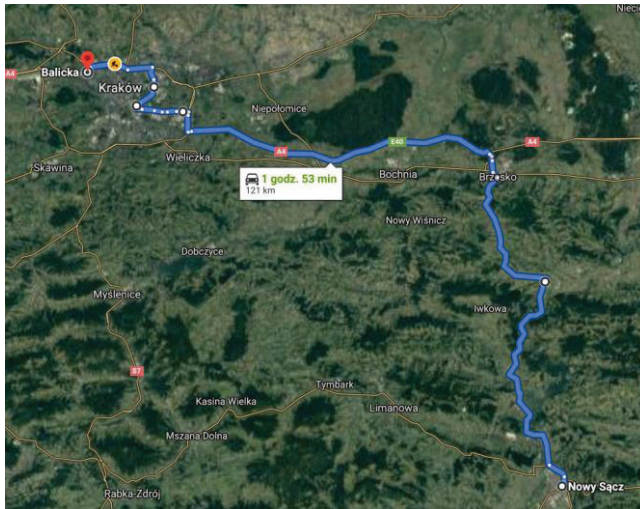


Rys. 5. Interfejs Emotiv Xavier Test Bunch

Aby uzyskać najlepszą jakość połączenia wszystkie czujniki powinny być zaznaczone na kolor zielony. Inne kolory elektrod wskazują: czarny – brak sygnału, czerwony – zły sygnał, pomarańczowy – słaby sygnał, żółty – sygnał dobry. Wykres po prawej stronie (patrz rys. 9) obrazuje sygnały fal mózgowych 14 kanałów (AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4). Każda kolorowa linia reprezentuje jedną elektrodę. Użytkownik ma moż-

liwość wyboru wyświetlenia wszystkich kanałów bądź tylko wybranych. W przypadku wyświetlenia jednego kanału można włączyć opcję autoskalowania w celu dopasowania górnej i dolnej wartości wyświetlanej amplitudy. Mierzone wartości wyświetlane są w mikrowoltach. Narzędzie Emotiv TestBunch pozwala na zapisanie przebiegu aktywności fal mózgowych oraz jego ponowne odtworzenie za pomocą przycisku Save Data oraz Load Data.

Badania przeprowadzono na trasie Kraków-Nowy Sącz (rys. 6), którą podzielono na dziesięć jednorodnych pod względem specyfiki drogi odcinków, które oddzielnie analizowano.



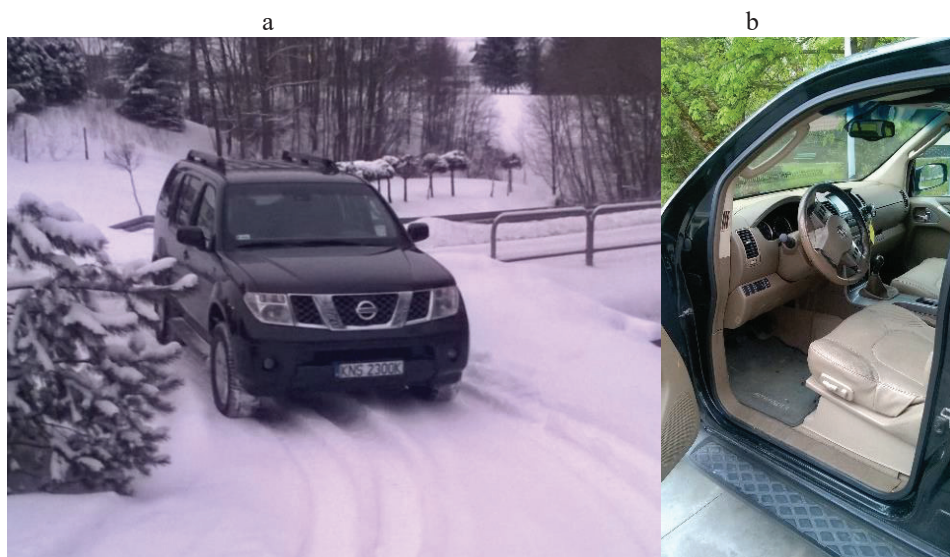
Rys. 6. Trasa doświadczalna z Nowego Sącza do Krakowa

Pierwszy odcinek Al. Piłsudskiego Nowy Sącz – Łososina Dolna o długości ok 19,6 km. Drugo odcinek miał długość 15,3 km i usytuowany był na drodze nr 75 między Łososiną Dolną a Jurkowem, kolejnym był odcinek Jurków – Gnojnik o długości 9,6 km. Czwartym odcinkiem drogi rozciągał się między Gojnikami a miejscowością Uszew o długości 2,9 km. Piątym odcinkiem była droga między miejscowością Uszew a ulicą Księdza Jerzego Popiełuszki Brzesko o długości 6,5 km. Następnym odcinkiem od ul. Księdza Jerzego Popiełuszki do zjazdu na autostradę A4 Brzesko (rondo) o długości 3,1 km. Najdłuższym odcinkiem wynoszącym ok 41 km była autostrada między Brzeskiem a IV obwodnicą Krakowa (S7). Kolejnym był odcinek od IV obwodnica Krakowa (S7) do ul. Alei Bora Komorowskiego Kraków (przejazd przez skrzyżowanie Stella-Bora) o długości 14,6 km. Dziewiątym był odcinek między Aleją Bora Komorowskiego Kraków a ulicą Armii Krajowej Kraków (przejazd przez Rondo Ofiar Katynia) o długości 8,1 km. Ostatnim odcinkiem między ul. Armii Krajowej a Wydziałem Inżynierii Produkcji UR Kraków wynosił 3,1 km. Do analizy wybrano trzy odcinki: pierwszy charakterystyczny dla aglomeracji miejskiej,

Kierowca odbył sześć podróży wzdłuż tej samej trasy i w tym samym kierunku, zmieniając za każdym razem samochód. W badaniach wykorzystano dwa typy samochodów z manualną skrzynią biegów: Mercedes W211 (rys. 7) oraz Nissan Pathfinder (rys. 8). Należy zaznaczyć, że kierowca biorący udział w teście znał oba samochody w stopniu zaawansowanym i był kierowcą z dwudziestoletnim stażem bezwypadkowej jazdy.



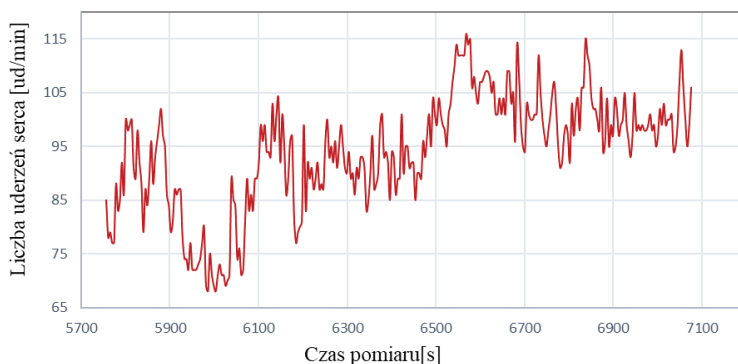
Rys. 7. Samochód osobowy Mercedes W211: a) widok ogólny; b) interfejs kierowcy



Rys. 8. Samochód osobowy Nissan Pathfinder: a) widok ogólny; b) interfejs kierowcy

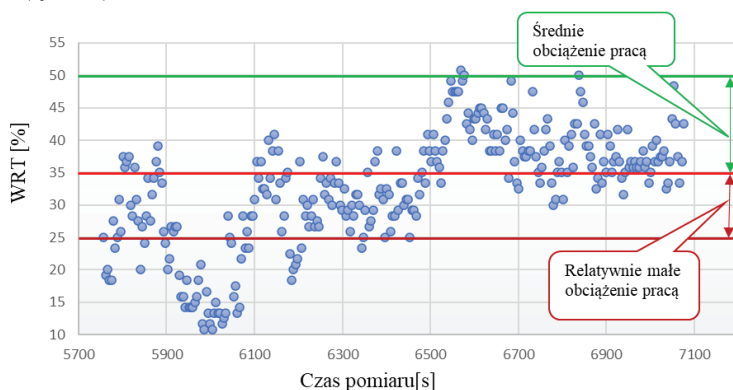
Wyniki badań

Na rysunku 9 przedstawiono charakterystykę liczby uderzeń serca kierowcy samochodu osobowego marki Mercedes typu W211, którą odnotowano na odcinku drogi od Al. Piłsudskiego Nowy Sącz do Łososiny Dolnej. Odcinek ten stanowił pierwszy etap podróży o długości ok 19,6 km. Przedmiotowy odcinek drogi charakteryzował się infrastrukturą typową dla aglomeracji wiejskiej i nie był skomplikowany pod względem techniki jazdy.



Rys. 9. Tętno kierowcy samochodu osobowego mercedes W211 na pierwszym odcinku drogi

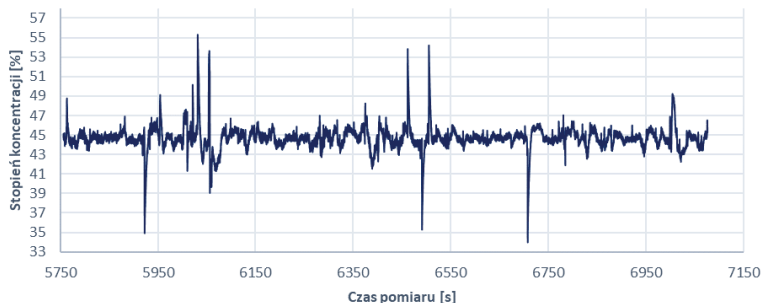
Między 5900 a 6100 sekundą tętno kierowcy było najniższe i oscylowało między wartościami od 70 ud.min^{-1} a 85 ud.min^{-1} . Od początku pomiaru do 6500 sekundy liczba uderzeń serca kierowcy nie przekraczała wartości 105 ud.min^{-1} . W końcowej części odcinka stwierdzono wyraźny wzrost wartości tętna, która oscylowała pomiędzy 90 ud.min^{-1} a 115 ud.min^{-1} . Analizując wskaźnik rezerwy tętna zaobserwowano, że do 6500 sekundy jazdy obciążenie kierowcy można było sklasyfikować jako bardzo małe oraz relatywnie małe. Natomiast w drugiej części odcinka pomiarowego obciążenie kierowcy można było zaklasyfikować jako średnie (rys. 10).



Rys. 10. Wskaźnik rezerwy tętna kierowcy samochodu osobowego mercedes W211 na pierwszym odcinku drogi

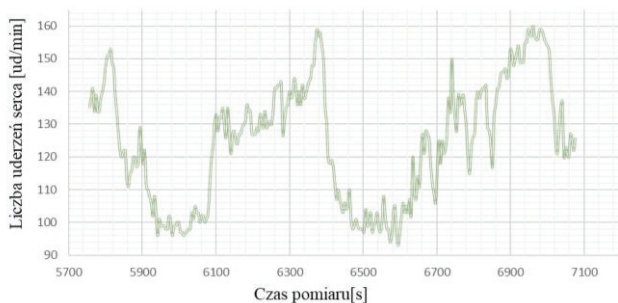
Poziom koncentracji kierowcy mieścił się w granicach od 41 % do 49% (rys. 11). Analizując charakterystykę koncentracji kierowcy w czasie pokonywania odcinka pomiarowego zaobserwowano kilka miejsc, gdzie stopień koncentracji uwagi zmniejszał się do wartości

około 35% lub wzrastał do wartości ok 55%, jednak tak duża amplituda miała charakter incydentalny. Poziom zróżnicowania stopnia koncentracji wyrażony współczynnikiem zmienności wynosił tylko 3%.



Rys. 11. Charakterystyka stopnia koncentracji kierowcy samochodu osobowego mercedes W211 na pierwszym odcinku drogi

Nieco inną charakterystykę poziomu koncentracji na pierwszym odcinku pomiarowym odnotowano w przypadku kierowcy prowadzącego terenowy samochód osobowego Nissan Pathfinder. Stwierdzono, że w początkowej fazie jazdy liczba uderzeń serca kierowcy stopniowo malała, by w przedziale czasowym od 5900 s do 6000 s osiągnąć wartość minimalną (rys. 12).

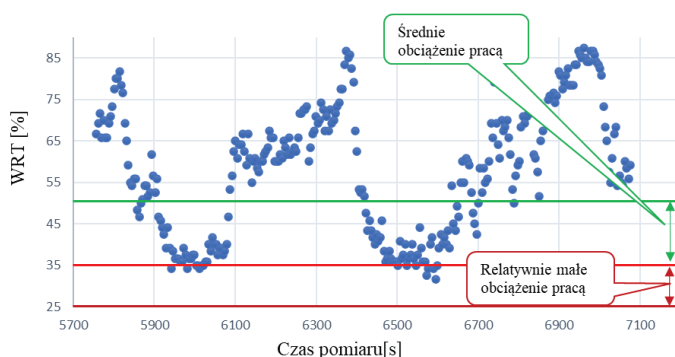


Rys. 12. Tętno kierowcy samochodu osobowego nissan pathfinder na pierwszym odcinku drogi

W końcowym etapie drogi liczba uderzeń serca kierowcy stopniowo wzrastała i osiągnęła wartość 125 ud.min^{-1} na końcu odcinka pomiarowego. Warto zaznaczyć, że tętno kierowcy na badanym odcinku miało duże wahania wartości. Najwyższa wartość jaką odnotowano wynosiła 160 ud.min^{-1} a najniższa 95 ud.min^{-1} . Reasumując charakterystyka liczby uderzeń serca kierowcy pokonującego ten sam odcinek drogi różnymi typami samochodów była odmienna. Tętno kierowcy poruszającego się samochodem terenowym było o wiele mniej stabilne w stosunku do tętna kierowcy poruszającego się samochodem osobowym mercedes.

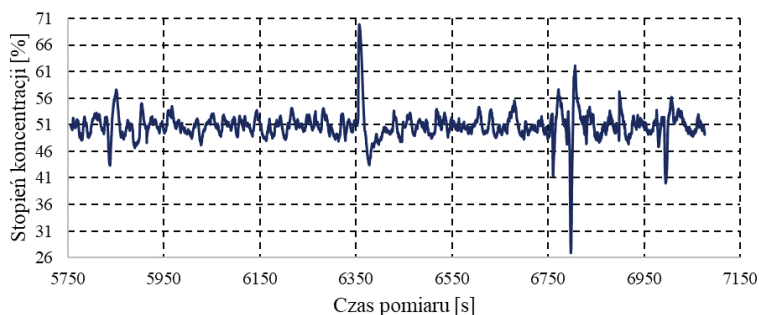
Analiza wskaźnika rezerwy tętna pozwoliła zaklasyfikować obciążenie kierowcy jadącego samochodem terenowym jako duże (rys. 13). Zidentyfikowano tylko dwa odcinki drogi

trwające około 250 sekund, gdzie obciążenie fizyczne klasyfikowane za pomocą wartości WRT określono jako średnie.



Rys. 13. Wskaźnik rezerwy tętna kierowcy samochodu osobowego nissan pathfinder na pierwszym odcinku drogi

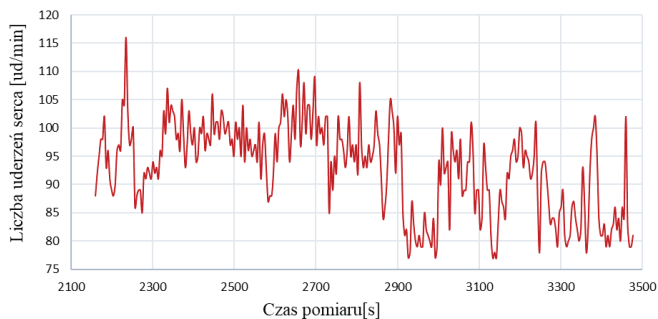
Stopień koncentracji kierowcy oscylował w przedziale 46-56% (rys. 14). Odnotowano jeden punkt, gdzie kierowca wykorzystał 70% maksymalnych możliwości, a także jeden, gdzie stopień koncentracji wynosił tylko 26%.



Rys. 14. Charakterystyka stopnia koncentracji kierowcy samochodu osobowego nissan pathfinder na pierwszym odcinku drogi

Stopień obciążenia psychicznego kierowcy był mało zróżnicowany, o czym świadczy współczynnik zmienności wynoszący 5%.

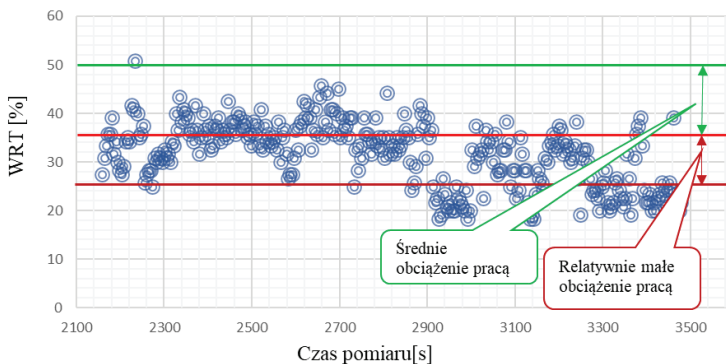
Kolejnym analizowanym odcinkiem pomiarowym o długości 41 km był przejazd autostradą. Na rysunku 15 przedstawiono charakterystykę liczby uderzeń serca kierowcy samochodu osobowego marki mercedes W211, który poruszał się po przedmiotowym odcinku ze średnią prędkością wynoszącą $112 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.



Rys. 15. Tętno kierowcy samochodu osobowego mercedes W211 na siódmym odcinku drogi

W pierwszym etapie odcinka tętno kierowcy utrzymywało się powyżej wartości 85 $\text{ud.}\cdot\text{min}^{-1}$. Od 2900 sekundy można zauważyć spadek liczby uderzeń serca do wartości minimalnej wynoszącej 76 $\text{ud.}\cdot\text{min}^{-1}$. Należy zaznaczyć, że na odcinku pomiarowym tętno kierowcy nie przekraczało 110 $\text{ud.}\cdot\text{min}^{-1}$ z wyjątkiem początkowej części odcinka, gdzie odnotowano jednorazowy wzrost liczby uderzeń serca kierowcy do ponad 115 $\text{ud.}\cdot\text{min}^{-1}$.

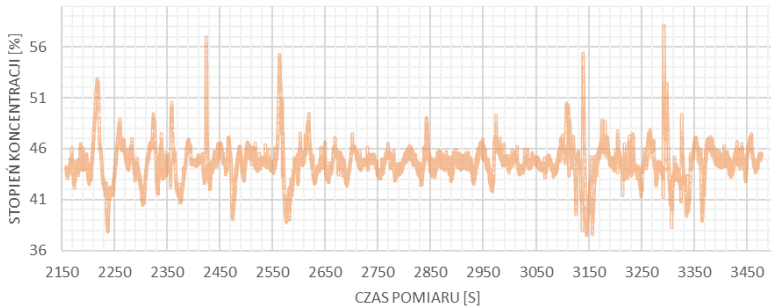
Analizując wskaźnik rezerwy tętna stwierdzono, że w pierwszej fazie odcinka obciążenie fizjologiczne kierowcy oscylowało między obciążeniem średnim, a obciążeniem relatywnie małym (rys. 16). W drugiej części odcinka odnotowano spadek obciążenia fizjologicznego kierowcy, które wahało się między obciążeniem małym a obciążeniem bardzo małym.



Rys. 16. Wskaźnik rezerwy tętna kierowcy samochodu osobowego mercedes W211 na siódmym odcinku drogi

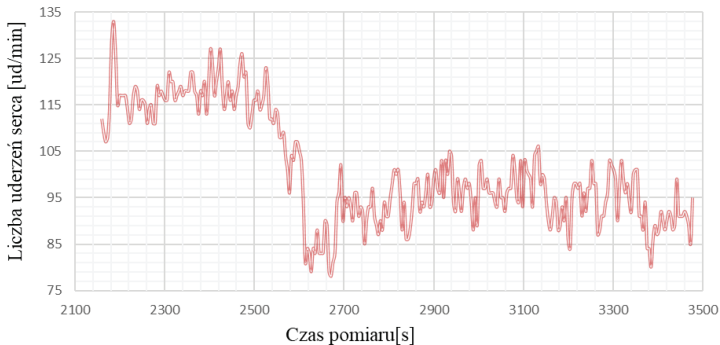
Analizując stopień koncentracji uwagi kierowcy zaobserwowano, że początkowa i końcowa część odcinka były dla kierowcy bardziej wymagające pod względem skupienia uwagi. Odnotowano w ich obrębie zdecydowanie większe wahania wartości skupienia uwagi niż

w środkowej części odcinka, gdzie oscylowało ono między 42-46% (rys. 17). Znaczące obciążenie psychiczne kierowcy odnotowano w końcowej części odcinka pomiarowego, gdzie wynosiło 60% maksymalnych możliwości kierowcy.



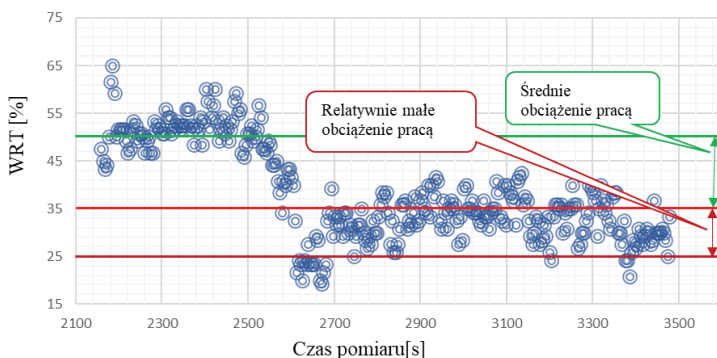
Rys. 17. Charakterystyka stopnia koncentracji kierowcy samochodu osobowego mercedes W211 na siódmym odcinku drogi

Na rysunku 18 przedstawiono charakterystykę liczby uderzeń serca kierowcy samochodu terenowego marki Nissan Pathfinder, który po autostradowym odcinku pomiarowym ze średnią prędkością wynoszącą około $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Na początku odcinka tętno kierowcy było wysokie i wynosiło ponad $130 \text{ ud}\cdot\text{min}^{-1}$. Od 2500 sekundy zaczęło stopniowo spadać oscylując między wartościami od $80 \text{ ud}\cdot\text{min}^{-1}$ do $105 \text{ ud}\cdot\text{min}^{-1}$. Między 2500 a 2700 sekundą występował krótki odcinek czasowy, w którym tętno kierowcy osiągnęło wartość minimalną wynosząc $77 \text{ ud}\cdot\text{min}^{-1}$.



Rys. 18. Tętno kierowcy samochodu osobowego nissan pathfinder na siódmym odcinku drogi

Analizując wskaźnik rezerwy tętna zauważono, że obciążenie fizjologiczne kierowcy na początku badanego odcinka było sklasyfikować jako duże i średnie (rys. 19). Od 2600 sekundy stwierdzono wyraźny spadek obciążenia fizjologicznego, które sklasyfikowano jako do obciążenie relatywnie małe.



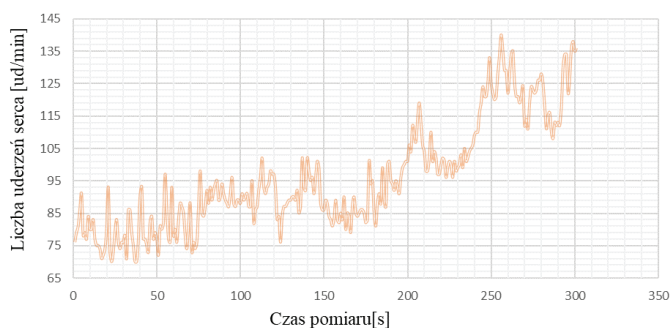
Rys. 19. Wskaźnik rezerwy tętna kierowcy samochodu osobowego nissan pathfinder na siódmym odcinku drogi

Stopień koncentracji kierowcy na badanym odcinku najczęściej mieścił się w wartościach między 45% a 55% maksymalnych możliwości kierowcy (rys. 20). Można zauważyć punkty, które przekroczyły wartość 65% maksymalnych możliwości kierowcy, jednak miały charakter incydentalny i wynikały z chwilowej sytuacji drogowej. Zróżnicowanie stopnia koncentracji uwagi kierowcy było bardzo niewielkie, bo określone za pomocą współczynnika zmienności wynosiło tylko 5%.



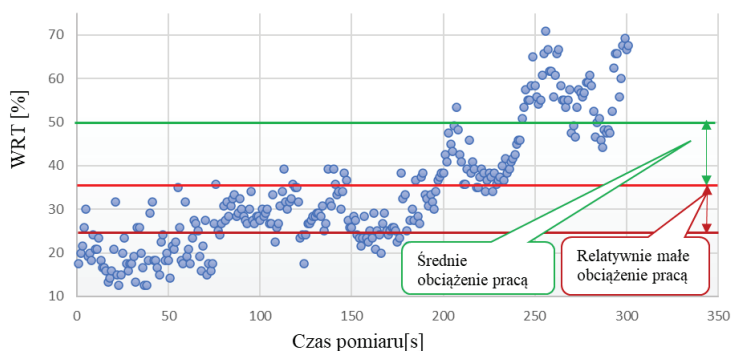
Rys. 20. Charakterystyka stopnia koncentracji kierowcy samochodu osobowego nissan pathfinder na siódmym odcinku drogi

Trzecim wybranym do analizy odcinkiem pomiarowym była droga w obszarze aglomeracji miejskiej. Kierowca poruszający się samochodem osobowym mercedes W211 przejechał ten odcinek ze średnią prędkością wynoszącą około $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Zaobserwowano, że przez początkowe 200 sekund tętno kierowcy nie przekraczało wartości $105 \text{ ud}\cdot\text{min}^{-1}$, ale następnie stopniowo rosło aż do wartości $140 \text{ ud}\cdot\text{min}^{-1}$. Najniższa wartość liczby uderzeń serca na badanym odcinku wynosiła $70 \text{ ud}\cdot\text{min}^{-1}$, która odnotowano w początkowej części odcinka pomiarowego,



Rys. 21. Charakterystyka przebiegu tętna kierowcy samochodu osobowego mercedes W211 na miejskim odcinku drogi

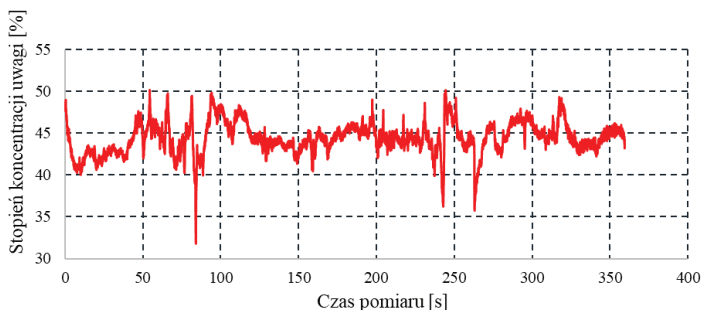
Analizując wskaźnik rezerwy tętna dla czynności krótkotrwałych (do 0,5 h) odnotowano, że obciążenie fizyczne kierowcy w początkowej części odcinka pomiarowego klasyfikowane było jako bardzo małe (rys. 22). Odnotowano stopniowy wzrost obciążenia fizjologicznego do relatywnie małego, następnie średniego i w końcowej fazie odcinka drogi nawet do dużego. Można zauważyć, że obciążenie bardzo małe i relatywnie małe dominujące w obrębie analizowanej części drogi.



Rys. 22. Wskaźnik rezerwy tętna kierowcy samochodu osobowego mercedes W211 na miejskim odcinku drogi

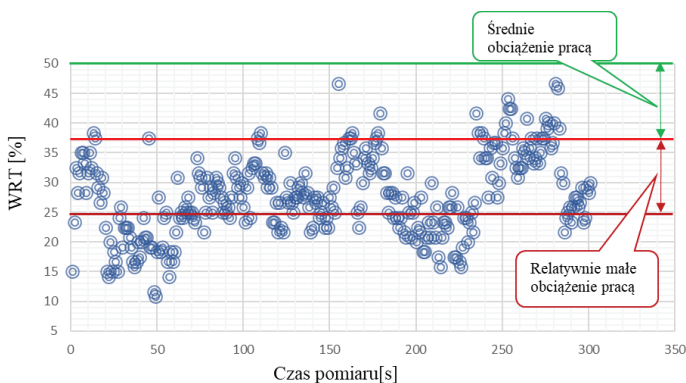
Bardzo istotnym parametrem z punktu widzenia oceny trudności prowadzenia samochodu jest poziom koncentracji kierowcy w czasie jazdy. Wartość ta przekłada się bezpośrednio na stopień obciążenia psychicznego kierowcy a w konsekwencji jego możliwości reagowania na losowe zdarzenia na drodze. Na analizowanym odcinku drogi zidentyfikowano jeden punkt, gdzie poziom koncentracji kierowcy przekraczał 50% jego maksymalnych możliwości (rys. 23). Odnotowano tylko jeden punkt, gdzie poziom zaangażowania wynosił

około 32%. Średnia wartość koncentracji uwagi wynosiła około 45% maksymalnych możliwości kierowcy.



Rys. 23. Charakterystyka stopnia koncentracji kierowcy samochodu osobowego mercedes W211 na miejskim odcinku drogi

Na rysunku 24 przedstawiono charakterystykę liczby uderzeń serca kierowcy samochodu osobowego marki nissan pathfinder, która była mierzona na w/w odcinku drogi. Był to miejski etap podróży. Z obserwacji wynika, że tętno kierowcy przez większą część odcinka nie przekraczało wartości 105 ud.min^{-1} . W końcowym etapie wzrosło do wartości 140 ud.min^{-1} i do końca pomiaru utrzymywało się na podobnym poziomie. Wzrost mógł być spowodowany zmianą stopnia skomplikowania sytuacji drogowej. Analizując wskaźnik rezerwy tętna odnotowano, że obciążenie fizyczne kierowcy przez większą część odcinka było klasyfikowane jako relatywnie małe, a nawet bardzo małe (rys. 24).



Rys. 24. Wskaźnik rezerwy tętna kierowcy samochodu osobowego nissan pathfinder na miejskim odcinku drogi

Odnotowano również wartości wskaźnika rezerwy tętna wskazujące na obciążenie średnie, jednak wartości te miały charakter incydentalny. Analizując stopień koncentracji uwagi, można zauważyć, że był on bardzo zróżnicowany, o czym świadczy wysoki współczynnik zmienności wynoszący 20%. W pierwszych 60 sekundach stopień koncentracji kierowcy oscylował w przedziale wartości 40-60%, a następnie spadł do wartości 10% i ponownie wzrósł do ponad 80% (rys. 25).



Rys. 25. Charakterystyka stopnia koncentracji kierowcy samochodu osobowego nissan pathfinder na miejskim odcinku drogi

Podsumowanie

Przeprowadzone badania pozwoliły wyodrębnić odcinki drogi, gdzie tętno kierowcy przekraczało 100 ud/min, co w konsekwencji można wykorzystać do planowania trasy i ewentualnej eliminacji niewralgicznych odcinków drogami alternatywnymi. Odnotowano, że odcinkami, które generowały wyższy poziom tętna oraz wymuszały wyższe wartości koncentracji były odcinki autostradowe a szczególnie te, które stanowiły obwodnice miast. Należy zaznaczyć, że w tym przypadku pomimo utrzymywania wysokiej prędkości jazdy poziom natężenia ruchu był znacznie wyższy w stosunku do pozostałej części autostrady. W przypadku jazdy miejskiej poziom zmęczenia fizjologicznego kierowcy określany wskaźnikiem WRT był bardzo niski i nie przekraczał wartości 36%, natomiast poziom koncentracji wynosił ok 50%. Kierowca poruszający się samochodem terenowym Nissan Pathfinder miał znacznie niższe tętno w stosunku do kierowcy poruszającego się samochodami osobowymi - Mercedes W211. W przypadku poziomu koncentracji w czasie jazdy miejskiej najwyższe wartości odnotowywane były w przypadku samochodu terenowego (51%), co może wynikać z dużych gabarytów, natomiast najniższe w przypadku samochodu osobowego.

Analizując jazdę autostradową zaobserwowano, że poziom koncentracji kierowcy samochodu terenowego był wyższy, co mogło być wynikiem możliwości przedmiotowego samochodu do tego typu jazdy w stosunku do pozostałych użytkowników dróg i wynikające z tego trudności wykonywania manewrów np. wyprzedzania. W przypadku samochodów osobowych poziom koncentracji uwagi kierowcy był niższy w stosunku do tego parametru odnotowanego dla kierowcy samochodu terenowego, ale tętno kierowcy samochodu osobowego

było wyższe, co może być wynikiem wyższej prędkości jazdy. Reasumując należy stwierdzić, że nie tylko infrastruktura drogowa wpływa bezpośrednio na stopień obciążenia psychofizycznego kierowcy, ale również rodzaj samochodu którym porusza się kierowca odgrywa istotną rolę.

Bibliografia

- Brożyna E.: Czynniki ludzki a bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Autobusy, 7-8, s. 49-52, 2017.
- Buchberger J.: Die Beurteilung von Arbeitsbeanspruchungen aufgrund der kontinuierlich registrierten Herzschlagfrequenz. Arbeitsärztlicher Dienst des BIGA, Bern. Arbeitsmedizinische Informationen, 12, 1984.
- Grandjean E. Physiologische Arbeitsgestaltung. Ott Verlag Thun, 1987.
- Juliszewski T., Kielbasa P. Ergonomia dawniej i dziś. Inżynieria rolnicza w dobie innowacyjnej gospodarki. PTIR, Kraków 2012.
- Karvonen M. The effect of training on heart rate. A longitudinal study. Ann. Med. Exp. Biol. Fenn, 35, 1957.
- Kielbasa P. Ocena obciążenia psychicznego kierowców i operatorów współczesnych samobieżnych maszyn specjalistycznych. Mechatronika i Telematyka w Logistyce, PTIR 2019.
- Kielbasa P., Juliszewski T., Kądzioła D. Wpływ rodzaju czynności umysłowej związanej z pracą informatyka na zmęczenie psychiczne i stopień obciążenia fizjologicznego pracą. Technika Transportu Szybowego, 12, 2015.
- Kielbasa P., Juliszewski T., Rusnak J., Pikul K. Impact of the mental activity type on the mental fatigue and degree of physiological workload. Agricultural Engineering 4(152), 2014.
- Kielbasa P., Juliszewski T., Zagórda M., Trzyniec K., Tłałka P. Analiza struktury wydatku energetycznego kierowców samochodów ciężarowych w czasie realizacji przewozu transportowego. Autobusy-bezpieczeństwo i ekologia, 6, 2018.
- Kielbasa Paweł, Drózdź Anna, Trzyniec Karolina, Juliszewski Tadeusz, Drózdź Tomasz. Assessment of mental load of an employee who operate a computer program supporting the didactic process. Applications of Electromagnetics in Modern Engineering and Medicine, PTZE 2018.
- Paluszkiwicz L. Ergonomiczne właściwości przyrządów sygnalizacyjnych i sterowniczych. Warszawa, Instytut Wydawniczy CRZZ, 1975.
- Tadeusiewicz R. Sieci neuronowe. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, 1993.

Adres do korespondencji: e-mail: pawel.kielbasa@urk.edu.pl

ORCID: Paweł Kielbasa 0000-0003-0249-8626

ORCID: Anna Miernik 0000-0003-0394-9185

ORCID: Grzegorz Wcisło 0000-0002-6627-9601

WSPOMAGANIE PROCESÓW TRANSPORTOWO-SPE- DYJNYCH Z WYKORZYSTANIEM OPROGRAMOWANIA INTERLAN SPEED

Sławomir Kurpaska¹, Kamil Bojdo¹

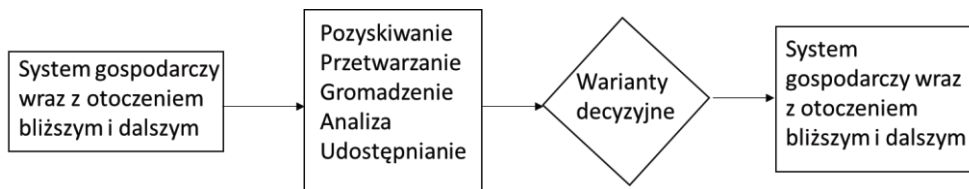
¹ Katedra Inżynierii Bioprocessów, Energetyki i Automatykacji, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wstęp

Funkcjonowanie współczesnego przedsiębiorstwa wymaga wielu informacji w obszarze współpracy z innymi podmiotami gospodarczymi oraz otoczeniem. Systemy przepływu informacji w dowolnym przedsiębiorstwie obejmują podsystemy: informacyjne oraz informatyczne (na szczeblu operacyjnym i zarządzania). System informacyjny stanowi swoisty zbiór elementów, obejmujący: zbiór podmiotów, które są użytkownikami systemu; zbiór informacji o sferze realnej czyli o jej stanie i zachodzących w niej zmianach a więc tzw. zasoby informacyjne; zbiór narzędzi technicznych stosowanych w procesie pobierania, przesyłania, przetwarzania, przechowywania i wydawania informacji; zbiór rozwiązań systemowych stosowanych w danej organizacji, a więc stosowana formuła zarządzania (stanowiąca podsystem zarządzania); zbiór metainformacji, czyli opis systemu informacyjnego i jego zasobów informacyjnych oraz zbiór relacji między poszczególnymi zbiorami ¹. Graficznie, przepływy informacji, a tym samym zadania stawiane systemowi informacyjnemu w przedsiębiorstwie (organizacji) zobrazowano na rysunku 1.

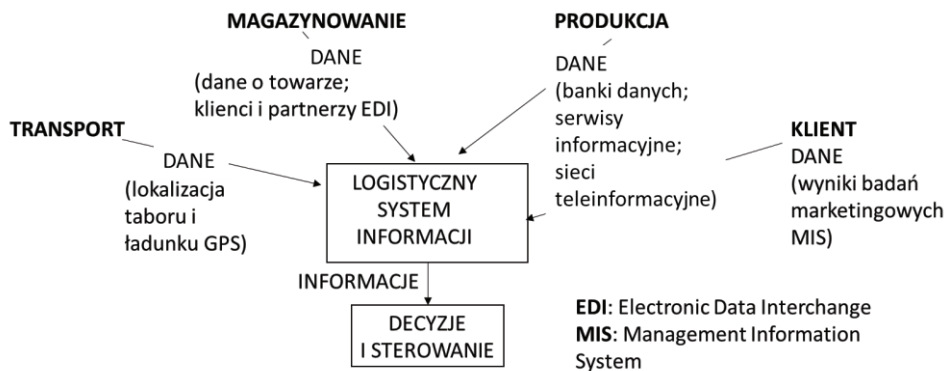
Jak można zauważyć, system informacyjny jest wielopoziomową strukturą, pozwalającą użytkownikowi na transformację znajdujących się na wejściu informacji na informacje znajdujące się na wyjściu, za pomocą prawidłowo dobranych procedur i modeli. Informacje wyjściowe pozwalają na prawidłowe wnioskowanie i podejmowanie decyzji. W dobie dzisiejszych rozwiązań technicznych, działalność przedsiębiorstwa wspomagana może być wieloma specjalistycznymi systemami informatycznymi. Obserwuje się, że informatyka wkroczyła we wszystkie relacje między funkcjonowaniem przedsiębiorstwa a otoczeniem. Dotyczy to relacji w obszarze: magazynowania, produkcji, obsługi klienta oraz transportu. W konsekwencji, specjalistyczne oprogramowanie pozwala pozyskać informacje niezbędne do sterowania i podejmowania decyzji. Graficznie, relacje tworzące logistyczny system informacyjny zobrazowano na rysunku 2.

¹ Kruczek M., Żebrucki Z.: Wspomaganie procesów logistycznych w systemach zintegrowanego zarządzania. Logistyka, 5, 2013



Rys. 1. Zadania systemu informacji w przedsiębiorstwie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Szymoniak 2010²



Rys. 2. Logistyczny system informacyjny

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Golemska, 2013³

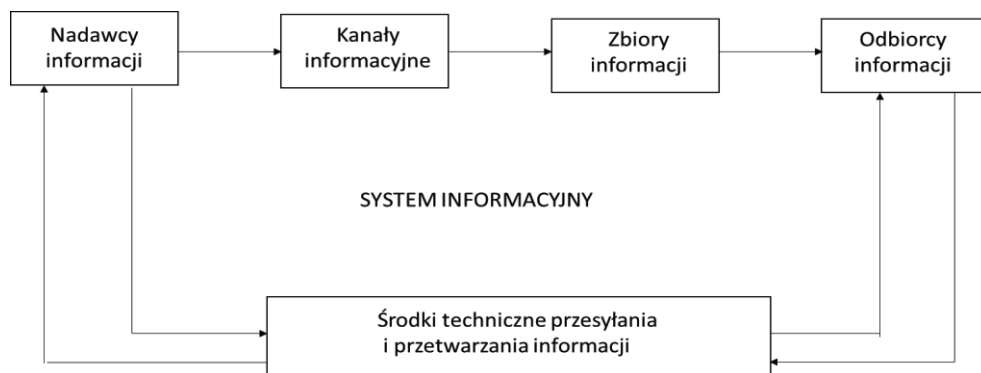
Z prezentowanych powiązań wynika, że system ten winien zapewniać ciągły niezbędny dostęp do informacji w łańcuchu dostaw. Aby zapewnić prawidłowość jego działania, niezbędnym wyposażeniem są sieci teleinformatyczne wykorzystujące istniejące rozwiązania, przewodowe i bezprzewodowe, przesyłu danych. Prawidłowo i stabilnie działająca sieć komputerowa jest podstawowym czynnikiem zapewniającym działanie ADC (automatyczna identyfikacja i gromadzenie danych *ang.* *Automatic Data Capture*) i EDI (elektroniczna wymiana danych *ang.* *Electronic Data Interchange*), a także pozwala na wykorzystanie pozostałych technik i narzędzi (np. GPS), które służą nie tylko pozyskiwaniu, ale także wymianie danych i ich przetwarzaniu na zewnątrz, np. do klientów lub kontrahentów. Do elementów składowych systemu informacyjnego zalicza się dostawców i odbiorców informacji oraz techniczno-organizacyjne środki zbierania, komunikacji, przetwarzania. Zatem, stosowany

² Szymoniak A.: Technologie informatyczne w logistyce. Wydawnictwo PLACET, Warszawa, ISBN 9788374881548, 2010.

³ Golemska E. Kompendium wiedzy o logistyce. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ISBN 978-83-01-16341-9, 2013.

w przedsiębiorstwie system informatyczny ma na celu: gromadzenie, przechowywanie, prezentowanie oraz udostępnianie (przesyłanie) danych do otoczenia gospodarczego⁴. Gromadzenie informacji polega na zbieraniu, rejestrowaniu i ewidencjonowaniu danych; elementy te stanowią wejście systemu informatycznego. Zbieranie danych następuje zgodnie z przepisami regulującymi ewidencję zdarzeń gospodarczych. Przetwarzanie polega na poddawaniu informacji operacjom: arytmetycznym, logicznym, tekstowym oraz formatowaniu (przetwarzaniu akceptowalnym przez programy komputerowe). Procedura przechowywania informacji polega na zapisaniu danych na trwałych nośnikach (papierowych, magnetycznych, optycznych czy elektronicznych) w postaci umożliwiającej ich łatwe wykorzystanie w następnych procesach przetwarzania. Przechowywane do użytku bieżącego oraz archiwizowane informacje poddawane są dodatkowym operacjom, takim jak kompresja czy szyfrowanie. W etapie prezentowania informacji następuje dostarczenie odbiorcom informacji będące wynikiem działania programu w oczekiwanej postaci oraz czasie. Informacje te mogą być przekazane w formie szczegółowej, lub też w formie agregatowanej. Wreszcie, etap udostępniania (przesyłania) uzyskanych informacji polega na przekazywaniu zasobów informacyjnych pomiędzy współpracującymi przedsiębiorstwami lub między przedsiębiorstwem a otoczeniem gospodarczym. Ten etap realizowany jest z wykorzystaniem różnych kanałów, jednak coraz częściej wykorzystywane są systemy elektronicznej wymiany danych (*ang. Electronic Data Interchange*). System EDI obejmuje, np. zamówienia, potwierdzenia zamówień, stany magazynowe, faktury.

W konsekwencji, projektowany system informacyjny winien umożliwić takie przetwarzanie danych, które będą posiadać walor zasobu informacji, a ich udostępnianie osobom odpowiedzialnym umożliwi sprawne zarządzanie przedsiębiorstwa. Obrazuje to schemat przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 3. Elementy systemu informacyjnego

Źródło: Nowicki (red.), 2005⁵

⁴ Kruczek M., Żebruń Z.: Wspomaganie procesów logistycznych w systemach zintegrowanego zarządzania. *Logistyka*, 5, 2013.

⁵ Nowicki A. (red.): *Wstęp do systemów informacyjnych zarządzania w przedsiębiorstwie*. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, ISBN 978-83-7193-268-7, 2005.

W zarządzaniu firmą przydatne są także logistyczne systemy informacji takie jak⁶: *APS (Advanced Planning and Scheduling)* – zintegrowane planowanie produkcji i dystrybucji.

CIL (ComputerIntegrated Logistics) – komputerowo zintegrowana logistyka.

EFL (ElectronicFunds Logistics) – elektroniczny system rozliczeń finansowych.

EFT (ElectronicFunds Transfer) – elektroniczny system transferu finansów.

ERP (Enterprise Resource Planning) – planowanie zasobów przedsiębiorstwa.

CAQ (ComputerAidedQuality Assurance) – komputerowe wspomagane zapewnienie jakości.

CAO (ComputerAidedOrdering) – komputerowe składanie zamówienia

Stosowane obecnie metody zarządzania logistycznego można podzielić na cztery najważniejsze grupy⁷:

- a) metody operacyjnego zarządzania logistycznego,
- b) metody strategicznego zarządzania logistycznego,
- c) metody związane z zarządzaniem ryzykiem w działalności logistycznej.
- d) metody związane z zarządzaniem projektami w logistyce.

Reasumując, system informacyjny jest środowiskiem do realizacji wszelkiego rodzaju procesów informacyjnych. Jest zatem uporządkowanym układem niezbędnych elementów (nadawcy i odbiorcy, zbiory informacji oraz kanały informacyjne), charakteryzujących się pewnymi właściwościami i połączonych wzajemnie określonymi relacjami⁸. wyodrębniona część systemu informacyjnego.

System informatyczny jest skomputeryzowaną częścią wyodrębnionego systemu informacyjnego, a wyodrębnienie zostało dokonane z uwzględnieniem przyjętych celów skomputeryzowana. System ten jest zatem, zbiorem elementów oraz relacji między nimi, które są istotne w procesie przepływu informacji w organizacji i wykorzystują przy tym techniczne środki przetwarzania informacji. Obejmuje one w szczególności⁹:

- a) sprzęt (hardware) – sprzęt techniczny, który odbiera, analizuje i przesyła dane;
- b) oprogramowanie (software) – czyli zbiór programów oraz instrukcji napisanych w swoistym języku, określającym ciąg czynności komputera, które są konieczne do realizacji zadania mu postawionego;
- c) informację – podstawowy obiekt zainteresowań procesów informacyjnych;
- d) telekomunikację – jako sprzęt, organizację oraz oprogramowanie, które umożliwia wspólną pracę dwóch czy też wielu komputerów. Dzięki telekomunikacji istnieje możliwość połączenia kilku komputerów w sieci lokalne (LAN) albo rozległe (WAN);

⁶ Miraldes T., Azevedo S.G., Charrua-Santos F., Mendes L., De Oliveira Matias J.C.: It applications in logistics and their influence on the competitiveness of companies/supplychains, Scientific Annals of the "Alexandru Ioan Cuza" University of Iași Economic Sciences 62 (1), 2015; DOI:10.1515/aicue-2015-0009.

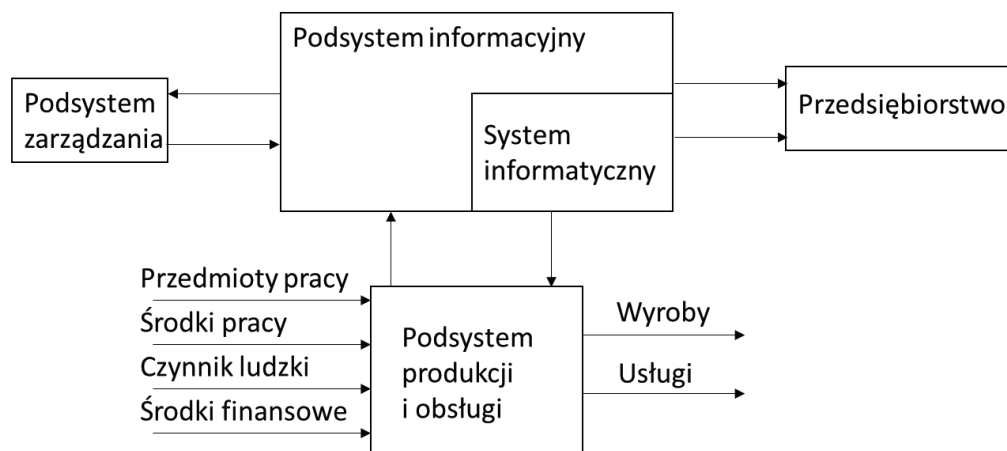
⁷ Bouzida I.B., Merzoug S.: Impact of Logistics Information Systems on Logistics Performance. Business Sciences Review. ISSN: 1112-3818 /EISSN: 2602-5396, 2021.

⁸ Grabińska A., Pawełoszek I., Ziara L.: Informatyczne wspomaganie procesów logistycznych. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, ISBN 978-83-7193-731-6, 2020.

⁹ Sołtyś P., Piorunkiewicz A.: Projektowanie logistycznych systemów informatycznych. Studia Ekonomiczne, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, ISSN 2083-8611, 2013.

- e) ludzi, stanowiących najważniejsze ogniwo systemu informatycznego, bowiem to oni zajmują się projektowaniem, wdrażaniem, eksploatacją i konserwacją systemu;
- f) organizację, powodującą, że system informatyczny postrzegany jest niejako odrębny element, ale jako system.

Na rysunku 4 zobrazowano graficznie umiejscowienie systemu informatycznego w przedsiębiorstwie. Systemy informatyczne są stosowane niemalże w każdej organizacji bez względu na jej profil i zakres działalności; oczywiście zakres ich zastosowania zależy od wielu czynników, jak np.: wielkość organizacji, złożoność realizowanych procesów, wielkość rynku, liczba źródeł zaopatrzenia itp. Pierwsze zastosowania systemów informatycznych w działalności gospodarczej wiązały się z systemami ewidencyjno- transakcyjnymi, które powstały w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku i od tego czasu przechodzą ciągłą ewolucję w kierunku wyspecjalizowanych systemów klasy: MRP (Planowanie Potrzeb Materiałowych *ang. Material Requirements Planning*), ERP (Planowanie Zasobów Przedsiębiorstwa *ang. Enterprise Resource Plannig*), CRM (Komputerowe Wspomaganie Zarządzania z Klientami *ang. Customer Relationship Management*) czy SCM (Zarządzanie Łańcuchem Dostaw *ang. Supply Chain Management*).

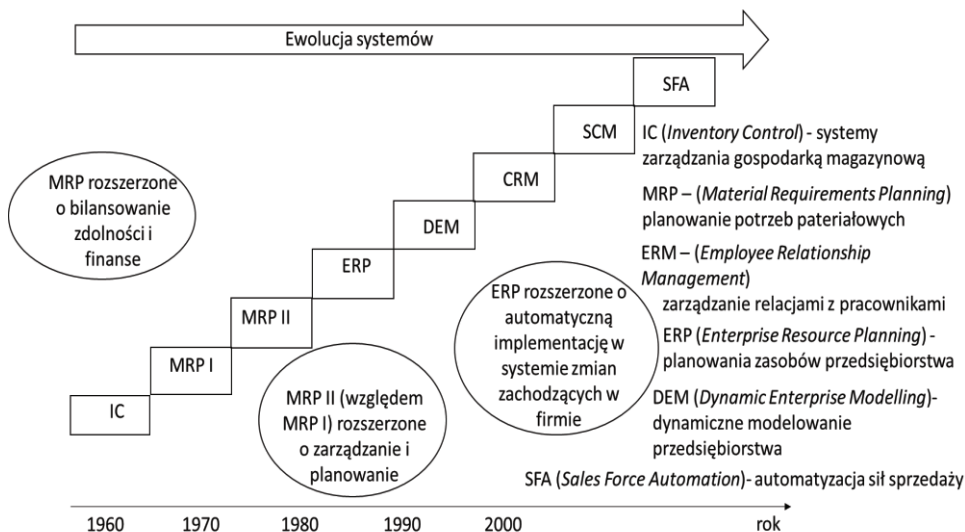


Rys. 4. Lokalizacja systemu informatycznego w przedsiębiorstwie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie¹⁰

Obecnie wielowymiarowe systemy informacyjne wspomagające działalność organizacji są określane, jako zintegrowane systemy informatyczne wspomagające zarządzanie. Ewolucję rozwoju systemów informatycznych zobrazowano graficznie na rysunku 5.

¹⁰ Jacyna M., Lewczuk K.: Projektowanie systemów logistycznych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ISBN 978-83-011-8806-1, 2021.



Rys. 5. Ewolucja rozwiązań informatycznych w przedsiębiorstwach

Źródło: Opracowanie własne na podstawie¹¹

Jak widać, systemy informatyczne są ciągle rozwijane i rozbudowywane o moduły przydatne w zarządzaniu przedsiębiorstwem.

Powszechnie wiadomym jest, że efektywne działanie przedsiębiorstw w niemal każdym sektorze gospodarki wymagają sprawnie funkcjonującego transportu. Transport wraz z przewozem obejmuje również usługi dodatkowe takie jak: logistyka, spedycja, czy kontrola^{12,13}. Usługi te związane są z łańcuchem dostaw, na który składa się cały szereg czynności mających na celu dostarczenie produktu do klienta. Jednym z najczęściej wykorzystywanym narzędziem związanym z praktykami łańcucha dostaw są takie technologie informacyjne, które umożliwiają łączenie firm z klientami, dostawcami, organami regulacyjnymi i partnerami strategicznymi. W ten sposób informatyka stanowi kluczowe wsparcie dla firm w tworzeniu przewagi konkurencyjnej poprzez umożliwienie centralizacji planowania strategicznego i decentralizacji wykonywania codziennych operacji. Systemy informatyczne stosowane w transporcie i logistyce niewątpliwie zmieniają struktury, przyczyniając się do tworzenia przewag konkurencyjnych i nowych możliwości rynkowych. Dzięki programom informatycznym możliwe stało się synchronizowanie działań i tworzenie ciągłych przepływów, bez

¹¹ Chwesiuk K.: Analiza zastosowań systemów informatycznych klasy ERP w logistyce. Logistyka, 4, ISSN 1231-2037, 2011.

¹² Miraldes T., Azevedo S.G., Charrua- Santos F., Mendes L., De Oliveira Matias J.C.: It applications in logistics and their influence on the competitiveness of companies/supplychains, Scientific Annals of the "Alexandru Ioan Cuza" University of Iași Economic Sciences 62(1), DOI:10.1515/aicue-2015-0009, 2015.

¹³ Bouzida I.B., Merzoug S.: Impact of Logistics Information Systems on Logistics Performance. Business Sciences Review. ISSN: 1112-3818/EISSN: 2602-5396, 2021.

przerw i awarii, co umożliwi koordynację i integrację procesów pomiędzy agentami, racjonalizację zadań, zmniejszanie stanów magazynowych oraz unowocześnianie obsługi klienta. Biorąc pod uwagę proces globalizacji i rosnącą konkurencję, firmy muszą inwestować w narzędzia, które pozwolą im osiągnąć zwiększoną konkurencję.

Korzyści wynikające zastosowania oprogramowania wspomagającego zarządzanie firmą transportowo-spedycyjną

Informacja odgrywa coraz większą rolę w dzisiejszej gospodarce. Zarządzanie przepływem towarów i usług oraz towarzyszący przy tym przepływ informacji jest przedmiotem logistyki. Systemy komputerowe wspomagające zazwyczaj oferują pięć podstawowych funkcji: planowanie, koordynację działań poszczególnych obszarów firmy, kontrolę, przepływ informacji wewnątrz przedsiębiorstwa oraz między kontrahentami, a także analizę ekonomiczną. Główny cel wykorzystania technologii informatycznych w przedsiębiorstwach oraz stosowanie jednolitych standardów wymiany danych to maksymalizacja efektywności łańcucha dostaw osiągnięta dzięki zapewnieniu automatycznej identyfikacji jednostek transportowych i towarów oraz zapewnienie automatycznego tworzenia i wymiany dokumentów. Podstawowym czynnikiem rozwoju jest jednak dostosowanie technologii do potrzeb mniejszych firm oraz elastyczność systemu umożliwiającą jego dostosowanie do potrzeb konkretnego przedsiębiorstwa. Istotne jest również, aby użytkownik specjalistycznego oprogramowania miał możliwość regularnej aktualizacji programów i dostęp do profesjonalnej pomocy technicznej. Aby informatyzacja zarządzania była skuteczna, konieczne jest odpowiednie zdefiniowanie celów, strategii i wdrożenia informatyzacji. Co więcej, nie bez znaczenia jest dobór odpowiedniego pakietu programów i procesu wdrażania. Istotnym czynnikiem decydującym o powodzeniu wprowadzonych rozwiązań informatycznych jest również integracja systemów w przepływach informacji. Można zatem przyjąć, że systemy informatyczne w transporcie, logistyce i spedycji mogą umożliwić zmiany organizacyjne, które pozwolą uzyskać przewagę konkurencyjną i przyczynić się do poprawy sytuacji finansowej tych przedsiębiorstw. Jedną z najważniejszych zalet wdrażania systemów informatycznych jest znaczna redukcja koszty przesyłu danych. Szacuje się, redukcja kosztów podczas transakcji z zastosowaniem tych systemów (w porównaniu do dokumentów papierowych) wynosi ok. 10%¹⁴. Jeden z najważniejszych powodów wprowadzenia rozwiązań informatycznych z zakresu logistyki, transportu i spedycji wśród przedsiębiorstw to: wprowadzenie systemów informatycznych przez konkurencję, wymagania odbiorców, oczekiwania dostawców, dążenie do przewagi konkurencyjnej¹⁵.

¹⁴ Wicki L.: The role of itsystems in supporting Logistics systems in agribusiness enterprises, Issues in Information Systems. DOI:10.48009/2_iis_2013_127-138, 2013.

¹⁵ EC (European Commission): E-business watch – ICT and e-business in the food and beverages industry, ICT adoption and e-business activity 2006, Sector Report No.1, 2006.

Bariery ograniczające wykorzystanie oprogramowania wspomagającego zarządzanie firmą transportowo-spedycyjną

Do największych barier we wdrażaniu rozwiązań oprogramowania wspomagającego zarządzanie firmą transportowo-spedycyjną zalicza się stopień złożoności (jako systemu informatycznego) i trudny proces wdrożenia. Z kolei, największą barierą przy wdrożeniu w przedsiębiorstwach jest wielkość (volumen obrotów), czynnik, który winien zapewnić korzyści z wprowadzenia takiego systemu. Taki powód podało 56% przedsiębiorców i 83% mikrofirm. Inne ważne bariery były wysokie koszty wdrożenia (42% wskazań) oraz zbyt skomplikowane systemy (56%). Te powody były częściej podane się w małych firmach

Niezależnie od barier związanych z wdrażaniem i użytkowaniem systemów informatycznych w przedsiębiorstwach transportowo-spedycyjnych ich zadanie obejmuje^{16,17}:

- poprawa jakości produktów i usług,
- obniżenie kosztów dostaw,
- usprawnienie komunikacji pomiędzy komórkami organizacji
- lepszej wymianie informacji pomiędzy odbiorcami a dostawcami,
- poprawie konkurencyjności,
- poprawie płynności finansowej,
- redukcji kosztów.

Systemy informatyczne stosowane w przedsiębiorstwach transportowo-spedycyjnych

Celem działania systemów informatycznych jest udostępnienie użytkownikom informacji niezbędnych do wykonywania codziennej pracy i podejmowania decyzji, a także dostarczenie narzędzi do przetwarzania danych i komunikacji. Do najważniejszych funkcji systemu informatycznego można zatem zaliczyć¹⁸:

- gromadzenie informacji,
- przetwarzanie informacji,
- przechowywanie informacji,
- prezentowanie informacji,
- przesyłanie informacji.

Oferowane na rynku informatyczne systemy komputerowe wspomagające transport, logistykę i spedycję różnią się pod wieloma względami. Przykładowe oprogramowania dedykowane dla firm¹⁹

¹⁶ Wicki L.: The role of itsystems in supporting logistics systems in agribusiness enterprises, Issues in Information Systems, DOI:10.48009/2_iis_2013_127-138, 2013.

¹⁷ Łatuszyńska M., Strulak-Wójcikiewicz R.: Komputerowe wspomaganie wyboru środka transportu i trasy w przewozie ładunków, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Studia Informatica, 27, 2011.

¹⁸ Bouzida I.B., Merzoug S.: Impact of Logistics Information Systems on Logistics Performance. Business Sciences Review. ISSN: 1112-3818 /EISSN: 2602-5396, 2021.

¹⁹ Łatuszyńska M., Strulak-Wójcikiewicz R.: Komputerowe wspomaganie wyboru środka transportu i trasy w przewozie ładunków. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Studia Informatica, 27, 2011.

1.QGUAR – Transport Management System - produkt firmy Quantum Software S.A. wspomaga planowanie, monitoring, a także rozliczanie transportu w dowolnie złożonych strukturach dystrybucyjnych. Pozwala na optymalne planowanie tras, łączenie przewozów, przeładunki.

2.Xperts – Macrologic S.A. - wspomaga planowania, kontrolowania i rozliczania zleceń i zleceńodawców w zakresie przewozu ładunków.

3.Oracle Transportation Management – Oracle Polska Sp. z o.o. - wspomaga firmy spedycyjne i logistyczne w planowaniu i realizacji transportu.

4.Compass Transport i Spedycja – produkt firmy Comel –systemem zarządzania procesem spedycyjnym.

5.Map&GuideCalculate - produkt firmy AUTOSOFTWARE - narzędziem służące do wycieczania kosztów transportu i procedury zamówień, umożliwia wizualizację bazy klientów i poszczególnych zamówień, przebiegu trasy, kontroli kosztów i najbardziej optymalnych tras.

6.System InterLAN SPEED – produkt firmy InterLAN –rozwiązanie informatyczne wspomagające zarządzanie firmą w zakresie obsługi transportu i spedycji całopojazdowej oraz drobnicowej, zarządzania flotą i rozliczania czasu pracy kierowców oraz planowania i optymalizacji transportów

W prezentowanych i dostępnych na rynku oprogramowaniach informatycznych zauważyć można bliźniaczość oferowanych rozwiązań. Oferowane produkty posiadają rozbudowane moduły pozwalające na zaawansowane zarządzanie firmą transportowo-spedycyjną. Przedstawione programy pozwalają nie tylko na kontrolę nad wybranym środkiem transportu do realizacji określonego zlecenia transportowego czy spedycyjnego, ale także na analizę kosztów, wspomaganie wyboru trasy, czy prowadzenie księgowości²⁰.

Stąd zasadniczym celem prezentowanej pracy jest przedstawienie możliwości oraz korzyści, jakie niesie zastosowanie technologii informatycznej w firmie transportowo-spedycyjnej na przykładzie programu InterLAN SPEED²¹. Oprogramowanie to służy do obsługi przedsiębiorstwa w obszarze procesów transportowych, spedycyjnych i logistycznych. Przykład wykorzystaniu tego programu przedstawiono w pracy²², w której uwaga koncentrowała się na ogólnej charakterystyce programu oraz omówieniu tylko niektórych modułów (Transport i Spedycja; Drobnica i Dystrybucja oraz moduł Planowania i Optymalizacji).

Realizacja zlecenia transportowego w środowisku InterLANSpeed

W nowoczesnych firmach zajmujących się transportem, logistyką i spedycją zastosowanie odpowiednich systemów informatycznych jest konieczne do osiągnięcia sukcesu i zachowania statusu konkurencyjności na rynku. Najczęściej spotykanym rozwiązaniem jest użytkowanie systemu ERP, który to przy użyciu danych systemowych wykonuje planowanie oraz

²⁰ Bouzida I.B., Merzoug S.: Impact of Logistics Information Systems on Logistics Performance. Business Sciences Review, ISSN: 1112-3818 /EISSN: 2602-5396, 2021.

²¹ Materiały i dokumentacja przedsiębiorstwa InterLAN. online: <https://www.interlan.pl/>

²² Kulińska E., Rut J.: System InterLAN SPEED jako narzędzie usprawniające funkcjonowanie przedsiębiorstw transportowych. Logistyka, ISSN 1231-5478, 2014.

optymalizację wspomnianych procesów. Wynikiem doświadczeń w użytkowaniu tego rodzaju systemów jest opracowanie oprogramowania InterLAN SPEED. System ten pozwala na zarządzanie transportem TMS (*ang. Transportation Management System*). Oprogramowanie ma charakter bazodanowy, a praca w tym środowisku jest intuicyjna. Jedną z podstawowych zalet InterLAN SPEED to obsługa wszystkich procesów w jednym systemie. Obejmuje on zlecenia: wstępne, spedycyjne i transportowe; zarządzanie taborom własnym i kontraktowym; kierowcami; rozliczenia kosztów (delegacji, kart flotowych, rozliczanie kosztów paliwa); rozliczenia przychodów; prowadzenie księgowości, a także sporządzanie przekrojowych raportów. Zastosowanie oprogramowania InterLAN SPEED w przedsiębiorstwie pozwala na podniesienie jakości obsługi klientów, wsparcie w utrzymaniu i kontroli wysokich standardów współpracy z kontrahentami oraz przewoźnikami. Stosowanie tego oprogramowania, powoduje przyspieszenie i kontrolę procesów fakturowania, usprawnienie i wzrost efektywności oraz eliminację błędów poprzez automatyzację procesów. Program ten umożliwia również prowadzenie działalności przedsiębiorstwa w obszarze logistyki tj. optymalizacja planowania tras i załadunku. Praca z omawianą aplikacją, przebiega na ogół intuicyjnie, jednak stopień złożoności oprogramowania powoduje, że do skutecznej i efektywnej pracy konieczne jest zbudowanie odpowiedniej bazy danych. Tak, więc, rozpoczęcie pracy w systemie niesie za sobą obowiązek wprowadzania określonych informacji na temat poszczególnych elementów, składowych wykorzystywanych w pracy w programie^{23,24}. Poniżej zaprezentowano niektóre moduły programu InterLAN SPEED.

Kontrahenci

Na rysunku 6 przedstawiono kartę kontrahenta uzupełnioną w środowisku programu Interlan SPEED. Realizacja zlecenia transportowego, rozpoczyna się od wprowadzenia do systemu danych kontrahenta, dla którego zrealizowane zostanie zlecenie transportowe. W systemie SPEED pod pojęciem kontrahent rozumie się każdą osobę, bądź firmę, która występuje, jako podmiot naszych działań (dostawca, zleceniodawca, wystawca faktury). Dane dotyczące kontrahenta nie ograniczają się jedynie do numeru NIP, czy adresu: w przypadku programu InterLAN SPEED dane kontrahenta to w pewien sposób konfiguracja programu

²³ Materiały i dokumentacja przedsiębiorstwa InterLAN. online: <https://www.interlan.pl/>

²⁴ Niewiadomska M.: Wykorzystanie systemów informatycznych w logistycznej działalności przedsiębiorstw. Studia i Prace WNEiZ US nr 56, DOI:10.18276/sip.2019.56-09, 2019.

KONTRAHENCI

Symbol: LIDL_2 Konto FK: 702- Grupa:

Nazwa: LIDL POLSKA AKTYWNY BLOKADA RĘCZNA

Ulica, nr: UL.LIDLÓWA 12 Rejon: CENTRUM GPS

Kraj: PL Kod: 33-110 Miejscowość: Warszawa Wojew.: mazowieckie NIP: PL 8762257896

Gmina: Warszawa Powiat: Warszawa Weryfikacja VAT

Własny oddział Partner Ubezpieczyciel Pracownik
 Zleceniodawca Nadawca Armator Operator kolejowy
 Przewoźnik Odbiorca Agent INNY
 Warsztat sam. Dostawca Linie lotnicze

BEGON: 872876289

Osoba fizyczna nie prowadząca działalności gospodarczej Klient potencjalny

Kontakt | Finansowe | Słowniki | Profil | Cenniki | CRM | Integracja | Pozwolenia

Telefon: 7826512329 Telefon kom.: Fax:

E-Mail: WWW: Giełdy ładunków (param.)

GG: Skype:

Mapa internet.:

Osoba: Błażej Nowak Zapisz os. kontakt. Os. kontakt.

Nr KRS: Kapitał zakł.: Ważność KRS:

- Adres korespondencyjny

Nazwa: LIDL POLSKA

Ulica, nr: UL.LIDLÓWA 12

Kod: PL 02-023 Miejscowość: Warszawa Wojew.: mazowieckie

Wstecz Zapisz Debug Sprawdź na VIES Pobierz z VIES Sprawdź na "białej liście"

Rys. 6. Karta kontrahenta

Źródło: Opracowanie własne

Kadra pracownicza i tabor

W celu realizacji zlecenia transportowego konieczne jest wprowadzenie do systemu danych odnośnie kadry pracowniczej oraz taboru realizującego zlecenie transportowe. W przypadku kadry pracowniczej ilość danych wymagana przez system jest minimalna, mamy jednak możliwość wprowadzenia informacji dodatkowych. Szczegółowe dane podzielone są na zakładki takie jak: adres zamieszkania, numer NIP, numer telefonu. Moduł umożliwia również generowanie dokumentów wraz z czasowym śledzeniem (wprowadzenie numerów i dat ważności istotnych dokumentów: np. badania lekarskie, ważność paszportu), aktywności personelu. Informacja o zbliżającej się dacie przedawnienia dokumentów pojawia się w kalendarium systemu. Moduł umożliwia również planowanie odpoczynków i jazd kierowcy. Oprócz kierowców własnych, program umożliwia także wprowadzenie danych kierowców obcych, czyli z firm zewnętrznych. Podstawowym narzędziem pracy firm transportowych jest oczywiście tabor samochodowy. System SPEED umożliwia prowadzenie zaawansowa-

nej ewidencji dotyczącej pojazdów. Ponadto istnieje możliwość powiązania kierowcy do taboru. Takie rozwiązanie usprawnia i ułatwia pracę w środowisku programu, a także pozwala na przydzielenie kart flotowych. To rozwiązanie z kolei usprawnia system rozliczeniowy na przestrzeni: pracodawca-pracownik. Umożliwia również obliczanie rentowności pojedynczego zlecenia transportowego.

Zlecenie transportowe

Rysunek 7 przedstawia zlecenie transportowe zaimplementowane w programie. Zlecenie transportowe to nic innego, jak umowa przewozu, czyli podsumowanie warunków współpracy pomiędzy zleceniodawcą, a przewoźnikiem.

LISTA ZLECEŃ TRANSPORTOWYCH

Nr zlec.: 000007/T/2021 Zlec. kl.: AWZ0004999 Data: 2021-10-23 Oferta: Teczka: 000007/2021

Dane podstawowe Fracht Przychody/Koszty Inne Kontener

Zleceniodawca Inny płatnik Oddział Rodzaj zlecenia: Drogowe

LIDL_2 LIDL POLSKA
UL.LIDLLOWA 12 PL 33-110 KRAKÓW
7826512329

SENT
 CLENIE Ubezpieczenie VIP

Nr wyjazdu	Nr b.	Samochód	Nr b.	Naczepa	Kierowca 1	Kierowca 2	Odległość	% kosztów	Do prowizji
000012/W/2021	1	KR002222	BOP	KR123687	Nowak Adam		400	100,00	0,00

+ Dodaj Popraw - Usuń Przeładun

Dane samochod./Polecenia wyjazdu/

Miejsca załadunku i wyładunku

Lp	Typ	Miejsce	Kraj	Data plan.	Godz. plan	Waga	JW	Ilość	Wym.
1	ZA	UL. ANNAPOL 20; 03-325; WARSZAWA COCA-COLA HBC POLSKA SP.Z O.O	PL	2021-11-21	07:00	10,000	T	12	0
2	WY	LIDL POLSKA; UL.LIDLLOWA 12; 33-110; KRAKÓW; PL	PL	2021-11-21	17:00	-10,000	T	-12	0

0,00 0,00

+ Dodaj Popraw - Usuń Kolejność wg daty/godz

Trasa: WARSZAWA-KRAKOW Odległość: 400 Kierunek: KRJ

Ładunek

Opis ładunku: COCA COLA PUSZKA PALETA 2592 SZT 1,2X0,8M Temp.: Tryb pracy agregatu:

Waga: 10 Ilość: 12 Rodzaj opak.: PALETA Dod.: ADR:

Długość: 9,6 Wys.: 1,5 Szer.: 1,2 Obj.: 207,36 Wartość: 20 000,00 PLN HACCP:

Wym. sam.: PLANDEKA Warunki dost.: SQAS:

Wstecz Zapisz Debug Info dla księg Dokumenty Instr. dod.

Rys. 7. Karta zlecenia transportowego

Źródło: Opracowanie własne

W zależności od miejsc rozładunku lub załadunku może być umową przewozu krajowego, międzynarodowego lub kabotażu. Podczas wprowadzania zlecenia transportowego do programu, system InterLAN SPEED pozwala na określenie min. informacji zawierających: miejsce i termin załadunku, oraz wyładunku, opis ładunku, określenie stawki związanej z realizacją zlecenia, a także kalkulacji kosztów i przychodów. Dzięki przydzieleniu kierowcy do pojazdu, dane dotyczące środka transportu i osoby realizującej zlecenie są automatycznie wprowadzane do programu. Istnieje również możliwość ustalenia cyklicznych zleceń realizowanych przez zespół: kierowca-pojazd.

Polecenie wyjazdu

Powszechnie wiadomo jest, że każdy wyjazd kierowcy w trasę powinien być skojarzony z kartą drogową. W systemie SPEED nosi ona nazwę polecenia wyjazdu. Wspomniane polecenie wyjazdu zobrazowane zostało na rysunku 8.

POLECENIA WYJAZDU (karty drogowo) [podgląd]

Nr wyjazdu: 000001/W/2021 Okres rozl.: 2021 5 Spedytor: []

[Dane wyjazdu] [Zlecenia/Uwagi] [Zdarzenia] [Zużycie] [Przychody/Rozchody]

Samochód: AA1234 KR123456 Naczepa/Przyczepa: AAA KBR78231 Blokuj dane z telematyki

WYJAZD:		POWRÓT:	
2021-05-12 07:00		2021-05-12 17:00	
Samochód Naczepa/Przyczepa		Samochód Naczepa/Przyczepa	
Licznik [km]:	1 0	Licznik [km]:	401 0
Paliwo [l]:	1050,00	Paliwo [l]:	938,00 Poj. zb.: 1 050
AdBlue [l]:	78 Ilość ON Liczn. MTg	AdBlue [l]:	30 Ilość ON Liczn. MTg
Paliwo agregat [l]:	0 0 0	Paliwo agregat [l]:	0 0 0
Licznik paliwa:	0	Licznik paliwa:	0

Kierowca I: Nowak Adam Uwagi km przejech.: 400 uznane: 400 do płacy: 400

Kierowca II: Uwagi km przejech.: 0 uznane: 0 do płacy: 0

Kierowca III: Uwagi km przejech.: 0 uznane: 0 do płacy: 0

Opis trasy: WARSZAWA-KAKÓW < Ze zlec. Kraj docelowy: PL

[Odl. wg wyjazdu] [Odl. wg zlec.] [Odl. wg mapy] [Różnica (przew. / zlec.)] [Różnica (przew. / mapa)]

Automatycznie wyznaczaj odległość na podstawie wpisów w tabeli Załadunek/Wyładunek/Granica

ładowne: 400 puste: 0 miejskie: 0 serwis: 0 łącznie: 400

- Czas wyjazdu (h)

Automatycznie wyznaczaj czas na podstawie wpisów w tabeli Załadunek/Wyładunek/Granica

wyjazdu: 10 ogrzewania: 0 agreg. (samochód): 0 agreg. (naczepa): 0

10g 0m 0g 0m 0g 0m 0g 0m

Rys. 8. Karta polecenia wyjazdu

Źródło: Opracowanie własne

Moduł ten zawiera informacje odnośnie miejsca załadunku i wyładunku, rodzaju przewożonego ładunku, a także informacje o środkach transportu użytych do realizacji zlecenia, oraz rozliczenia paliwa. Oprogramowanie intuicyjnie powiązuje zlecenie transportowe, z poleceniem wyjazdu. Program wyliczana również marżę i kwotę zysku dla przedsiębiorstwa w związku ze zrealizowanym zleceniem.

Faktura i rozliczenie

Oprócz fakturowania zwykłego, system InterLAN SPEED umożliwia także przygotowywanie faktur zbiorczych. Faktura zbiorcza umożliwia rozliczenie jednym dokumentem wielu zleceń, co zdecydowanie skraca czas przygotowywania rozliczeń. Oprócz wystawiania faktur przychodowych, InterLAN SPEED umożliwia również rejestrowanie faktur kosztowych, a także wystawianie faktur korygujących. Zaproponowane rozwiązanie usprawnia pracę, ponieważ wszystkie operacje dotyczące realizacji konkretnego zlecenia transportowego są ze sobą powiązane. Tak więc, w relatywnie prosty sposób pozwala to na wyeliminowanie błędów spedytora. Przykładowa karta fakturowania została zaprezentowana na rysunku 9.

FAKTURY WYSTAWIONE

Numer: 000007/FV/2021 Nr faktury PF: KR - krajowa

Symbol: LIDL_2 NIP: 8762257896 Język faktury: Polski ZALICZK. eFaktura

Nazwa: LIDL POLSKA

Adres: UL.LIDLLOWA 12

Miasto: PL 33-110 KRAKÓW Rodz. przych.: TRANSPORT

FAKTURA OK
Korekta: 000008/FV/2021

Dane faktury Uwagi i inne Parametry wydruku Historia spłaty

Data wystawienia: 2021-11-29 Data sprzedaży: 2021-11-26 Data otrzymania: 2021-11-29 Data płatności: 2021-11-29 Data ostatniej wer.: Ostatni id

Kod waluty: PLN

Informacje o sposobie zapłaty Przeliczenie

Forma: GOTÓWKA

Zapłacono gotówką RABAT 0% Faktura w walucie obcej SplitPayment Faktura w PLN przeliczana kursom

pozycje faktury [F5 - przeliczenie pozycji] Tabela VAT [F6 - przeliczenie VAT]

Lp	Opis	Im	Ilość	Cena w wal.	Wal	NETTO	VAT%	BRUTTO	Kurs	Nr zamówienia	Przesyłka	Zlecenie FTL
	Opis dodatkowy			Cena w PLN	Wal		VAT					
1	Fracht krajowy	SZT	1,00	1 300,00	PLN	1 300,00	23	1 599,00	1,000000			000010/T/2021
	Fracht krajowy2021-11-19 1000010/T/2021			1 300,00	PLN		299,00					

RAZEM: 1 300,00 299,00 1 599,00

Wstecz Debug Sprawdź na białej liście Oznaczenia JFK Info ze zlecen

Rys. 8. Karta fakturowania

Źródło: Opracowanie własne

Podsumowanie

Przedstawione przykłady wykorzystania modułów InterLAN SPEED w sposób klarowny przedstawiają korzyści wynikające z wdrożenia komputerowego wspomaganie w zarządzaniu firmą transportowo-spedycyjną. Powszechnie wiadomo jest, że podstawowymi funkcjami zarządzania są: planowanie, organizowanie, przewodzenie (kierowanie ludźmi), kontrolowanie^{25, 26, 27} W dzisiejszych strukturach przedsiębiorstw często zatrudnia się pracownika, który ma być menadżerem, osobą, która odpowiada za realizację procesu zarządzania, planuje i podejmuje decyzje, organizuje, prowadzi oraz kontroluje zasoby ludzkie, finansowe, rzeczowe i informacyjne. Opisana funkcjonalność programu informatycznego InterLAN SPEED obejmująca działalność firmy, znajduje się w jednym programie bazodanowym, co niewątpliwie wpływa pozytywnie na zwiększenie funkcjonalności, oraz podniesienie, jakości oferowanych usług. Ponadto oprogramowanie pozwala na usprawnienie wewnętrznych struktur przedsiębiorstwa, optymalizowane są procesy logistyczne, w tym również i procesy transportowe. Stosowanie omawianego oprogramowania pozwala przyspieszyć i umożliwić kontrolę procesów fakturowania, wyliczenie wynagrodzeń i koordynacji pracy kierowców, oraz wykorzystywanie środków transportowych. Wymogiem stawianym przed dowolnym oprogramowaniem, jest, aby wprowadzany program do wspomaganie komputerowego ujmował specyficzne jego cechy, np.: sztuczność tego systemu (gdyż został stworzony przez człowieka); stąd zastosowane rozwiązania winny być intuicyjne i jednoznaczne. Celem takiego rozwiązania jest transfer informacji, stąd ważne jest aby była możliwość bezpośredniego przekazywania poleceń, zaznaczenie hierarchii, jednoznaczne określenie zadań, praw i obowiązków, konkretyzacja połączeń między kolejnymi „szczeblami” hierarchii. Jednak należy mieć świadomość, że głównymi trudnościami w zarządzaniu flotą transportową jest brak uznanego na arenie międzynarodowej standardu, który stanowiłby ustrukturyzowany przewodnik po zarządzaniu w zintegrowanym systemie zarządzania, w tym również w procesach transportu²⁸.

Bibliografia

- Bouzida I.B., Merzoug S. Impact of Logistics Information Systems on Logistics Performance. Business Sciences Review. 147-167, ISSN: 1112-3818 /EISSN: 2602-5396, 2021.
- Chwesiuk K.: Analiza zastosowań systemów informatycznych klasy ERP w logistyce. Logistyka, 4, 2011, ISSN 1231-2037, 2011.EC (EuropeanCommission), 2006. E-business watch – ICT and e-

²⁵ Wicki L.: The role of itsystems in supporting logistics systems in agribusiness enterprises, Issues in Information Systems, DOI:10.48009/2_iis_2013_127-138, 2013.

²⁶ Bouzida I.B., Merzoug S.: Impact of Logistics Information Systems on Logistics Performance. Business Sciences Review. ISSN: 1112-3818 /EISSN: 2602-5396, 2021.

²⁷ Łatuszyńska M., Strulak-Wójcikiewicz R. Komputerowe wspomaganiewyboru środka transportu i trasy w przewozie ładunków, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Studia Informatica, 27, 2011.

²⁸ Lahuta P., Kardoša P., Hudáková M. Integrated Risk Management System in Transport. Transportation Research Procedia, 55, DOI: doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.142, 2021.

- business in the food and beverages industry, ICT adoption and e-business activity 2006, Sector Report No.1/2006.
- Gołomska E. Kompendium wiedzy o logistyce. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013, ISBN 978-83-01-16341-9, 2013.
- Grabińska A., Pawełoszek I., Ziara L.: Informatyczne wspomaganie procesów logistycznych. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, ISBN 978-83-7193-731-6, 2020.
- Jacyna M., Lewczuk K.: Projektowanie systemów logistycznych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2021, ISBN 978-83-011-8806-1, 2021. Kruczek M., Żebrucki Z.: Wspomaganie procesów logistycznych w systemach zintegrowanego zarządzania. Logistyka, 5, 2013.
- Kulińska E., Rut J.: System InterLAN SPEED jako narzędzie usprawniające funkcjonowanie przedsiębiorstw transportowych. Logistyka, 2014, ISSN 1231-5478, 2014.
- Lahuta P., Kardoša P., Hudáková M. Integrated Risk Management System in Transport. Transportation Research Procedia, 55, DOI: doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.142., 2021.
- Latuszyńska M., Strulak-Wójcikiewicz R.: Komputerowe wspomaganie wyboru środka transportu i trasy w przewozie ładunków, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Studia Informatica, 27, 2011.
- Materiały i dokumentacja przedsiębiorstwa InterLAN. online: <https://www.interlan.pl/> (dostęp, XI 2021)
- Miraldes T., Azevedo S.G., Charrua-Santos F., Mendes L., De Oliveira Matias J.C. It applications in logistics and their influence on the competitiveness of companies/supplychains, Scientific Annals of the "Alexandru Ioan Cuza" University of Iași Economic Sciences 62 (1), 2015, 121-146; DOI:10.1515/aicue-2015-0009.
- Niewiadomska M.: Wykorzystanie systemów informatycznych w logistycznej działalności przedsiębiorstw. Studia i Prace WNEiZ US nr 56, DOI:10.18276/sip.2019.56-09, 2019.
- Nowicki A. (red.): Wstęp do systemów informacyjnych zarządzania w przedsiębiorstwie. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, ISBN 978-83-7193-268-7, 2005
- Sołtysik-Piorunkiewicz A.: Projektowanie logistycznych systemów informatycznych. Studia Ekonomiczne, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, 2013, ISSN 2083-8611, 2013. Szymonik A.: Technologie informatyczne w logistyce. Wydawnictwo PLACET, Warszawa, 2010, ISBN 9788374881548, 2010.
- Wicki L.: The role of itsystems in supporting Logistics systems in agribusiness enterprises, Issues in Information Systems., 2013, DOI:10.48009/2_iis_2013_127-138, 2013.

*Adres do korespondencji: e-mail: slawomir.rtkurpas@cyf-kr.edu.pl
ORCID: Sławomir Kurpaska 0000-0003-1885-4568*

MODELOWANIE I SYMULACJA PROCESÓW LOGISTYCZNYCH: WYBRANE PROBLEMY

Sławomir Kurpaska¹, Karolina Trzyniec², Maciej Gliniak¹

¹ Katedra Inżynierii Bioprocusów, Energetyki i Automatykacji, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

² Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wstęp

W dobie obecnych wyzwań, w dobie powszechnego dostępu do techniki komputerowej, modelowanie matematyczne procesów jest szeroko wykorzystywane w wielu obszarach nauki. Dotyczy to zarówno nauk inżynieryjno-technicznych, jak i m.in. biologii, medycyny oraz nauk o zarządzaniu^{1,2,3}. Wg. Gutenbauma⁴, model to umyślnie i celowo uproszczona reprezentacja rzeczywistości. Sformułowany model jest pozbawiony wielu szczegółów i cech nieistotnych z punktu widzenia modelowanej rzeczywistości. Uszczegóławiając to pojęcie, model matematyczny można zdefiniować jako: zespół założeń upraszczających opis danego obiektu fizycznego, procesu lub zjawiska ujmującego najważniejsze własności obiektu badań i przedstawiający go w ten sposób, że pewien obiekt, proces lub zjawisko, które na ogół w rzeczywistości nie istnieje, ma cechy dostatecznie zbliżone do rzeczywistego obiektu badań. Model matematyczny jest zbiorem reguł i zależności, na podstawie których można przewidzieć (w drodze obliczeń) przebieg modelowanego procesu. Modelem matematycznym badanego układu materialnego nazwiemy taki układ równań, którego rozwiązania są podobne do przebiegów wielkości modelowanej.

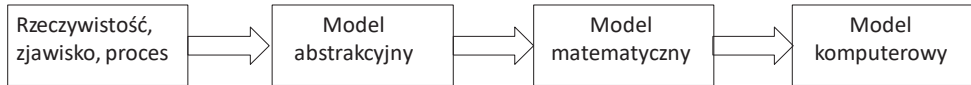
Na rys. 1 zobrazowano graficznie elementy procesu modelowania.

¹ Kurpaska S., Ślipek Z., Bożek B., Frączek J.: Simulation of Heat and Moisture Transfer in the Greenhouse Substrate due to a Heating System by Buried Pipes. *Biosystems Engineering*, Vol 90(1), 63-74, DOI.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.10.012, 2015.

² Foryś U.: *Matematyka w biologii i medycynie*. Wydawnictwo UW., Warszawa, 2010.

³ Kawa A., Fuks K., Januszewski P.: Symulacja komputerowa jako metoda badań w naukach o zarządzaniu. *Studia Oeconomica Posnaniensia*, Vol. 4(1), 109-126. DOI:10.18559/SOEP. 2016.1.8, 2016.

⁴ Gutenbaum J.: *Modelowanie matematyczne systemów*. Wydawnictwo: Instytut Badań Systemowych PAN, ISBN838-76-7453-453-3, 2003.



Rys. 1. Elementy procesu modelowania

Źródło: Opracowanie własne

Procedura tworzenia modelu obejmuje trzy podejścia⁵:

- rozumowanie heurystyczne (poznawcze) o danym zjawisku; czyli procedura mająca na celu określenie cech i wielkości charakterystycznych dla zjawiska,
- ustalenie adekwatnej teorii opisującej zjawisko,
- wybór zmiennych i parametrów pod kątem ich doświadczalnego pomiaru i weryfikacji z doświadczeniem; weryfikacja teoretyczna.

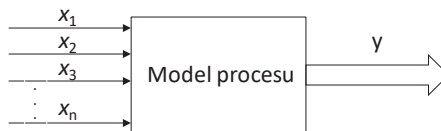
Według klasycznego i zarazem rygorystycznego kryterium Hadamarda model matematyczny będący układem równań różniczkowych winien spełniać trzy warunki (tzw. poprawności modelu)⁶:

- istnienie rozwiązań,
- jednoznaczność rozwiązań,
- stabilność rozwiązań względem warunków początkowych i innych danych występujących w modelu.

Można wyróżnić następujące etapy procedury modelowania⁷:

- a) sformułowanie celu modelowania,
- b) wybranie kategorii modelu oraz określenie jego struktury,
- c) identyfikacja parametrów modelu,
- d) algorytmizacja modelu,
- e) zweryfikowanie wyników.

Modelowanie jest przydatne w wielu dziedzinach nauki. Służy do poznania danego procesu, poprzez zastąpienie go uproszczonym układem, który odzwierciedla wybrane jego cechy. Proces modelowania (Rys. 2) sprowadza się do wyznaczenia zależności matematycznej między wielkością wyjściową (y), a wielkościami wejściowymi ($x_1, x_2, x_3 \dots x_n$).



Rys. 2. Graficzna interpretacja modelu procesu

Źródło: Opracowanie własne

⁵ Gutenbaum J.: Modelowanie matematyczne systemów. Wydawnictwo: Instytut Badań Systemowych PAN, ISBN838-76-7453-453-3, 2003.

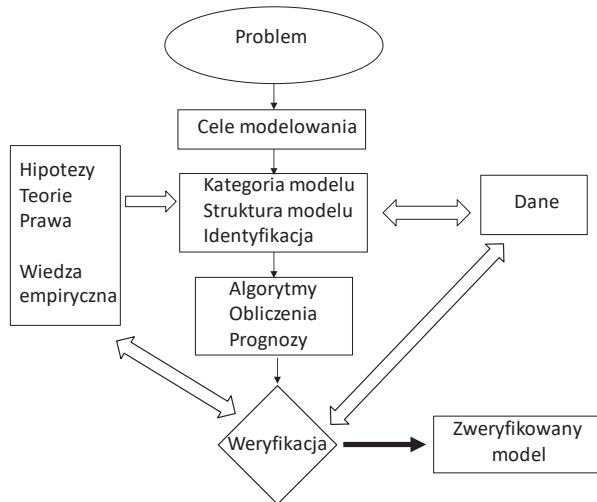
⁶ Gutenbaum J.: Modelowanie matematyczne systemów. Wydawnictwo: Instytut Badań Systemowych PAN, ISBN838-76-7453-453-3, 2003.

⁷ Zanevsky I., Ogirko, O., Ohirko, I.: Metody modelowania w logistyce transportu. Technika Transportu Szybowego, vol. 25(5), 42- 47, 2018.

W najprostszej wersji jest to zapis postaci: $y = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n)$, gdzie y jest wielkością wyjściową badanego systemu, a parametry: x_1, x_2, x_3 są wielkościami wejściowymi. Zmiennych wejściowych i wyjściowych może być więcej niż jedna, wszystko zależy to od stopnia skomplikowania systemu. Model procesu można porównać do tzw. czarnej skrzynki, która może zawierać n zmiennych wejściowych $\xrightarrow{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n}$, zaś model matematyczny (model symulacyjny) $\xrightarrow{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m}$ może zawierać m zmiennych wyjściowych. Zatem, badania symulacyjne zjawisk fizycznych (procesów) to modelowanie matematyczne polegające na opisie matematycznym rozpatrywanych zjawisk fizycznych i rozwiązywaniu zdefiniowanego układu równań algebraicznych lub różniczkowych za pomocą odpowiednich metod.

Modele matematyczne muszą spełniać dwa podstawowe wymagania: łatwości użytkowania zgodnie z jego przeznaczeniem oraz zgodności z modelowanym systemem odnośnie zależności, które interesują badacza. Często wymagania te mogą być sprzeczne. Należy na tym etapie poszukać kompromisu między nadmiernym uproszczeniem modelu, co może prowadzić do błędnych wniosków a modelem zbyt skomplikowanym, co utrudnia jego stworzenie. W tym etapie należy też rozwiązać problem istotności, czyli wyboru hipotez istotnych i tych, które należy odrzucić. Etapy tworzenia modelu matematycznego dowolnego procesu zobrażono na rys. 3.

W przedstawionym schemacie, celem modelowania matematycznego jest utworzenie pełnego formalnego opisu zjawiska w pewnym układzie, na który oddziałują sygnały zewnętrzne, a obserwuje się lub chce się przewidzieć przebiegi wywołujących je sygnałów.



Rys. 3. Etapy tworzenia modelu

Źródło: Opracowanie własne

Oznacza to, że model winien zawsze być zbudowany z góry przyjętym celu, np.:

- model programowania matematycznego - pozwalający wyszukać najlepsze rozwiązania,
- model ekonometryczny - przedstawiający zależności między danymi wielkościami ekonomicznymi,

- model statystyczny - sformułowany w postaci równań lub układów równań pozwalający przewidzieć zachowanie się całej populacji na podstawie badań wykonanych na pewnej próbie.

Modelowanie matematyczne to tworzenie matematycznego opisu układów rzeczywistych (obiektów/zjawisk) na podstawie praw fizycznych, z uwzględnieniem określonych założeń i uproszczeń.

Ogólnie, modele matematyczne można podzielić na^{8,9}:

- a) ze względu na czas:

- **dynamiczne** - są to takie modele, w których czynnik czasu ma kluczowe znaczenie. Stan systemu zmienia się dzięki upływowi czasu symulacyjnego, właściwości i atrybuty systemu są zależne od wartości czasu symulacyjnego. Wynik jest zależny od czasu trwania symulacji. Przykładem mogą być wszelkiego rodzaju modele działania systemów obsługi, produkcji, transportu, stan zapasów magazynowych, droga hamowania samochodu,

- **statyczne**: w tego rodzaju modelach czas nie wpływa na wynik, zegar symulacji nie jest potrzebny. Stan systemu nie jest zależny od czasu i atrybuty systemu nie zmieniają się wraz z czasem symulacji. Przykład takiego modelu to np. model gry w ruletkę, gdzie na wynik poszczególnych losowań nie wpływa czas.

- b) ze względu na związek przyczynowo-skutkowy:

- **deterministyczne** - w tych modelach nie występują zmienne losowe, działanie modelu nie opiera się na losowych wystąpieniach pewnych zdarzeń. Cechy obiektów są zdefiniowane wcześniej lub obliczane na bieżąco wg zadanych wcześniej funkcji matematycznych. Zatem, wszystkie obiekty mają jednoznacznie ustalone względem siebie matematyczne powiązania, co prowadzi do całkowitej jednoznaczności rozwiązań. Przykładem relacji o charakterze deterministycznym to kierunek zmian w poziomie zanieczyszczeń wód na skutek obfitych opadów deszczu, całkowicie zautomatyzowana linia produkcyjna, zadanie programowania liniowego związane z wyznaczeniem optymalnej produkcji (zagadnienie to zostanie rozwiązane w dalszej części pracy),

- **stochastyczne/ probabilistyczne/ statystyczne** - w tego typu modelach duże znaczenie mają występujące w nim zmienne losowe, które kontrolują zachowaniem procesów czyli występowaniem danych zdarzeń. Pewne zdarzenia następują losowo - czyli nie istnieje jakiś schemat ich występowania. Szczególny rodzaj modelu stochastycznego stanowi model probabilistyczny, tj. taki, w którym znany jest rozkład funkcji gęstości parametrów modelu. Innym szczególnym przypadkiem modelu stochastycznego jest model statystyczny. W modelu statystycznym nie są znane rozkłady funkcji gęstości prawdopodobieństwa parametrów stochastycznego modelu optymalizacyjnego. Podstawowe charakterystyki tego modelu wyznacza się na podstawie próby statystycznej. Zatem, w tego typu modelach duże znaczenie mają wy-

⁸ Kostrzewski M. :Modelowanie i badanie wybranych procesów i elementów obiektów logistycznych z wykorzystaniem metod symulacyjnych. Oficyna Wydaw. Polit. Warszawskiej, ISBN: 978-83-7814-750-3, 2018.

⁹ Mielczarek B. :Modelowanie symulacyjne w zarządzaniu: Symulacja dyskretna. Oficyna Wydaw. Polit. Wrocławskiej, ISBN: 978-83-7493-471-8, 2009.

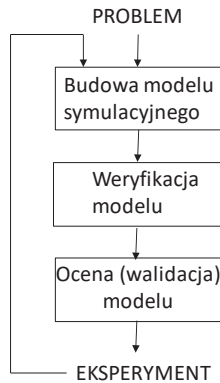
stępujące w nim zmienne losowe, które sterują zachowaniem procesów czyli występowaniem danych zdarzeń.

Pewne zdarzenia następują losowo - czyli nie istnieje schemat ich występowania. Ważnym elementem przy konstruowaniu takiego modelu jest dobór odpowiedniego generatora wartości losowych. Przykładem zmiennych losowych w modelu może być charakter nierówności drogi będący źródłem wymuszeń działający na pojazd w czasie jazdy, czas między przybywaniem klientów w systemie obsługi, czas między przybywaniem klientów w systemie obsługi, czas ich obsługi, rzeczywisty harmonogram odlotów i przylotów w porcie lotniczym, zagadnienie komiwojażera (problem obliczeniowy polegający na poszukiwaniu w grafie takiego cyklu, który zawiera wszystkie wierzchołki – wierzchołkami są poszczególne miejscowości w taki sposób, że każde miasto zostanie odwiedzone, a zadaniem jest znalezienie trasy o minimalnej długości),

c) ze względu na ciągłość procesu:

- **ciągłe**- zmienne ciągłe mogą przyjmować każdą wartość liczby rzeczywistej. W tym modelu, zmiany w analizowanym procesie występują w sposób ciągły. Przykładem są: zmiany temperatury w ogrzewanym obiekcie, zmiany stężenia, np. CO₂ w procesie dokarmiania roślin w szklarni dwutlenkiem węgla, model opisujący przepływ surowca (np. transport rurociągiem),
- **dyskretne**: zmienne występujące w modelu przyjmują pewne wartości ściśle z określonego podzbioru liczb rzeczywistych. W tym modelu, zmiany występują tylko w określonych chwilach, np. do magazynu przywóz i wydawanie towaru odbywają się w ściśle określonym czasie. Przykładem takiego modelu może być model analizy finansowej w arkuszu kalkulacyjnym.

Metodyka eksperymentu symulacyjnego przewiduje fazy weryfikacji i oceny modelu po zakończeniu jego budowy: można je przedstawić w postaci diagramu (rys. 4).

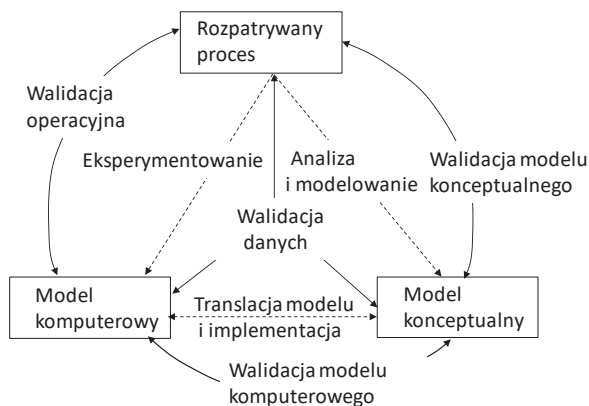


Rys. 4. Iteracyjny proces budowy modelu symulacyjnego

Źródło: Opracowanie własne

Przedstawiony proces polega na powtarzaniu pewnych faz budowy modelu o pewnym stopniu złożoności, ocenie jego adekwatności oraz cyklicznym zaplanowaniu zmian w charakterze i szczegółowości modelu. Weryfikacja powinna dać odpowiedź na pytanie: Czy model jest zbudowany w sposób poprawny? Etap ten polega na sprawdzaniu, czy model komputerowy jest wystarczająco trafną reprezentacją modelu conceptualnego. Z kolei, walidacja jest to proces wyznaczania stopnia, w jakim model jest wiernym odzwierciedleniem rzeczywistego systemu z przyjętego punktu widzenia. Innymi słowy etap ten polega na sprawdzaniu, czy model komputerowy ma w swojej dziedzinie zastosowań wystarczający poziom trafności. O ile dzięki weryfikacji projektant uzyskuje informacje o zgodności systemu symulacyjnego z jego założeniami, o tyle walidacja, poprzez porównanie z eksperymentem, weryfikuje zgodność jego wizji z realnym światem. Proces weryfikacji i walidacji dotyczy bardzo istotnego problemu, który polega na ustaleniu, czy model symulacyjny poprawnie opisuje system rzeczywisty poddany badaniom. Innymi słowy – czy model jest wiarygodny. Weryfikacja dotyczy wewnętrznej spójności modelu, natomiast walidacja odnosi się do związków pomiędzy modelem a rzeczywistością.

Wzajemne powiązanie pomiędzy procesami walidacji i weryfikacji w procesie modelowania przedstawiono graficznie na rys. 5.



Rys. 5. Walidacja i weryfikacja w procesie modelowania

Źródło: Burczyński 2021¹⁰

W problematyce modelowania matematycznego można wyróżnić symulację komputerową, która odnosi się do stosowania modeli obliczeniowych w analizie i predykcji procesów fizycznych lub zachowań systemów technicznych. Rozwój symulacji komputerowej wyłania się jako efekt współdziałania i rozwoju wiedzy oraz metodologii nauk matematycznych, przyrodniczych, obliczeniowych i technicznych.

Niekiedy terminem symulacja komputerowa określa się pewne typy iteracyjnych procedur obliczeniowych, w których często pobierane są próbki z rozkładów, lecz czynnik czasu

¹⁰ Burczyński T.: Modelowanie i symulacja komputerowa jako kluczowy element współczesnej metodologii badań naukowych. <http://www.sekcyjbio.polsl.pl> (dostęp, X, 2021).

nie odgrywa zasadniczej roli. Jest to tzw. metoda Monte Carlo. Symulacja komputerowa wraz z rozwojem i szerokim zakresem zastosowań staje się w ostatnich latach potężnym narzędziem, mogącym zrewolucjonizować naukę i technikę w XXI wieku¹¹. Zatem, proces symulacji jest odwzorowaniem badanego zjawiska lub procesu w formie programu komputerowego nazywanego także modelem komputerowym, utworzonego z wykorzystaniem modelu matematycznego. W takim ujęciu symulacja komputerowa jest metodą badawczą, szczególnie przydatną w procesach dynamicznych opisujących zmiany zachodzące w funkcji czasu. Budowa modelu komputerowego umożliwiającego symulację jest końcowym etapem procesu modelowania obejmującego model abstrakcyjny (fizyczny), matematyczny, komputerowy. Zbudowanie modelu symulacyjnego oznacza stworzenie pewnego abstrakcyjnego tworu, który ma odzwierciedlać system rzeczywisty. Opracowany model symulacyjny winien umożliwić, w pewien subiektywny sposób, obserwować procesy rzeczywiste i umożliwić badanie aspektów zachowań tych procesów, tak by później móc je zamodelować. Modelami symulacyjnymi mogą być:

- modele w skali (np. samolot w tunelu aerodynamicznym, badania wazonowe procesów życiowych roślin, badania lizymetryczne analizujące zapotrzebowanie wodne roślin),
- modele fizyczne w innym środowisku materialnym (np. model konsumpcji tlenu przez system korzeniowy roślin: platynowa elektroda względem kalomelowej elektrody odniesienia, zastosowanie radioizotopów do określenia mechanizmów biologicznego wiązania azotu w glebie),
- modele numeryczne: układ równań matematycznych i relacji logicznych; zwykle modeli tych nie da się rozwiązać analitycznie.

Techniki symulacyjne są szczególnie przydatne tam, gdzie analityczne wyznaczenie rozwiązania byłoby zbyt pracochłonne, a niekiedy nawet niemożliwe, co często ma miejsce w systemach złożonych. Następnym etapem, po sformułowaniu modelu, jest ocena na ile model odpowiada prawdziwemu systemowi (adekwatność) i w jakim stopniu prawdziwe są wyniki symulacji wykonanej na tym modelu (wiarygodność). W obu przypadkach ocena modelu jest stosowana na podstawie rezultatów (objawów działania systemu), a nie na kontroli wewnętrznych mechanizmów generujących te wyniki.

Niektórzy autorzy postrzegają wręcz symulację komputerową, obok teorii i eksperymentu, jako trzeci sposób uprawiania nauki^{12,13}. Wzajemne powiązanie między teorią, eksperymentem i symulacją zobrazowano na rys. 6.

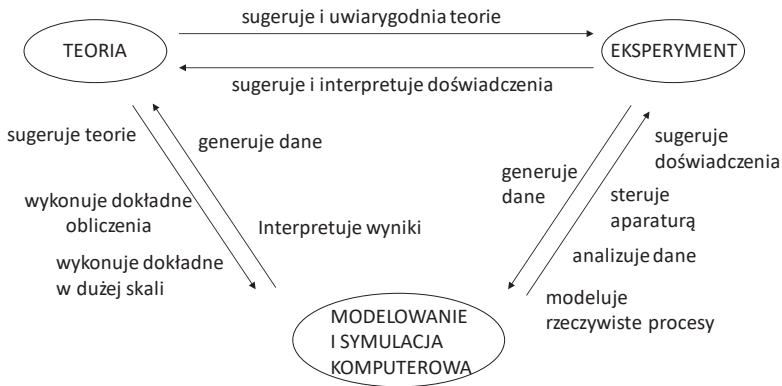
Symulacja może być traktowana również jako alternatywa dla technik eksperymentalnych i obserwacyjnych, gdy zjawiska są trudno obserwowalne lub zbyt kosztowne. Prowadzi to do śmiałej konkluzji, że przy obecnym rozwoju technik komputerowych oprócz teorii i eksperymentu wyróżnić można trzeci filar nauki – symulację komputerową. Reasumując,

¹¹ Burczyński T. Poteralski A., Szczepanik M., :Topological evolutionary computing in the optimal design of 2D and 3D structures, *Engineering Optimization*, 2007, ISSN: 0305-215X, DOI: 10.1080/03052150701515102, Vol.39, No.7, pp.811-830, 2007.

¹² Axelrod, R.: *Advancing the Art of Simulation in Social Science*. W: R. Conte, R. Hegselmann, P. Terna (red.). *Simulating Social Phenomena*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH, 21- 40, ISBN: 978-3-540-63329-7, 1997.

¹³ Kleiber M.: *Modelowanie i symulacja komputerowa – moda czy naturalny trend rozwojowy nauki*, Nauka, nr 4, 29–41, ISSN: 1231-8515, 1999.

symulacja komputerowa jest metodą wnioskowania o zachowaniu się obiektów rzeczywistych na podstawie obserwacji programów komputerowych symulujących to zachowanie.



Rys. 6. Modelowanie i symulacja komputerowa jako trzeci filar nauki

Źródło: Kleiber 1999¹⁴

Stosowana jest gdy bezpośrednie obserwowanie zachowania się obiektu jest trudne lub niemożliwe. W tym ujęciu, obiekt oznacza wydzielony układ (materialny) stanowiący zbiór elementów materialnych, logicznie powiązanych w całość, tzn. realizujący jakiś rozpoznany cel. W procedurze symulacji komputerowej, jeden lub kilka spośród nich poddawany jest analizie. W tym przypadku, analizowany układ staje się obiektem. Rozpatrywany obiekt może być sztuczny (np. maszyna, pomieszczenie, pojazd, obiekt budowlany itp.) lub naturalny (np. roślina, atmosfera ziemską, płuca człowieka itp.).

W opracowywanym programie w celu przeprowadzenia symulacji komputerowej, można wyróżnić również pojęcie systemu. Pod pojęciem systemu rozumiemy pewien zbiór powiązanych ze sobą obiektów scharakteryzowanych przy pomocy atrybutów (cech), które również mogą być ze sobą powiązane. Zakładamy, że ich struktura nie podlega zmianom, a jedynie cechy poszczególnych obiektów mogą przyjmować różne wartości w kolejnych chwilach czasu tzn. system osiąga kolejne stany pod wpływem zachodzących zdarzeń. Inaczej, system to zbiór elementów i relacji między nimi. Tymi elementami są własności elementów materialnych układu materialnego. Ponieważ własności, a także relacje są pojęciami abstrakcyjnymi, zatem system jest także również pojęciem abstrakcyjnym. W badanym układzie materialnym można wyróżnić wiele różnych systemów, każdy ze względu na inną własność obiektu. W zatem, system pewien zbiór powiązanych ze sobą obiektów scharakteryzowanych za pomocą atrybutów (cech), które również mogą być ze sobą powiązane. Podział przykładowego systemu z wyszczególnieniem niezbędnych jego cech, zobrazowano w poniższej tabeli.

Model matematyczny procesu można wykorzystać w procedurze znalezienia optymalnych wartości zmiennych decyzyjnych. Optymalizacja procesu metodą symulacji pociąga za

¹⁴ Kleiber M.: Modelowanie i symulacja komputerowa – moda czy naturalny trend rozwojowy nauki, Nauka, nr 4, 29–41, ISSN: 1231-8515, 1999.

sobą znalezienie najlepszej konfiguracji zmiennych wejściowych, które optymalizują zmienną odpowiedzi. Optymalizacja polega zwykle na maksymalizacji lub minimalizacji wybranego parametru.

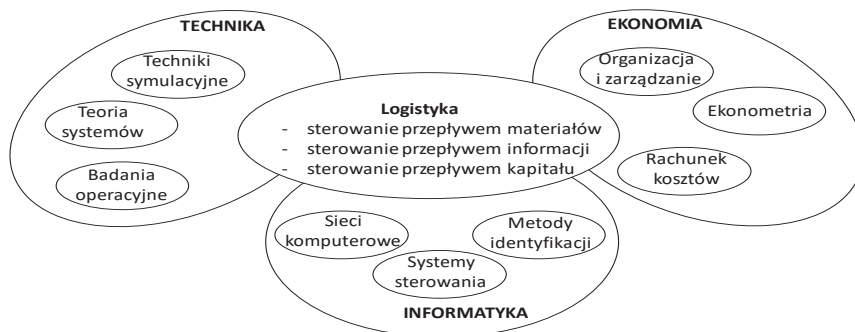
Tabela 1. Interpretacja pojęć w systemie obsługi

System	Obiekty	Atrybuty
Stacja paliw	Personel Dystrybutor paliwa Samochód	Harmonogram pracy Typ urządzenia, czas obsługi Czas napełniania, rodzaj paliwa, pojemność zbiornika
Magazyn	Personel Wyposażenie magazynu Rodzaj wykonywanych czynności	Kwalifikacje, harmonogram pracy Typ urządzeń, wydajność Natężenie zgłoszeń, czas obsługi

Źródło: Opracowanie własne

Zagadnienia logistyczne a modelowanie i symulacja komputerowa

Zgodnie z definicją, wszystkie procesy logistyczne zebrane ze sobą tworzą system logistyczny, czyli „zbiór takich podsystemów, jak: zaopatrzenie, produkcja, transport i magazynowanie, zbyt, wraz z relacjami pomiędzy podsystemami i między ich własnościami, ze stałą dążnością do wzrostu stopnia zorganizowania systemu”¹⁵. Logistyka łączy nauki z zakresu: techniki, ekonomii oraz informatyki (rys. 7).



Rys. 7. Logistyka jako triada dziedzin nauki

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie*¹⁶

¹⁵ Gołębiewska E, Kompendium wiedzy o logistyce. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. ISBN: 978-83-0116-341-9, 2005.

¹⁶ Słowiński B. Wprowadzenie do logistyki. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, ISBN: 978-83-7365-154-8, 2008.

Poniżej, przedstawiono charakterystyczne modele przydatne na etapie wyszczególnionych podsystemów.

Jednym z zagadnień logistycznych jest minimalizacja zużycia materiału wykorzystywanego do wykonania produktu końcowego.

Przykład 1. Jakie wymiary powinna mieć metalowa puszka w kształcie walca, aby przy określonej pojemności V zużyć możliwie najmniej materiału do jej wykonania?

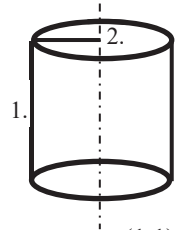
Przyjmując oznaczenia:

h – wysokość puszki (walca);

r – promień podstawy puszki (koła)

V – objętość walca (pojemność puszki);

S – pole powierzchni walca (ilość zużytego materiału).



Pole powierzchni walca określa zależność:

$$S = 2\pi r^2 + 2\pi r h \quad (1.1)$$

Jak widać, szukana funkcja zawiera dwie zmienne (r i h). Należy skorzystać więc z danego w zadaniu V , czyli:

$$V = \pi r^2 h \quad (1.2)$$

Z równania (1.2) należy wyznaczyć h i wstawić do wzoru (1.1), zatem po przekształceniu:

$$h = \frac{V}{\pi r^2} \quad (1.3)$$

i ostatecznie:

$$S = 2\pi r^2 + \frac{2V}{r} \quad (1.4)$$

Mamy do czynienia z funkcją jednej zmiennej r (V jest daną liczbą). Szukamy minimum (ekstremum) w punktach w których pochodna przyjmuje wartość zero. Zatem, pochodna funkcji $S(r)$ (względem zmiennej r) jest równa:

$$\frac{dS}{dr} = 4\pi r - \frac{2V}{r^2} \quad (1.5)$$

Pochodna jest równa zero:

$$\frac{dS}{dr} = 0 \rightarrow 4\pi r - \frac{2V}{r^2} = 0 \quad (1.6)$$

a po przekształceniu:

$$\frac{4\pi r^3 - 2V}{r^2} = 0 \quad (1.7)$$

Ułamek jest równy zero, gdy jego licznik jest równy zero, czyli:

$$4\pi r^3 - 2V = 0 \quad (1.8)$$

i ostatecznie:

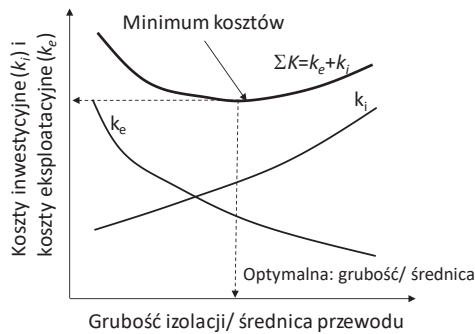
$$r^3 = \frac{2V}{4\pi} = \frac{V}{2\pi} \rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{V}{2\pi}} \quad (1.9)$$

zaś z równania (1.3), wysokość jest dana wzorem:

$$h = \frac{V}{\pi r^2} \quad (1.10)$$

Wynika stąd, że kształt walca winien być taki, że wysokość puszki jest równa jego średnicy. Łatwo to sprawdzić, dla np. $V=50$; z równania (1.9) $r \approx 2$, zaś z równania (1.10), $h \approx 4$, zatem kształt walca winien być zbliżony do kuli.

Wiele zagadnień związanych z realizacją procesu polega na znalezieniu optymalnych wartości, przy których nakłady całkowite (finansowe, zużycie energii) przyjmują wartość minimalną. Zagadnienie to znajduje zastosowanie, np. przy przesyłce podgrzanego medium (np. woda w systemie grzewczym), przesyłce gazu do kotłowni. I tak, w systemie przesyłu ciepła należy znaleźć optymalną grubość, za którą uważa się taką jej wartość przy zastosowaniu której suma kosztów amortyzacji i oprocentowanego kapitału oraz kosztów strat ciepła daje minimum. Z kolei, przy przesyłce gazu optymalna średnica przewodu jest uzależniona od sumy kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Graficznie, rozważane zagadnienie zobrazowano na rys. 8.



Rys. 8. Graficzna interpretacja znajdowania optymalnej wartości zmiennych decyzyjnych

Źródło: Opracowanie własne

Poniższy przykład (opracowany z wykorzystaniem teorii zawartej w ¹⁷) ilustruje rozważane zagadnienie.

Przykład 1.2. Obliczyć ekonomiczną średnicę rurociągu do przesyłania gazu ziemnego (metanu) pod normalnym ciśnieniem na znaną odległość. Znana jest suma kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych (bez kosztów energii elektrycznej do służącej napędu kompresora); jest ona proporcjonalna do iloczynu długości (l , m) i średnicy (d , m) i wynosi:

¹⁷ Orzechowski Z., Prywer J., Zarzycki R.: Mechanika płynów w inżynierii środowiska. Wydawnictwo Naukowe PWN, WNT, Warszawa, ISBN: 978-83-0119-848-0, 2021.

$a \cdot l \cdot d$ (zł·rok⁻¹). Znany jest również koszt 1 kWh energii elektrycznej i wynosi c (zł·kWh⁻¹). Dana jest temperatura przepływającego gazu t , (°C), jego lepkość dynamiczna μ (Pa·s) oraz sprawność kompresora η (-). Znanie jest również ciśnienie gazu p (Pa); jego masa cząsteczkowa M (kg·mol⁻¹) oraz stała gazowa R (J·kmol⁻¹·K⁻¹).

Zatem: zadaniem jest znalezienie **optymalnej średnicy rurociągu!**

Oznaczmy przez k_1 sumę kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych (bez energii elektrycznej), czyli:

$$k_1 = a \cdot l \cdot d = b \cdot d, \text{zł} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (2.1)$$

Koszt energii elektrycznej k_2 zależy od mocy N silnika kompresora, od czasu (w ciągu roku) jego pracy (przetłaczając gaz przez rurociąg) i od ceny jednostkowej energii elektrycznej. Jeżeli zapotrzebowanie mocy wynosi N (W), a czas pracy τ (godz·rok⁻¹), to silnik pobierze $10^{-3} N \cdot \tau$ kWgodz·rok⁻¹. Stąd koszt K_2 jest równy:

$$k_2 = 10^{-3} \cdot N \cdot c \cdot \tau, \text{zł} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (2.2)$$

Uwzględniając, że rurociąg będzie pracował przez τ_1 dni (pozostałe dni to serwis, remonty, itp.), wtedy w 1-ym roku otrzymuje się:

$$k_2 = 24 \cdot \tau_1 \cdot c \cdot 10^{-3} \cdot N = d \cdot N, \text{zł} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (2.3)$$

Zapotrzebowanie mocy związane jest ze spadkiem ciśnienia na kompresorze, objętościowym natężeniem przepływu gazu oraz sprawności, czyli formalnie można zapisać:

$$N = \frac{\Delta p \cdot \dot{V}}{\eta}, \text{W} \quad (2.4)$$

Należy zatem obliczyć objętościowy strumień przetłaczanego gazu (\dot{V}). Wielkość tę należy wyliczyć z równania gazu doskonałego, w postaci:

$$\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}, \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad (2.4)$$

gdzie, $T=273+t$; stąd objętościowe natężenie przepływu ze wzoru:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho}, \text{m}^3 \cdot \text{godz}^{-1} \quad (2.5)$$

Należy zatem znaleźć związek spadku ciśnienia na kompresorze Δp ze średnicą rurociągu d .

Założenie 1. Zazwyczaj w rurociągach przesyłających gaz, zakłada się, że $\Delta p/p < 0,1$.

Założmy zatem, że ciśnienie gazu w zbiorniku nadawczym (stąd gaz jest czerpany) niewiele różni się od ciśnienia w zbiorniku odbiorczym ($\Delta p_r \approx 0$). Z warunków pracy wynika, że przez rurociąg przepływa gaz który wymusza straty liniowe i miejscowe. Przyjmijmy orientacyjnie (zazwyczaj takie występują wartości), że strata ciśnienia spowodowana stratami miejscowymi (zawory, kryzy, kolanka) stanowi 10% strat liniowych (Δp_l), czyli straty całkowite wyniosą:

$$\Delta p = 1,1 \Delta p_l, \text{Pa} \quad (2.6)$$

gdzie, straty liniowe są dane wzorem:

$$\Delta p_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{w^2}{2} \rho, \text{ Pa} \quad (2.7)$$

Współczynnik oporu λ i prędkość v należy wyrazić za pomocą średnicy d .

Korzystając ze wzoru (2.7), zakładamy że przewód gładki, współczynnik strat liniowych (λ) można wyliczyć ze standardowej zależności wartości liczby Reynolds'a (Re); zatem **założenie 2:** $3 \cdot 10^3 < Re < 10^5$ co przy uwzględnieniu znanej zależności na liczbę Reynoldsa (Re) w postaci: $Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$ przyjmuje postać:

$$\lambda = \frac{0,32}{Re^{0,25}} = 0,32 \left(\frac{\mu}{w \cdot d \cdot \rho} \right)^{0,25} = 0,32 \left(\frac{\pi \cdot d \cdot \mu}{4 \cdot \dot{m}} \right)^{0,25} \quad (2.8)$$

stąd, straty tłoczenia (Δp_l) określa wzór:

$$\Delta p_l = 0,32 \left(\frac{\pi \cdot d \cdot \mu}{4 \cdot \dot{m}} \right)^{0,25} \cdot \frac{l}{d} \cdot \left(\frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{2} = \frac{0,32}{2} \cdot l \cdot \rho \left(\frac{\pi \cdot \mu}{4 \cdot \dot{m}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot \rho} \right)^2 \cdot d^{-4,75} \quad (2.9)$$

zaś, po podstawieniu wartości liczbowych otrzymuje się:

$$\Delta p_l = e \cdot d^{-4,75}, \text{ Pa} \quad (2.10)$$

Koszt energii elektrycznej wyraża się wzorem:

$k_2 = d \cdot \frac{1,1 \cdot \Delta p_l \cdot \dot{V}}{\eta}$, co po podstawieniu wcześniej wyliczonych wartości otrzymuje się:

$$k_2 = f \cdot d^{-4,75}, \text{ zł} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (2.11)$$

a suma kosztów (k_1 i k_2) zależnością:

$$k_1 + k_2 = b \cdot d + f \cdot d^{-4,75}, \text{ zł} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (2.12)$$

Dla znalezienia minimum, należy obliczyć pochodną sumy $k_1 + k_2$ względem d , czyli:

$$\frac{d(k_1 + k_2)}{dd} = b \cdot d + f \cdot d^{-4,75} = 0 \quad (2.13)$$

$$d^{-5,75} = \frac{b}{4,75 \cdot f} = g, \text{ m} \quad (2.14)$$

stąd, znajduje się szukaną średnicę d , m

Należy wyliczyć drugą pochodną wyrażenia (2.12); jeśli jej wartość będzie większa od zera, wtedy funkcja osiąga minimum globalne. Zatem: $(k_1 + k_2)'' = 5,75 \cdot f \cdot d^{-6,75} > 0$

Zatem: pochodna ta przyjmuje w punkcie d wartość dodatnią, czyli dla znalezionej średnicy d , m suma kosztów $k_1 + k_2$ osiąga minimum.

W następnym etapie, należy sprawdzić przyjęte założenia (założenie 1 i 2), czyli:

Założenie 1: $\Delta p/p < 0,1$, zatem:

$$\Delta p = 1,1 \Delta p_l = 1,1 \cdot e, \text{ Pa} \quad (2.15)$$

a następnie wyliczyć: $\frac{\Delta p}{p}$, i sprawdzić czy jest spełniony przyjęty warunek.

Założenie 2: $3 \cdot 10^3 < Re < 10^5$; należy obliczyć liczbę Re (Reynoldsa) której wcześniej wartość została założona, zatem należy sprawdzić prawidłowość przyjętego wzoru na znalezienie współczynnika strat liniowych λ , zatem: $Re = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot d \cdot \mu}$

Jeśli, wyliczona wartość Re mieści się w przedziale $3 \cdot 10^3 < Re < 10^5$, znaczy to że założenie jest spełnione.

Dla zainteresowanych Czytelników, polecam wykonanie wyliczeń dla danych: masowe natężenie przepływu: $\dot{m} = 850 \text{ kg} \cdot \text{godz}^{-1} = 0,236 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$; długość rurociągu: $l = 8000 \text{ m}$; jednostkowy koszt energii elektrycznej $c = 0,9 \text{ zł} \cdot \text{kW} \cdot \text{godz}^{-1}$, suma kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych $42 \text{ l} \cdot \text{d} \cdot \text{zł} \cdot \text{rok}^{-1}$, sprawność kompresora: $\eta = 0,6$; temperatura gazu: $t = 30^\circ \text{C}$; ciśnienie gazu: $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; masa cząsteczkowa gazu: $M = 16 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$; stała gazowa: $R = 8314 \text{ J} \cdot \text{kmol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; lepkość gazu: $\mu = 1,13 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$.

Wtedy, po wykonaniu wyliczeń, średnica wewnętrzna rurociągu **wynosi 298mm**. Obydwa założenia (założenie 1 i 2) są spełnione, zatem znaleziona wartość jest **wartością optymalną**.

Przykład 1.3 (zaczepnięty z pracy¹⁸). Zakład wytwarza dwa produkty A i B w cenie 3 i 4 zł. Należy opracować dzienny plan produkcji tak, aby wartość produkcji liczona w cenach zbytu była możliwie największa. Produkcja jest limitowana przez surowiec podstawowy i czas pracy maszyn. Maksymalny dzienny czas pracy maszyn - 500 min, zaś dzienny limit surowca 350 kg. Wyprodukowanie 1 sztuki wyrobu A wymaga 1 minuty pracy maszyny, natomiast sztuki B - 2 min. Zużycie surowców na sztukę wyrobu A i B jest równe i wynosi 1 kg. Zakładany jednostkowy zysk za wyrób A wynosi 2 zł, zaś za wyrób B 1 zł. Założono, że minimalny zysk winien wynosić 600 zł. Zatem, problemem do rozwiązania jest znalezienie dziennej ilości produktu A i B, tak aby zapewnić maksymalny zysk. Jest to przykład z zakresu zagadnienia optymalizacyjnego.

W rozważanym przypadku: celem działania jest produkcja wyrobów A i B; decydować należy o rozmiarach dziennej produkcji wyrobów A i B (przy założeniach wynikających z opisu zadania); czynnikiem ograniczającym jest zużycie surowca i praca maszyn, zaś jako kryterium optymalizacyjne należy przyjąć maksymalną wartość produkcji w cenach zbytu.

Po wprowadzeniu oznaczeń: x_1 - dzienna produkcja wyrobu A oraz x_2 - dzienna produkcja wyrobu B, można zapisać zależność na funkcję celu F (wartość produktu w cenach zbytu). Po uwzględnieniu cen zbytu wyrobów ($A=3$ oraz $B=4$), funkcja ta przyjmuje postać:

$$F(x_1, x_2) = 3x_1 + 4x_2 \rightarrow \max \quad (3.1)$$

Przy warunkach ograniczających (wynikających z treści zadania):

$$\text{czas pracy maszyny: } x_1 + 2x_2 \leq 500 \quad (3.2a)$$

$$\text{zużycie surowca: } x_1 + x_2 \leq 350 \quad (3.2b)$$

$$\text{zaś minimalny zysk } 2x_1 + x_2 \leq 600 \quad (3.2c)$$

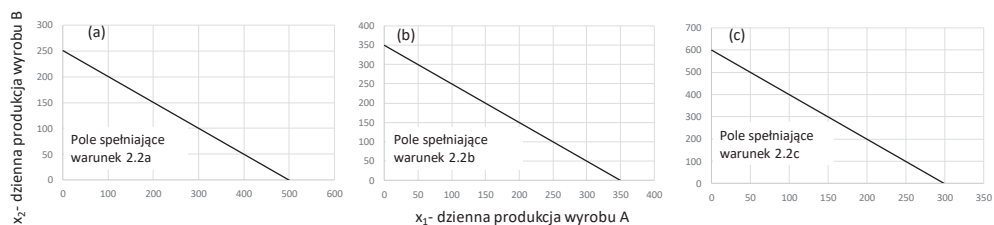
$$\text{Warunkami brzegowymi są: } x_1 \geq 0 \text{ oraz } x_2 \geq 0 \quad (3.3)$$

Rozwiązanie tego przypadku można przeprowadzić graficznie i analitycznie.

Metoda graficzna: ze względu na warunek brzegowy, rozwiązanie znajdować się będzie w I ćwiartce układu współrzędnych.

¹⁸ Jędrzejczyk Z., Kukuła K., Skrzypek J. :Badania operacyjne w przykładach i zadaniach. Wydawnictwo Naukowe PWN (wyd. 7), Warszawa, ISBN: 978-83-0118-468-1, 2021.

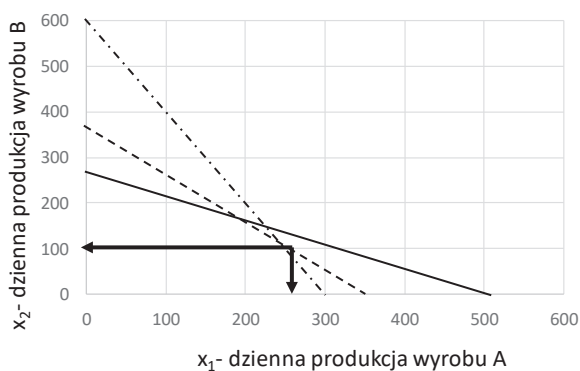
Wyniki przedstawiono na rysunkach (9, i 10).



Rys. 9 Interpretacja przyjętych warunków: czas pracy maszyny (a), zużycia surowca (b) oraz zapewnienie minimalnego zysku (c)

Źródło: Opracowanie własne

Z kolei, na rys. 3.2 przedstawiono końcowy wynik analizy.



Rys. 10. Optymalna dzienna produkcja analizowanych wyrobów

Źródło: Opracowanie własne

Z wykresu wynika, że aby spełnić kryterium maksymalnego zysku dziennie winno być wyprodukowane 100 wyrobów A oraz 250 wyrobów B.

Metoda analityczna:

Przyrównując równania: 2.2a i 2.2b do zera otrzymujemy:

$$\text{dla czas pracy maszyn:} \quad x_1 + 2x_2 = 500 \quad (3.4a)$$

$$\text{a, dla zużycia surowca:} \quad x_1 + x_2 = 350 \quad (3.4b)$$

z równania 2.2e, dzienna wartość wytwarzanego produktu B jest równa:

$$x_2 = 350 - x_1 \quad (3.4c)$$

stąd minimalny zysk (równanie 2.2c) przyjmie postać:

$$2x_1 + 350 - x_1 = 600 \rightarrow x_1 = 250 \quad (3.4d)$$

zaś, z równania (2.4c) otrzymujemy:

$$x_2 = 350 - x_1 \rightarrow x_1 = 350 - 250 = 100$$

Zatem, aby uzyskać maksymalny zysk w przedsiębiorstwie winno być dziennie wyprodukowane 250 sztuk wyrobu A oraz 100 sztuk wyrobu B.

Przedstawione dotychczas przykłady dotyczyły modeli deterministycznych, poniższy przykład z zakresu szacowania zapasu magazynów obejmuje model probabilistyczny. Modele probabilistyczne stosuje się przy: losowym wahanii w zapotrzebowaniu na towar oraz w sytuacji, kiedy towar nie jest dostarczany z chwilą transakcji. Opisany poniżej przypadek dotyczy sytuacji decyzyjnej, związanej z wyznaczeniem optymalnej wielkości zapasu pewnego towaru, który należy zgromadzić na początku przyjętego okresu wiedząc, że zapotrzebowanie na ten towar podlega losowym wahaniami. Równocześnie przyjęto założenie, że towar nie jest dostarczany z chwilą zawarcia transakcji (takie założenie zbliża do realnych sytuacji gospodarczych). Ponadto założono, że w przyjętym okresie nie będzie można uzupełnić zgromadzonego na początku zapasu. W związku z powyższym mogą powstać dwie sytuacje niekorzystne z punktu widzenia kształtowania się kosztów przedsiębiorstwa: (a) wystąpi nadmierny zapas, jeśli zapotrzebowanie będzie mniejsze od stanu magazynu (zgromadzonego zapasu) oraz (b) niedobór zapasu, jeśli zapotrzebowanie przekroczy stan magazynu. Każda z tych sytuacji spowoduje pojawienie się kosztów związanych bądź to z utrzymywaniem nadmiernego zapasu (koszt magazynowania), bądź to z jego niedoborem (koszt utraczonych możliwości). A zatem należy wyznaczyć optymalną wielkość zapasu, jaki trzeba zgromadzić na początku przyjętego okresu. Poziom zapasu będzie optymalny wtedy, gdy wzrost kosztu magazynowania dodatkowej ilości towaru zrównoważy spadek oczekiwanej straty spowodowanej niedoborem towaru.

Przykład 1.4 (zaczerpnięty z pracy¹⁹). Przedsiębiorstwo przetwórstwa mleka wytwarza jogurty ze świeżych owoców o krótkim okresie przydatności do spożycia. Koszt wytworzenia jednostki produktu wynosi $k_1 = 0,8$ zł. Przy zapotrzebowaniu przekraczającym przygotowany zapas tego produktu, dla całkowitego zaspokojenia popytu należy wyprodukować dodatkową jego ilość, ponosząc podwyższone koszty jednostkowe $k_2 = 1,0$ zł. Z kolei, przy zapotrzebowaniu mniejszym niż przygotowany zapas przedsiębiorstwo poniesie stratę $s = 0,6$ zł na jednostce niezbytego produktu (wielkość strat s może być równa kosztom k_1 , może też być mniejsza od tych kosztów pod warunkiem, że uda się sprzedać wytworzony produkt po obniżonej cenie). Na podstawie analizy danych empirycznych wiadomo, że średnie zapotrzebowanie wynosi $m = 10000$ z odchyleniem standardowym $\sigma = 500$ sztuk. Należy ustalić taką wielkość zapasu (lub rozmiary produkcji) x_z , aby spodziewana łączna suma kosztów i strat związanych z zaspokojeniem przyszłego zapotrzebowania na jogurt w badanym rejonie osiedla była możliwie najmniejsza.

Zakładamy, że zapotrzebowanie jest zmienną losową X o pewnym (znanym) rozkładzie. Prawdopodobieństwo, że zapotrzebowanie będzie mniejsze lub równe pewnej liczbie x — $P(X \leq x)$ określone jest przez dystrybuantę tego rozkładu $F(x)$, o której zakładamy, że jest funkcją ciągłą. Założmy obecnie, że rozkład zapotrzebowania można opisać rozkładem normalnym.

¹⁹ Jędrzejczyk Z., Kukuła K., Skrzypek J.: Badania operacyjne w przykładach i zadaniach. Wydawnictwo Naukowe PWN (wyd. 7), Warszawa, ISBN: 978-83-0118-468-1, 2021.

Przy tym założeniu optymalną wielkość zapasu jogurtu x_z można wyznaczyć wartość wyrażenia:

$$F(x_z) = \frac{k_2 - k_1}{s + k_2 - k_1} \quad (4.1)$$

czyli należy wyznaczyć taką wielkość zapasu x_z , dla którego wartość dystrybuanty (prawdopodobieństwo sprzedania x_z jednostek lub mniej) będzie równe stosunkowi:

$$F\left(\frac{x_z - m}{\sigma}\right) = \frac{k_2 - k_1}{s + k_2 - k_1} \quad (4.2)$$

Znając wartości tych parametrów, optymalną wielkość zapasu x_z można wyznaczyć, korzystając ze standaryzowanego rozkładu normalnego, stąd po podstawieniu otrzymuje się:

$$F\left(\frac{x_z - 10\,000}{500}\right) = \frac{1 - 0,8}{0,6 + 1 - 0,8} = 0,25 \quad (4.3)$$

Z tablic dystrybuanty standaryzowanego rozkładu normalnego można odczytać, że wartości dystrybuanty 0,25 odpowiada argument funkcji F:

$$\frac{x_z - 10\,000}{500} = -0,6745 \quad (4.4)$$

stąd, $x_z = 9662,755$

A zatem optymalna wielkość zapasu jogurtu w wybranym rejonie sprzedaży powinna wynosić 9663. Ustalenie wielkości zapasu na poziomie 9663 zapewnia, że spodziewane koszty związane z zaspokojeniem zapotrzebowania mającego rozkład normalny o średniej 10000 i odchyleniu standardowym 500 będą najmniejsze.

Podsumowanie

Przedstawione w pracy przykłady są jedynie wycinkiem zagadnień logistycznych. W literaturze²⁰ można znaleźć wiele innych przykładów, w tym również takich, w których przeprowadzona analiza polega na znalezieniu modelu dla wieloczynnikowych eksperymentów, w których uwzględnia się czynniki reprezentujące zmiany warunków operacyjnych i środowiskowych systemu logistycznego. Zastosowanie takiej analizy służy do zbadania ważnych interakcji między efektami czynnikowymi przyczynia się do lepszego zrozumienia problemów decyzyjnych dotyczących logistyki i ich ewentualnych rozwiązań. Innym współczesnym zastosowaniem zagadnień logistycznych jest zweryfikowanie potencjału metod routingu (minimalizacja kosztów przejazdu) w logistyce miejskiej²¹. Autorzy, przedstawili aktualny stan rozwoju logistyki miejskiej i jej problemy związane z optymalizacją ruchu dro-

²⁰ Barad M., Sapir D.E. Flexibility in logistic systems—modeling and performance evaluation. *International Journal of Production Economics*, 85(2), 155- 170. DOI.org/10.1016/S0925-5273(03)00107-5, 2003.

²¹ Masłowski D., Kulińska E., Kulińska K. Application of routing methods in city logistics for sustainable road traffic. *Transportation Research Procedia*, vol. 39, 309-319 DOI.org/10.1016/j.trpro.2019.06.033, 2019.

gowego, stwierdzając w konkluzji, że badany obszar posiada duży praktyczny potencjał tworzenia zrównoważonego ruchu drogowego w miastach. Należy wspomnieć, że oprócz wymienionych w przykładach zagadnień opisu zjawisk za pomocą aparatu matematycznego, w literaturze²² można spotkać wykorzystanie analizy wymiarowej do uogólniania zagadnień logistycznych. Zastosowana w tej pracy analiza wymiarowa została wykorzystana do badań procesu transportu, co pozwoliło na zredukowanie liczby kryteriów oraz znacznie ułatwiło ich porównanie. Przykład zastosowania analizy wymiarowej do zagadnień inżynierskich (opory przepływu powietrza przez złożę akumulatora kamiennego) zawarto w pracy²³.

Bibliografia

- Axelrod, R. *Advancing the Art of Simulation in Social Science*. W: R. Conte, R. He-gselmann, P. Terna (red.): *Simulating Social Phenomena*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH, 21-40, ISBN: 978-3-540-63329-7, 1997.
- Barad M., Sapir D.E. Flexibility in logistic systems-modeling and performance evaluation. *International Journal of Production Economics*, 85(2), 155-170. DOI.org/10.1016/S0925-5273(03)00107-5, 2003.
- Burczyński T. Modelowanie i symulacja komputerowa jako kluczowy element współczesnej metodologii badań naukowych. <http://www.sekcjabio.polsl.pl> (dostęp, X, 2021).
- Burczyński T. Poteralski A., Szczepanik M., :Topological evolutionary computing in the optimal design of 2D and 3D structures, *Engineering Optimization*, 2007, ISSN: 0305-215X, DOI: 10.1080/03052150701515102, Vol.39, No.7, pp. 811-830, 2007.
- Foryś U. *Matematyka w biologii i medycynie*. Wydawnictwo UW., Warszawa, 2010
- Gołębiewska E, *Kompendium wiedzy o logistyce*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. ISBN: 978-83-0116-341-9, 2005.
- Gutenbaum J. :*Modelowanie matematyczne systemów*. Wydawnictwo: Instytut Badań Systemowych PAN, ISBN838-76-7453-453-3,2003.
- Jędrzejczyk Z., Kukuła K., Skrzypek J. :*Badania operacyjne w przykładach i zadaniach*. Wydawnictwo Naukowe PWN (wyd. 7), Warszawa, ISBN: 978-83-0118-468-1, 2021.
- Kawa A., Fuks K., Januszewski P.: *Symulacja komputerowa jako metoda badań w naukach o zarządzaniu*. *Studia Oeconomica Posnaniensia*, Vol. 4(1), 109-126 DOI:10.18559/SOEP.2016.1.8, 2016.
- Kleiber M.: *Modelowanie i symulacja komputerowa – moda czy naturalny trend rozwojowy nauki*, *Nauka*, nr 4, 29–41, ISSN: 1231-8515, 1999.
- Kostrzewski M. :*Modelowanie i badanie wybranych procesów i elementów obiektów logistycznych z wykorzystaniem metod symulacyjnych*. Oficyna Wydaw. Polit. Warszawskiej, ISBN: 978-83-7814-750-3, 2018.
- Kurpaska S., Kielbasa P., Sobol Z., Tabor S., Gliniak M., Bojdo K.: *Analysis of air flow resistance through a porous stone bed*. *Biosystems Engineering*, Vol. 198, 323-337. DOI.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.08.002, 2020.

²² Zelkowski, J., Gontarczyk, M., Kijek, M., Józwiak, A. :*Modelowanie procesów logistycznych – wprowadzenie do problematyki podobieństwa procesów*. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, , vol. 5, 858- 868, ISSN: 1231-2037, 2016.

²³ Kurpaska S., Kielbasa P., Sobol Z., Tabor S., Gliniak M., Bojdo K.: *Analysis of air flow resistance through a porous stone bed*. *Biosystems Engineering*, Vol. 198, 323-337. DOI.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.08.002, 2020.

- Kurpaska S., Ślipek Z., Bożek B., Frączek J.: Simulation of Heat and Moisture Transfer in the Greenhouse Substrate due to a Heating System by Buried Pipes. Biosystems Engineering, Vol 90(1), 63-74, DOI.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.10.012, 2015.
- Masłowski D., Kulińska E., Kulińska K. Application of routing methods in city logistics for sustainable road traffic. Transportation Research Procedia, vol. 39, 2019, 309-319 DOI.org/10.1016/j.trpro.2019.06.033, 2019.
- Mielczarek B. :Modelowanie symulacyjne w zarządzaniu: Symulacja dyskretna. Oficyna Wydaw. Pol. Wrocławskiej, 2009, ISBN: 978-83-7493-471-8, 2009.
- Orzechowski Z., Prywer J., Zarzycki R.: Mechanika płynów w inżynierii środowiska. Wydawnictwo Naukowe PWN, WNT, Warszawa, ISBN: 978-83-0119-848-0, 2021.
- Słowiński B. Wprowadzenie do logistyki. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, ISBN: 978-83-7365-154-8, 2008.
- Zanevsky I., Ogirko, O., Ohirko, I.: Metody modelowania w logistyce transportu. Technika Transportu Szybowego, 2018, vol. 25(5), 42- 47, 2018.
- Zelkowski, J., Gontarczyk, M., Kijek, M., Józwiak, A.: Modelowanie procesów logistycznych - wprowadzenie do problematyki podobieństwa procesów. Gospodarka Materiałowa i Logistyka, vol. 5, 858- 868, ISSN:1231-2037, 2016.

Adres do korespondencji: e-mail: slawomir.rtkurpas@cyf-kr.edu.pl

ORCID: Sławomir Kurpaska 0000-0003-1885-4568

ORCID: Karolina Trzyniec 0000-0003-3178-4410

ORCID: Maciej Gliniak 0000-0002-2244-1726

MODELOWANIE SYMULACYJNE SYSTEMÓW LOGISTYCZNYCH W JĘZYKU PYTHON. METODA MONTE CARLO

Krzysztof Molenda^{1,2}, Maciej Sporysz^{1,2}

¹ Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

² CONTiI – Centrum Obliczeniowe Nowoczesnych Technologii i Informatyki, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

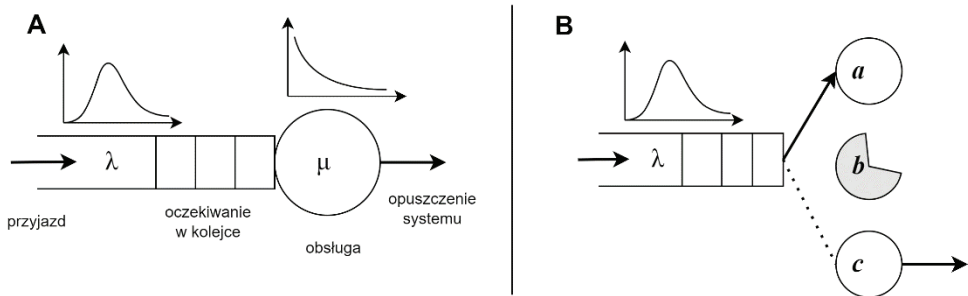
Wstęp

W wielu praktycznych sytuacjach wykonywanie eksperymentów na obiektach świata rzeczywistego jest niebezpieczne, zbyt kosztowne lub po prostu niemożliwe. W takich sytuacjach tworzymy **model** rzeczywistego systemu – **modelujemy**, czyli opisujemy jego reprezentację w pewnym **języku modelowania**. Opis ten zakłada odrzucenie nieistotnych (z punktu widzenia modelującego) czynników i związków oraz uwypuklenie tych kluczowych, wprowadzając określony **poziom abstrakcji**.

Najbardziej fundamentalnym językiem modelowania jest **notacja matematyki**, sprowadzająca opis modelu do równań / układów równań uwzględniających związki między obserwowanymi wielkościami. **Model komputerowy**, wyrażony w języku programowania (ogólnego przeznaczenia lub dziedzinowym, dedykowanym do modelowania), jest praktyczną realizacją modelu matematycznego, umożliwiającą wykonanie pracochłonnych obliczeń (również ich wielokrotnych powtórzeń przy różnych wartościach parametrów) oraz ich wizualizację w formie wykresów lub animacji.

Prawdopodobnie najczęściej biznesowo wykorzystywanym środowiskiem do modelowania i obliczeń jest arkusz kalkulacyjny Excel. Umożliwia on, w stosunkowo prosty sposób, samodzielne definiowanie formuł (równań) ewentualnie wspomaganych skryptami Visual Basic oraz dedykowanymi dodatkami (np. solver). Zestawy danych wejściowych do modelu można również generować w sposób losowy, zaś wyniki obliczeń obserwować w formie łatwo tworzonych wykresów. Mimo tak wielu zalet wykorzystanie Excela jest ograniczone do rozwiązywania wąskiej klasy problemów, problemów o naturze statycznej, których wyniki często można uzyskać stosując **metody analityczne**. W przypadku systemów o nieliniowym zachowaniu, nieintuicyjnych powiązań między zmiennymi, uwzględnieniu zależności czasowych i związków przyczynowo-skutkowych konieczne jest opracowanie dedykowanych programów komputerowych umożliwiających przeprowadzenie **eksperymentów symulacyjnych**.

Klasyycznym przykładem ograniczeń modelowania analitycznego są zagadnienia związane z obsługą w systemach kolejkowych (rys. 1). Rozważmy konkretny przykład systemu obsługi wielostanowiskowej myjni samochodowej.



Rys. 1. Symboliczna prezentacja systemu kolejkowego. A. Model jednokolejkowy. B. Węzeł kolejkowy z trzema stanowiskami obsługi. stanowisko a jest beczynne i gotowe do obsługi kolejnego obiektu (zdarzenia), stanowisko b jest obecnie zajęte i upłynie pewien czas, zanim zakończy obsługę, stanowisko c zakończyło obsługę i będzie następnym, które przyjmie kolejny obiekt

Przyjmijmy, że średnio do myjni podjeżdża λ pojazdów na godzinę (intensywność napływu), zaś pojedyncze stanowisko obsługuje μ pojazdów na godzinę (intensywność obsługi). Zatem średni czas między kolejnymi przyjazdami wynosi $\frac{1}{\lambda}$, a średni czas obsługi pojedynczego klienta $\frac{1}{\mu}$. Obciążenie systemu opisuje wzór $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$. Naturalnymi pytaniami związanym z procesem są: jak długa może być kolejka, jaki jest rozkład czasu oczekiwania na obsługę czy jakie jest obciążenie systemu.

Teoria kolejek (dziedzina matematyki) rozwijana w latach 60., a więc przed erą komputeryzacji, próbowała dostarczyć rozwiązań analitycznych dla typowych systemów kolejkowych. Przyjmując pewne ograniczenia dotyczące rozkładów czasu między kolejnymi zgłoszeniami oraz czasu obsługi pojedynczego zgłoszenia faktycznie takie rozwiązania analityczne istnieją. Na przykład dla systemu:

- M/M/1¹ z jednym stanowiskiem obsługi, rozkładem Poissona intensywności napływu i rozkładem wykładniczym intensywności obsługi średnie obciążenie systemu wynosi $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$, średni czas oczekiwania w kolejce wynosi $W = \frac{\rho}{\mu - \lambda}$, a średnia długość kolejki $L = \lambda W$ (to ostatnie równanie nazywane jest prawem Little'a)²

¹ Notacja Kendalla systemów kolejkowych: A/B/c, gdzie A – rozkład zmiennej losowej czasu między kolejnymi zgłoszeniami, B – rozkład zmiennej losowej czasu obsługi, c – liczba równoległych stanowisk obsługi. Przyjmuje się, że litera M oznacza rozkład wykładniczy (w sytuacji niezależności zdarzeń rozkład Poissona) zaś litera G – rozkład ogólny, zdefiniowany przez użytkownika.

² Keilson, J., Kooharian A.: On Time Dependent Queuing Processes. Ann. Math. Statist. 31 (1) pp. 104-112. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177705991>, 1960.

- $M/G/1^3$, czyli analogicznego do poprzedniego, ale z dowolnym (G jak *general*) rozkładem czasu obsługi, średni czas oczekiwania wynosi $W = \frac{\lambda(1+C^2)}{2\mu^2(1-\rho)}$, gdzie C jest współczynnikiem zmienności czasu obsługi
- $M/M/k$ z k stanowiskami obsługi również istnieje rozwiązanie analityczne⁴ (wzory są zbyt skomplikowane do zacytowania).

Przyjmowanie założenia, że rozkład czasu obsługi jest wykładniczy w rzeczywistych zastosowaniach jest zbyt uogólnieniem – czas ten będzie zależał bowiem od wielu czynników, będzie krótszy dla rutynowej obsługi i dłuższy w specjalnych sytuacjach. Operator myjni najprawdopodobniej empirycznie oszacuje jego rozkład. Zatem w praktyce system kolejkowy opisujący problem będzie typu $M/G/k$. Jednak do dziś, mimo usilnych prób, nie odkryto analitycznego jego rozwiązania – problem należy do kategorii tzw. problemów otwartych. Jedynym sposobem jego rozwiązania, tj. wyznaczenia poszukiwanych wyników lub obserwacji zachowania się systemu w czasie, jest przeprowadzenie eksperymentu obliczeniowego. I tak dochodzimy do aspektów **modelowania symulacyjnego**.

Modelowanie symulacyjne

W języku angielskim używany jest termin *simulation modeling*, tłumaczony na język polski jako **modelowanie symulacyjne**. Rozumieć go należy jako proces tworzenia oraz analizowania **cyfrowego prototypu** modelu systemu w celu przewidywania jego działania w warunkach rzeczywistych. Zatem proces modelowania od początku ukierunkowany jest na stworzenie rozwiązania komputerowego.

Dla potrzeb niniejszego artykułu uporządkujmy i uściślijmy pojęcia związane z modelowaniem symulacyjnym i symulacją komputerową.

Zestawienie pojęć

System rozumieć będziemy jako zbiór obiektów wzajemnie na siebie oddziałujących. **Struktura systemu**, to relacja określona na zbiorze obiektów, reprezentująca ich wzajemne oddziaływanie. **Otoczeniem systemu** będzie zbiór obiektów nie należących do systemu, lecz oddziałujących na niego lub podlegających jego oddziaływaniu. Poszczególne obiekty stanowiące system będą charakteryzowane przez **zbiory cech** (np. kolor, szybkość zmian, poziom), które mogą przyjmować wartości z określonych **zbiorów wartości cech**. Cechy te nazywamy **atributami** systemu. **Parametry**, to takie atrybuty, które nie są funkcjami czasu i przestrzeni. Pozostałe atrybuty to **zmienne** systemu.

Zmienne niezależne, to czas oraz uogólnione **zmienne przestrzenne**. Modele systemów, w których zmienne przestrzenne są zmiennymi niezależnymi, są najczęściej reprezentowane przez równania różniczkowe cząstkowe i są szczególnie trudne do symulacji komputerowej.

³ Daigle J.N.: The Basic $M/G/1$ Queueing System. Queueing Theory with Applications to Packet Telecommunication. pp. 159-223, Doi:10.1007/0-387-22859-4_5. ISBN 0-387-22857-8, 2005.

⁴ Gautam N.: Analysis of Queues: Methods and Applications. CRC Press. ISBN 9781439806586, 2012.

Modele, w których zmienną niezależną jest czas opisywane są najczęściej równaniami różniczkowymi zwyczajnymi.

Wśród zmiennych systemów wyróżniamy:

- **wymuszenia**, czyli zmienne będące jawnymi funkcjami czasu,
- **zmienne stanu**, czyli minimalny zbiór zmiennych wybranych z pozostałych zmiennych systemu, które łącznie z wymuszeniami jednoznacznie określają zachowanie się systemu: zbiór wartości zmiennych stanu w danej chwili czasu nazywamy **stanem systemu**,
- **zmienne związane**, czyli uzależnione funkcyjnie od wymuszeń i zmiennych stanu.

Z innego punktu widzenia, w zbiorze zmiennych systemu można wyróżnić:

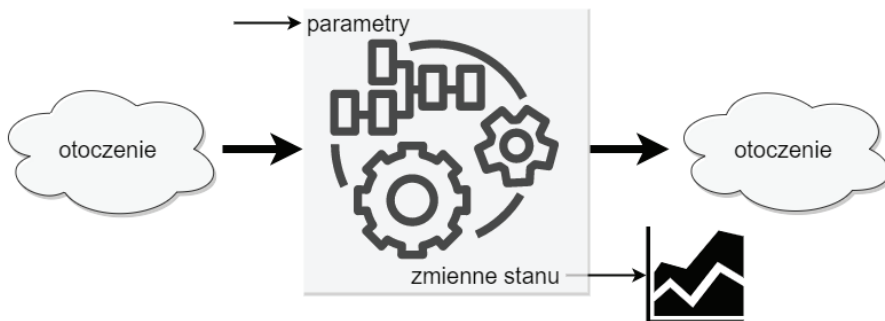
- **wejścia**, czyli zmienne bezpośrednio zależne od otoczenia,
- **wyjścia**, czyli zmienne bezpośrednio oddziaływujące na otoczenie.

Przez działanie systemu rozumiemy zachowanie się jego zmiennych w czasie. Jeśli wartości zmiennych systemu będą stałe w czasie, to system nazwiemy **statycznym**, w przeciwnym przypadku mówimy o systemie **dynamicznym**.

W systemie dynamicznym może istnieć pewien graniczny przedział czasu, w którym wartości zmiennych systemu są stałe lub okresowo zmienne. Powiemy wówczas, że system osiągnął **stan ustalony** – w przeciwieństwie do stanu **nieustalonego** (a raczej procesu nieustalonego), który obejmuje pozostałe przypadki zachowania się systemu.

Działanie pewnej klasy systemów może być jednoznacznie określone na podstawie informacji o wymuszeniach i o historii ich działania w przeszłości. Systemy takie będziemy nazywali **deterministycznymi**. Systemy, które nie spełniają tego warunku nazwiemy **niedeterministycznymi**. W klasie systemów niedeterministycznych wyróżniamy systemy o działaniu **stochastycznym**, tzn. takie, przy którym wartości zmiennych systemu są funkcjami losowymi o określonych rozkładach prawdopodobieństwa. Jeżeli rozkłady te będą niezmiennie w czasie, działanie systemu nazywamy **stacjonarnym**.

Przez **symulację komputerową** rozumiemy proces dokonywania eksperymentów na modelu komputerowym (rys. 2) pewnego systemu – opracowanie komputerowego modelu systemu, metodykę przeprowadzania eksperymentów, wykonanie eksperymentów oraz wnioskowanie z ich wyników. Obserwację zachowania się modelu systemu najczęściej przeprowadzamy poprzez obserwację zmiennych stanu, głównie w formie wykresów.



Rys. 2. Graficzna ilustracja modelu systemu, jego otoczenia, parametrów i zmiennych stanu

Z punktu widzenia działania systemy możemy podzielić na dwie kategorie:

- **systemy o działaniu ciągłym**, w których, w każdym, dowolnie małym odcinku czasu zachodzą zmiany stanu, mające istotny wpływ na jego dalsze zachowanie się, oraz „mały” zmianom czasu odpowiadają „małe” zmiany stanu,
- **systemy o działaniu dyskretnym**, w których zmiany stanu, istotne z punktu widzenia celu badania systemu, zachodzą w dyskretnym zbiorze chwil czasowych.

Na pograniczu tych dwóch kategorii można wyróżnić **systemy o działaniu ciągłym ze zdarzeniami dyskretnymi**, w których zasadniczo ciągłe działanie systemu zaburzane jest w dyskretnych chwilach czasowych przez zjawiska powodujące skokowe zmiany stanu.

Współczesna nauka wyróżnia trzy metodyki modelowania symulacyjnego, zależne od natury badanego problemu:

- Dynamikę systemów (ang. *System Dynamics*, SD)
- Modelowanie zdarzeń dyskretnych (ang. *Discrete Event Modeling*, DE)
- Modelowanie agentowe (ang. *Agent-Based Modeling*, ABM)

Pierwsze dwie opracowano w latach 60. i 70. XX wieku, modelowanie agentowe spopularyzowane zostało pod koniec dwudziestego i na początku XXI stulecia. Wszystkie jednak mają wspólnego przodka – symulacje Monte Carlo.

Symulacje Monte Carlo

Współczesne zastosowania symulacji mają swoje początki w badaniach związanych ze stworzeniem pierwszej bomby atomowej (*Manhattan Project*), przy udziale polskiego matematyka Stanisława Ulama oraz pierwszego komputera ENIAC. Zastosowana metoda, nazwana *Monte Carlo Simulation* (MCS), opiera się na losowaniu (wybór przypadkowy) wielkości charakteryzujących badany proces, przy czym losowanie dokonywane jest zgodnie z rozkładem, który musi być znany. Można powiedzieć, że MCS „uczy się o systemie poprzez losowe próbkowanie”. Takie podejście pozwala na empiryczne rozwiązanie problemów, które są trudne lub niemożliwe do rozwiązania analitycznego. MCS należy do grupy stochastycznych metod symulacyjnych i najczęściej stosowana jest do badania zjawisk i systemów, w których czas nie odgrywa istotnego znaczenia. Możliwe jest jednak zastosowanie tej metody do prowadzenia symulacji dynamicznej, badając zmiany systemu w czasie, ale *post factum*, na podstawie informacji zebranych podczas eksperymentu obliczeniowego.

Dla zrozumienia istoty MCS rozwiążmy prosty przykład.

Przykład 1

Przyjmijmy, że na 100 urodzonych dzieci 49 to chłopcy. Jakie jest prawdopodobieństwo posiadania dwójki dziewczynek?

Tak sformułowany problem jest rozwiązywalny analitycznie⁵. Rozwiążemy go wykorzystując MCS i pisząc program w języku Python.

W kroku pierwszym wygenerujemy dane do symulacji: populację 49 chłopców i 51 dziewczynek, czyli zgodnie z zadanym rozkładem prawdopodobieństwa. W kolejnym kroku,

⁵ Schemat Bernoulli’ego, zakładamy niezależność zdarzeń. Wynik: 0.2601

wielokrotnie powtarzając, wykonamy losowanie 2 elementów z zadanej populacji (losowanie z powtórzeniami). Dla każdej wylosowanej próbki sprawdzamy, czy są to dwie dziewczynki, zliczając pozytywne weryfikacje. Ich iloraz przez liczbę losowań da oszacowanie poszukiwanego prawdopodobieństwa. Poniżej zaprezentowany został kod modelu.

```
import random

dzieci = 49*['chlopiec'] + 51*['dziewczynka']

def SymulacjaMonteCarlo(dane, liczba_powtorzen):
    licznik = 0
    for i in range(liczba_powtorzen):
        # losowanie dwóch elementów z populacji, z powtórzeniami
        dziecko1, dziecko2 = random.choices(population=dane, k=2)
        if dziecko1 == 'dziewczynka' and dziecko2 == 'dziewczynka':
            licznik += 1
    return licznik / liczba_powtorzen
```

Teraz wystarczy wywołać funkcję `SymulacjaMonteCarlo` dla wygenerowanej populacji i ustalonej liczby powtórzeń:

```
print(SymulacjaMonteCarlo(dane=dzieci, liczba_powtorzen=100))
>> 0.3
```

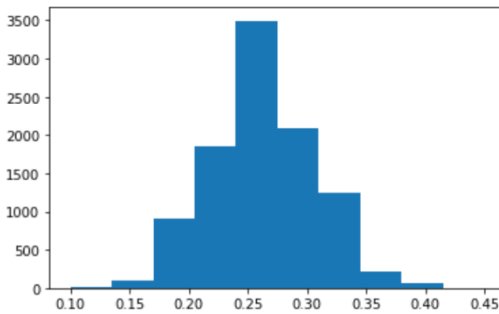
Uzyskany wynik najprawdopodobniej będzie odległy od dokładnego rozwiązania (będzie losowy, bo bazuje na losowym próbkowaniu) – w tym przypadku wynosi 0.3. Powtarzając proces symulacji np. 10-krotnie:

```
wyniki = [SymulacjaMonteCarlo(dzieci, 100) for i in range(10)]
print(wyniki)
>> [0.23, 0.25, 0.3, 0.26, 0.28, 0.21, 0.2, 0.22, 0.28, 0.21]
```

zobaczymy zmienność obliczonych wyników. Zwiększając liczbę uruchomień symulacji, np. do 10000, możemy przystąpić do ich statystycznej analizy – wyznaczyć średnią, odchylenie standardowe, przedział ufności czy zastosować bardziej wyrafinowane metody badania hipotez statystycznych (rys. 3).

```
import numpy as np, scipy.stats as st
import matplotlib.pyplot as plt

wyniki = [SymulacjaMonteCarlo(dzieci, 100) for i in range(10000)]
print(f"średnia: {np.mean(wyniki):.4f}")
print(f"odchylenie standardowe: {np.std(wyniki):.4f}")
# wyznaczenie przedziału ufności
(a, b) = st.t.interval(0.95, len(wyniki)-1, loc=np.mean(wyniki), scale=st.sem(wyniki))
print(f"95% przedział ufności: ({a:.4f}, {b:.4f})")
plt.hist(wyniki)
plt.show()
```



średnia: 0.2602
 odchylenie standardowe: 0.0441
 95% przedział ufności: (0.2594, 0.2611)

Rys. 3. Fragment kodu statystycznej analizy wyników symulacji wraz z histogramem dla obliczonych wyników (liczba prób = 10000)

Wynik uzyskany z MCS (0.2602) praktycznie pokrywa się z tym, uzyskanym analitycznie (0.2601).

Metodę MCS można również zastosować do procesów dynamicznych, wykonując analizę po fakcie. Zilustruje to kolejny przykład – opisywanego wcześniej systemu obsługi myjni samochodowej.

Przykład 2

Analizujemy system obsługi jedno stanowiskowej myjni samochodowej. Pojazdy podjeżdżają do myjni ustawiając się w jednej kolejce (obowiązuje zasada: pierwszy przyjechał, pierwszy zostanie obsłużony – *first in, first out*, FIFO). Jeśli stanowisko obsługi jest wolne, pojazd podjeżdża do stanowiska i bezzwłocznie rozpoczyna się mycie pojazdu. W chwili znalezienia się pojazdu na stanowisku obsługi zostaje ono zablokowane (nie dostępne dla innych klientów). Niedostępność stanowiska będzie trwała do momentu zakończenia obsługi. Po zakończeniu mycia pojazd opuszcza system, zaś do stanowiska obsługi podjeżdża kolejny pojazd oczekujący w kolejce.

Celem symulacji jest zbadanie sprawności systemu przy założonych rozkładach czasu pojawiania się nowych klientów i czasów obsługi (mycia pojazdu). Obserwowanymi zmiennymi będą rozkłady czasu oczekiwania w kolejce, czasu obsługi oraz „pobytu w systemie”, wartości ekstremalne, przepustowość systemu.

Zadanie to rozwiążemy, wykorzystując metodę MCS i tworząc program (model symulacyjny) w języku Python.

Krok 1. Analiza problemu⁶

*Obiektami*⁷ w modelowanym systemie będą *pojazdy*. Wraz z upływem czasu obiekty te „przemieszczają” się przez modelowany system. Zostają wygenerowane na początku eksperymentu symulacyjnego z pewnymi danymi początkowymi (tu: czas przybycia do systemu, czas obsługi przez system), zaś po zakończeniu obsługi są niszczone, po uprzednim zebraniu statystyk związanych z ich „pobytem” w systemie. Przyjmujemy, że pojazdy są jednakowe, niezależne i pojawiają się w systemie zgodnie z zadanym rozkładem.

Zasobami systemu są *stanowiska obsługi* – w tym przykładzie jedno stanowisko. O dostęp do zasobów „walczą” obiekty według ustalonych reguł. Obiekt zajmuje zasób (nie odwrotnie). W pewnych sytuacjach obiekt może zająć równocześnie kilka zasobów (nie dotyczy to tego przykładu). Zasób ma określoną pojemność (np. własną kolejkę oczekiwania), która może zmieniać się w trakcie symulacji. Czas trwania wykorzystania zasobów przez obiekt opisany jest zadanym rozkładem prawdopodobieństwa.

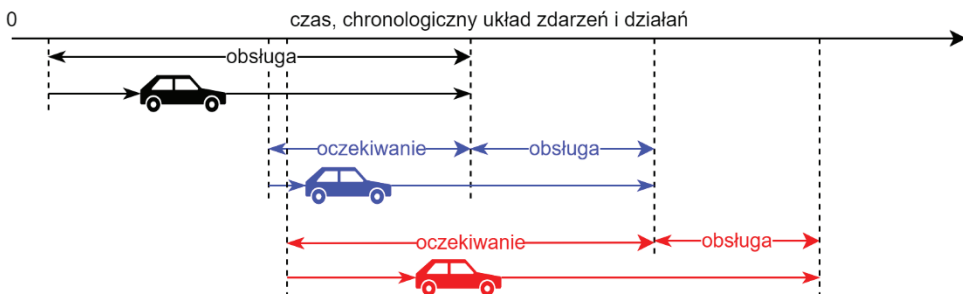
Kolejki, to miejsca, gdzie obiekty oczekują na dostęp do zasobu. Mogą mieć ograniczoną lub nieograniczoną pojemność. Kolejki obsługiwane są z określonymi strategiami: FIFO, LIFO (*last in first out*) czy zgodnie z zadanym priorytetem (*Priority Queue*). W analizowanym przykładzie mamy tylko jedną kolejkę.

Zdarzeniem nazywać będziemy zmianę stanu systemu. Zdarzenia dotyczą obiektów i/lub zasobów. Zachodzą w określonej chwili, nie trwają – są *zgłaszane*. W przykładzie zdarzeniami będą: moment pojawienia się obiektu w systemie, moment rozpoczęcia oraz zakończenia obsługi czy moment opuszczenia systemu.

Działanie dotyczy obiektów i zasobów – rozpoczyna się i kończy zdarzeniem, związane jest z upływem czasu, opisane jest zadanym rozkładem prawdopodobieństwa. W przykładzie działaniami będą: czas oczekiwania kolejce, czas obsługi czy czas pobytu w systemie.

Procesem nazwiemy chronologicznie uporządkowany zbiór zdarzeń i działań związanych z każdym pojedynczym obiektem, od chwili jego pojawienia się w systemie, do chwili opuszczenia przez niego systemu.

Przedstawione powyżej terminy można zobrazować rysunkiem (rys. 4).



Rys. 4. Zdarzenia, działania i procesy w systemie obsługi myjni samochodowej

⁶ Fishman G.S. Monte Carlo. Concepts, Algorithms, and Applications, Springer-Verlag, New York. 1996. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-2553-7>

⁷ W terminologii modelowania systemów dyskretnych obiekty te nazywane są **zgłoszeniami**, w terminologii modelowania za pomocą agentów – **agentami**

Analiza problemu wskazuje na zastosowanie metody kolejnych zdarzeń⁸, polegającej na zbudowaniu *osi czasu* – chronologii zdarzeń i działań, na podstawie której, w oparciu o obliczenia statystyczne, określimy zachowanie się systemu w czasie.

Krok 2. Parametryzacja modelu symulacyjnego

Symulacja sterowana będzie liczbą pojazdów (N) zgłaszających się w systemie.

Pojazdy przyjeżdżają do myjni w losowych momentach, czas pomiędzy kolejnymi przyjazdami (tzw. *inter-arrival-time*) określony jest rozkładem Poissona z ustalonym parametrem λ .

Czas obsługi (mycia) określony jest rozkładem trójkątnym o zadanych parametrach: minimum, maksimum i moda.

Przyjmujemy, że jednostką wpływającego czasu jest minuta (z częściami ułamkowymi).

Kod z parametrami modelu podany jest poniżej.

```
# Importowanie bibliotek
import pandas as pd, numpy as np
import seaborn as sns, matplotlib.pyplot as plt

N = 20 # liczba pojazdów

# parametry rozkładów
CZAS_PRZYJAZDU_SREDNIA = 6

CZAS_OBSLUGI_MIN = 2
CZAS_OBSLUGI_MAX = 20
CZAS_OBSLUGI_MODA = 5
```

Krok 3. Zmienne w modelu

Przyjmujemy, że pojazdy ponumerowane są od 0 do $N - 1$ ⁹.

Do opisu zdarzeń oraz działań utworzymy listy przechowujące wymagane wartości indeksowane numerem pojazdu. Obliczenia wykonywać będziemy zaokrąglając wyniki do 2 miejsc po przecinku.

Losujemy czasy pomiędzy kolejnymi przyjazdami zgodnie z zadany rozkładem:

```
czas_pomiedzy_kolejnymi_przyjazdami =
    list(np.random.poisson(lam=CZAS_PRZYJAZDU_SREDNIA, size=N))
```

W oparciu o te dane możemy wyznaczyć momenty zgłoszenia zdarzenia pojawienia się obiektów w systemie:

⁸ Mielczarek B.: Modelowanie symulacyjne w zarządzaniu. Symulacja dyskretna. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. ISBN 978-83-7493-471-8, 2009.

⁹ dla wygody, ponieważ w Pythonie indeksowanie sekwencji danych zaczyna się od 0

```

moment_przyjazdu = [0 for i in range(N)]
moment_przyjazdu[0] = round(czas_pomiedzy_kolejnymi_przyjazdami[0], 2)
for i in range(1,N):
    moment_przyjazdu[i] = round(
        moment_przyjazdu[i-1]+czas_pomiedzy_kolejnymi_przyjazdami[i], 2)

```

Analogicznie, generujemy – dla kolejnych pojazdów – czasy obsługi w systemie:

```

czas_obsługi = list(np.random.triangular(
    left=CZAS_OBSLUGI_MIN, mode=CZAS_OBSLUGI_MODAL, right=CZAS_OBSLUGI_MAX,
    size=N))

```

oraz momenty zgłoszenia zdarzenia zakończenia obsługi i opuszczenia systemu:

```

moment_odjazdu = [0 for i in range(N)]
moment_odjazdu[0] = round(moment_przyjazdu[0] + czas_obsługi[0], 2)
for i in range(1,N):
    moment_odjazdu[i] = round(
        max(moment_przyjazdu[i], moment_odjazdu[i-1]) + czas_obsługi[i],
        2)

```

Teraz, na podstawie wygenerowanych i obliczonych danych, możemy wyznaczyć pozostałe momenty zgłoszeń i działania:

```

czas_pobytu = [abs(round((moment_odjazdu[i]-moment_przyjazdu[i]),2))
    for i in range(N)]
czas_oczekiwania = [abs(round(czas_pobytu[i]-czas_obsługi[i], 2))
    for i in range(N)]
moment_obsługi = [abs(round(moment_przyjazdu[i]+czas_oczekiwania[i], 2))
    for i in range(N)]

```

Dla wygody reprezentacji, wszystkie wyniki gromadzimy w jednym arkuszu typu Data-Frame biblioteki pandas:

```

dane = pd.DataFrame(
    data=list(
        zip(moment_przyjazdu, czas_oczekiwania, moment_obsługi,
            czas_obsługi, moment_odjazdu, czas_pobytu,
            czas_pomiedzy_kolejnymi_przyjazdami)
    ),
    columns=['moment_przyjazdu', 'czas_oczekiwania', 'moment_obsługi',
            'czas_obsługi', 'moment_odjazdu', 'czas_pobytu',
            'czas_pomiedzy_kolejnymi_przyjazdami']
)

```

Uruchomienie całości kodu wygeneruje i obliczy wymagane wartości (tab. 1)¹⁰. Zauważmy, że dla tego eksperymentu symulacyjnego i 20 pojazdów czas obsługi wszystkich zamknie się w 221.46 minutach.

¹⁰ Za każdym uruchomieniem kodu wartości będą inne, bazują bowiem na losowaniu

Tabela 1. Przykładowe momenty zgłoszenia zdarzeń i czasy działań w systemie dla poszczególnych pojazdów – zmienna dane.

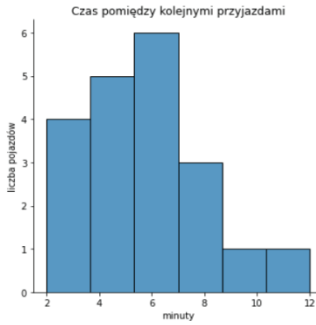
moment przyjazdu	czas oczekiwania	moment obsługi	czas obsługi	moment odjazdu	czas pobytu	czas_pomiedzy_kolejnymi_przyjazdami
0	5	0.00	5.00	5.146942	10.15	5.15
1	8	2.15	10.15	13.771276	23.92	15.92
2	20	3.92	23.92	15.482882	39.40	19.40
3	28	11.40	39.40	12.711272	52.11	24.11
4	31	21.11	52.11	17.797990	69.91	38.91
5	39	30.91	69.91	15.290808	85.20	46.20
6	47	38.20	85.20	7.063682	92.26	45.26
7	49	43.26	92.26	10.231276	102.49	53.49
8	58	44.49	102.49	4.962693	107.45	49.45
9	63	44.45	107.45	7.621237	115.07	52.07
10	68	47.07	115.07	13.396794	128.47	60.47
11	74	54.47	128.47	18.253815	146.72	72.72
12	76	70.72	146.72	9.595148	156.32	80.32
13	82	74.32	156.32	10.056721	166.38	84.38
14	88	78.38	166.38	5.221367	171.60	83.60
15	94	77.60	171.60	4.211054	175.81	81.81
16	98	77.81	175.81	18.728925	194.54	96.54
17	104	90.54	194.54	4.750853	199.29	95.29
18	110	89.29	199.29	10.950133	210.24	100.24
19	114	96.24	210.24	11.220168	221.46	107.46

Krok 4. Analiza statystyczna

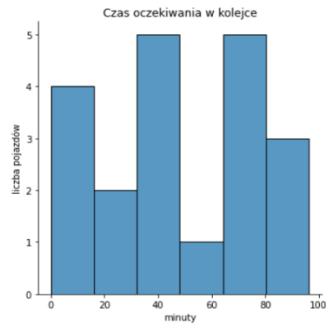
Dysponując wszystkimi danymi możemy wyznaczyć interesujące nas statystyki oraz zobrażować czasy działań w formie wykresów (rys. 5).

```
print('Statystyki:', '\n',
      'średni czas przyjazdu: ',
      dane['czas_pomiedzy_kolejnymi_przyjazdami'].mean(), '\n',
      'średni czas obsługi: ', dane['czas_obsługi'].mean(), '\n',
      'średni czas oczekiwania w kolejce: ',
      dane['czas_oczekiwania'].mean(), '\n',
      'średni czas pobytu na myjni: ', dane['czas_pobytu'].mean(), '\n'
)
```

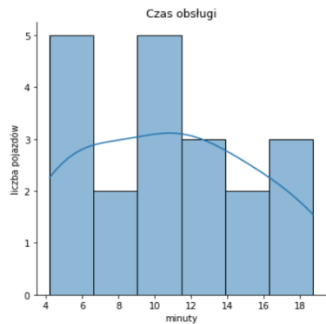
Statystyki:
średni czas przyjazdu: 5.7
średni czas obsługi: 10.82325167770897
średni czas oczekiwania w kolejce: 49.8165
średni czas pobytu na myjni: 60.639499999999984



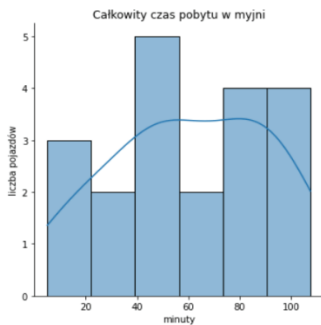
```
plt.figure(figsize=(8,8))
sns.displot(dane['czas_pomiedzy_kolejnymi_przyjazdami'],
            kde=False)
plt.title('Czas pomiędzy kolejnymi przyjazdami')
plt.xlabel('minuty')
plt.ylabel('liczba pojazdów')
sns.despine()
plt.show()
```



```
plt.figure(figsize=(8,8))
sns.displot(dane['czas_oczekiwania'],kde=False)
plt.title('Czas oczekiwania w kolejce')
plt.xlabel('minuty')
plt.ylabel('liczba pojazdów')
sns.despine()
plt.show()
```



```
plt.figure(figsize=(8,8))
sns.displot(dane['czas_obsługi'],kde=True)
plt.title('Czas obsługi')
plt.xlabel('minuty')
plt.ylabel('liczba pojazdów')
sns.despine()
plt.show()
```



```
plt.figure(figsize=(8,8))
sns.displot(dane['czas_pobytu'],kde=True)
plt.title('Całkowity czas pobytu w myjni')
plt.xlabel('minuty')
plt.ylabel('liczba pojazdów')
sns.despine()
plt.show()
```

Rys. 5. Rozkłady czasów działań w systemie

Krok 5. Analiza obciążenia systemu

Najprostszym sposobem analizy obciążenia systemu będzie obserwacja kolejki oczekiwania oraz zajętości stanowiska. W tym celu musimy zbudować oś czasu z chronologicznie naniesionymi momentami zdarzeń, jak to przedstawiono na rysunku 4. Wykorzystamy arkusz z danymi (zmienna dane), budując nowe zestawienie – zmienna os_czasu (tab. 2).

```
os_czasu = pd.DataFrame(columns=['zegar', 'obiekt', 'zdarzenie'])
os_czasu.loc[0] = [0, None, 'start symulacji']
for i in range(0, N):
    os_czasu.loc[len(os_czasu)] = [ dane['moment_przyjazdu'][i], 'pojazd '
+ str(i), 'przyjazd' ]
    os_czasu.loc[len(os_czasu)] = [ dane['moment_obsługi'][i], 'pojazd '
+ str(i), 'obsługa' ]
    os_czasu.loc[len(os_czasu)] = [ dane['moment_odjazdu'][i], 'pojazd '
+ str(i), 'odjazd' ]

os_czasu.sort_values(by=['zegar', 'obiekt'], inplace=True)
```

Tabela 2. Zestawienie zdarzeń w systemie, w ujęciu chronologicznym (zmienna os_czasu)

	zegar	obiekt	zdarzenie
0	0	None	start symulacji
1	5	pojazd 0	przyjazd
2	5.0	pojazd 0	obsługa
4	8	pojazd 1	przyjazd
3	10.15	pojazd 0	odjazd
...
54	199.29	pojazd 17	odjazd
56	199.29	pojazd 18	obsługa
57	210.24	pojazd 18	odjazd
59	210.24	pojazd 19	obsługa
60	221.46	pojazd 19	odjazd

61 rows × 3 columns

Przeglądając chronologicznie oś czasu zasymulujemy działanie kolejki oczekiwania. W tym celu wykorzystamy strukturę danych deque z biblioteki collections. Jeśli aktualne zdarzenie jest przyjazdem, dodajemy obiekt do kolejki, zaś jeśli jest rozpoczęciem jego obsługi, usuwamy z kolejki obiekt oczekujący na obsłużeniu. Na tej podstawie możemy powiązać momenty zdarzeń (liczbę minut od rozpoczęcia symulacji) z aktualną zajętością kolejki oczekiwania (zmienna oczekujacy, tab. 3)¹¹.

¹¹ Przyjmujemy, że pojazd podjeżdżający do myjni – nawet, jeśli stanowisko jest wolne – przejeżdża przez obszar oczekiwania, zatem przez ułamek sekundy jest w kolejce.


```

from collections import deque

zajetosc_kolejki = pd.DataFrame(
    columns=['zegar', 'liczba_pojazdow_w_kolejce'])

kolejka = deque()
for index, wiersz in os_czasu.iterrows():
    if wiersz['zdarzenie'] == 'przyjazd':
        kolejka.append(wiersz['obiekt'])
    elif wiersz['zdarzenie'] == 'obsługa':
        kolejka.popleft()
    else: continue
    zajetosc_kolejki.loc[len(zajetosc_kolejki)] = [wiersz['zegar'],
                                                    int(len(kolejka))]

oczekujacy = zajetosc_kolejki.groupby('zegar').agg('sum')

```

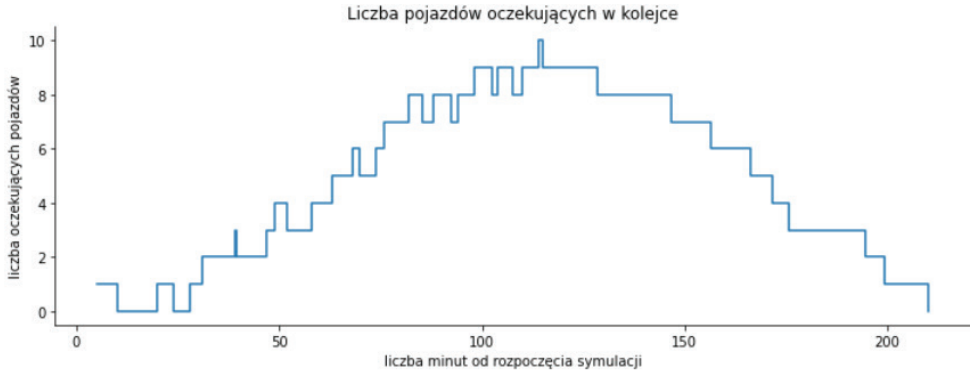
Tabela 3. Powiązanie zegara symulacji ze zmianami stanu kolejki oczekiwania.

liczba_pojazdow_w_kolejce	
zegar	
5.00	1.0
8.00	1.0
10.15	0.0
20.00	1.0
23.92	0.0
...	...
171.60	4.0
175.81	3.0
194.54	2.0
199.29	1.0
210.24	0.0

39 rows × 1 columns

Wyniki obliczeń numerycznych możemy zobrazować w formie sugestywnego wykresu (rys. 6).

```
plt.figure(figsize=(12,4))
sns.lineplot(x=oczekujacy.index, y=oczekujacy.liczba_pojazdow_w_kolejce,
             drawstyle='steps-post')
plt.xlabel('liczba minut od rozpoczęcia symulacji')
plt.ylabel('liczba oczekujących')
plt.title('Liczba oczekujących w kolejce')
sns.despine()
plt.show()
```



Rys. 6. Długość kolejki w kolejnych minutach symulacji

Ponieważ przeprowadzona symulacja bazuje na losowych wartościach czasów przyjazdu do myjni oraz czasów obsługi, należy ją przeprowadzić wielokrotnie, i – podobnie jak w przykładzie 1 – uśrednić uzyskane wyniki i opracować je statystycznie. Oczywiście model należałoby skalibrować, dostosowując jego parametry do warunków rzeczywistych, a następnie przeprowadzić jego walidację. Wszystkie te działania skutkują dalszą rozbudową programu symulacyjnego.

Przykład można rozwiązać w Excelu z wykorzystaniem dodatku *Simulation Master*¹².

Symulacyjne środowisko programistyczne

Przykład 2 był stosunkowo prosty do zamodelowania, dotyczył bowiem tylko jednego stanowiska obsługi. Z przeprowadzonej symulacji wynika, iż dla podanych parametrów kolejka oczekujących pojazdów stopniowo się powiększa aż do 10 i dopiero z ustaniem napływu nowych pojazdów (114 minuta) stopniowo się rozładowuje (przy powtórzeniu eksperymentu symulacyjnego wyniki prawdopodobnie będą inne). Sprawność systemu moglibyśmy zatem podnieść dodając kolejne stanowiska obsługi.

Tworzenie modelu systemu w formie programu komputerowego i późniejsza jego symulacja, przyjmując równoczesną obsługę wielostanowiskową, jest zadaniem zaawansowanym informatycznie. Wymaga umiejętności programowej obsługi i synchronizacji procesów

¹² Votarus Technologies LLS. Queuing Analysis of a Car Wash. <https://votarus.com/car-wash-queuing-analysis/> dostęp: 2021.11.30

współbieżnych i równoległych (wielowątkowość), zarządzania współdzielonymi zasobami czy kolejkowania i obsługi zgłaszanych zdarzeń. Ponieważ większość z tych zadań jest powtarzalna i niezależna od modelu symulacyjnego, stworzono gotowe frameworki programistyczne lub nawet dedykowane języki programowania dla potrzeb symulacji systemów (np. GPSS)¹³. Obecnie tworzenie modeli symulacyjnych i przeprowadzanie na nich eksperymentów symulacyjnych jest jeszcze prostsze. W praktyce wykorzystywane są graficzne środowiska symulacyjne, w których użytkownik „rysuje” model symulacyjny wykorzystując ograniczoną i dobrze zdefiniowaną liczbę symboli (zgodnych z określoną metodyką modelowania), ustala parametry symulacji, uruchamia ją i otrzymuje gotowe wyniki w formie zestawień tabelarycznych lub wykresów.

Przykład poprzedni rozwiążemy teraz z wykorzystaniem framework’a SimPy¹⁴, wprowadzając więcej stanowisk obsługi. SimPy jest platformą do programowania symulacji dyskretnych i opiera się na klasycznym, procesowym podejściu do problemu.

Zachowanie się aktywnych komponentów (takich jak pojazdy, klienci czy komunikaty) jest w nim modelowane za pomocą procesów. Procesy te „żyją” w środowisku symulacyjnym (*environment*), współdziałają z nim i ze sobą poprzez zgłaszanie zdarzeń (*events*). Zdarzenia rejestrowane są w harmonogramie (*timetable*) i zarządzane są przez planistę (*scheduler*). Środowisko symulacyjne zarządza zegarem, czasem symulacji oraz planowaniem i przetwarzaniem zdarzeń. Ukrywa ono w sobie wszystkie te elementy, dostarczając programiście API¹⁵ na wyższym poziomie abstrakcji, ułatwiając tym samym proces programowania.

Przykład 3

Dokonyjemy drobnej modyfikacji założeń modelu z przykładu 2 – myjnia jest wielostanowiskowa, wszystkie stanowiska są jednakowe oraz czas obsługi określony jest rozkładem trójkątnym z takimi samymi parametrami. Czas zgłaszania się pojazdów w systemie jest określony rozkładem Poissona.

Proces modelowania zaczynamy od zdefiniowania parametrów symulacji. Przyjmujemy, że myjnia wyposażona jest w dwie stacje obsługi.

```
import simpy, numpy
CZAS_SYMLUACJI = 300 # czas symulacji w minutach
LICZBA_STANOWISK = 2 # liczba (jednakowych) stanowisk w myjni
CZAS_MIEDZY_KOLEJNYMI_PRZYJAZDAMI = 6
CZAS_OBSLUGI_ROZKLAD = (2, 5, 20) # (min, moda, max)
```

W kolejnym kroku definiujemy obiekt Myjnia (programowanie obiektowe). Dostarcza on metodę obsługa(), która uruchamia obsługę pojazdu (formalnie blokuje stanowisko na określony czas). Metoda Pojazd() reprezentuje obiekt pojazd (a formalnie proces związany z pojazdem). Każdy pojazd identyfikowany jest przez swoją nazwę, zgłasza się do myjni i żąda dostępu do stanowiska. Jeśli wszystkie stanowiska są zajęte, oczekuje w kolejce, w przeciwnym przypadku zajmuje stanowisko wolne – uruchomiony zostaje proces obsługi. Po zakończeniu obsługi proces pojazdu jest niszczone. Z procesem pojazdu związane są dane: moment przyjazdu, moment rozpoczęcia obsługi oraz opuszczenia systemu.

¹³ Gordon G.: System Simulation. Prentice Hall. ISBN: 978-0138817978, 1978.

¹⁴ SimPy. Discrete event simulation for Python. <https://simpy.readthedocs.io/>, dostęp: 2021-11-25

¹⁵ application programming interface (API) – interfejs programistyczny aplikacji

```

class Myjnia(object):
    rejestr_pojazdow = []
    rejestr_kolejki = []

    def __init__(self, env, liczba_stanowisk, parametry_czasu_obsługi):
        self.env = env
        self.stanowisko = simpy.Resource(env, liczba_stanowisk)
        self.parametry_czasu_obsługi = parametry_czasu_obsługi

    def obsługa(self, pojazd):
        (min, moda, max) = self.parametry_czasu_obsługi
        czas_mycia = numpy.random.triangular(left=min, mode=moda, right=max)
        # print(f"-- Proces obsługi dla {pojazd} rozpoczęty --")
        yield self.env.timeout(czas_mycia)
        # print(f"-- Proces obsługi dla {pojazd} zakończony --")

    def Pojazd(self, nazwa):
        moment_przyjazdu = self.__dopisz_stan_kolejki()
        with self.stanowisko.request() as request:
            yield request

            moment_rozpozeczenia_obsługi = self.__dopisz_stan_kolejki()
            yield self.env.process(self.obsługa(nazwa))
            moment_opuszczenia_systemu = self.__dopisz_stan_kolejki()

        czas_oczekiwania = abs(moment_rozpozeczenia_obsługi-moment_przyjazdu)
        czas_obsługi = abs(moment_opuszczenia_systemu-moment_rozpozeczenia_obsługi)
        czas_w_systemie = abs(moment_opuszczenia_systemu-moment_przyjazdu)
        self.rejestr_pojazdow.append( (nazwa,
            moment_przyjazdu, moment_rozpozeczenia_obsługi, moment_opuszczenia_systemu,
            czas_oczekiwania, czas_obsługi, czas_w_systemie) )

    def __dopisz_stan_kolejki(self):
        moment = self.env.now
        self.rejestr_kolejki.append( (moment, len(self.stanowisko.queue) ) )
        return moment

```

W klasie zdefiniowano dwie listy przechowujące dane związane z tokiem symulacji: `rejestr_pojazdow` oraz `rejestr_kolejki`. Prywatna metoda `__dopisz_stan_kolejki()` wprowadza aktualną zajętość kolejki do rejestru kolejki, zaś metoda `Pojazd()` dodaje dane związane z obsługiwanymi pojazdami w rejestrze pojazdów.

Konfigurację środowiska symulacji zapewnia funkcja `setup()`. Tworzy obiekt `myjni` z zadanymi parametrami oraz generuje losowo kolejne pojazdy pojawiające się w systemie.

```
def setup(env, liczba_stanowisk, rozklad_czasu_obsługi_stanowiska,
         czas_miedzy_kolejnymi_przyjazdami):
    myjnia = Myjnia(env, liczba_stanowisk, rozklad_czasu_obsługi_stanowiska)

    i = 0
    while True:
        if env.now > 100: break # przerywamy dopływ nowych pojazdów
        yield env.timeout(numpy.random.poisson(czas_miedzy_kolejnymi_przyjazdami))
        i += 1
        env.process(myjnia.Pojazd(f"Pojazd {i}"))
```

Ponieważ symulacja, w przeciwieństwie do przykładu 2, sterowana jest czasem a nie liczbą pojawiających się pojazdów, wprowadzamy ograniczenie: po 100 minutach zatrzymujemy dopływ pojazdów (zamykamy kolejkę oczekiwania), ale kontynuujemy symulację.

Jesteśmy gotowi do uruchomienia eksperymentu.

```
# ===== main =====
numpy.random.seed(47) # utwalenie generowanych zestawów danych
print('Rozpoczęcie symulacji')

# Utworzenie środowiska symulacyjnego
symulacja = simpy.Environment()
symulacja.process(setup(symulacja, LICZBA_STANOWISK,
                       CZAS_OBSLUGI_ROZKLAD, CZAS_MIEDZY_KOLEJNYMI_PRZYJAZDAMI))

# Uruchomienie symulacji!
symulacja.run(until=CZAS_SYMLUACJI)
```

Efektom działania powyższego kodu będą zarejestrowane dane w rejestrach pojazdów oraz kolejki. Ponieważ przechowywane są one w formie list krotek, umieszczamy je w wygodniejszej reprezentacji arkusza danych biblioteki pandas.

```
import pandas as pd

# rejestr pojazdów
pojazdy = pd.DataFrame(
    data=Myjnia.rejestr_pojazdow,
    columns=['nazwa', 'moment_przyjazdu', 'moment_obsługi',
            'moment_odjazdu', 'czas_oczekiwania', 'czas_obsługi',
            'czas_pobytu'])

print('Statystyki:', '\n',
      'liczba pojazdów: ', len(pojazdy['nazwa']), '\n',
      'średni czas obsługi: ', pojazdy['czas_obsługi'].mean(), '\n',
      'średni czas oczekiwania w kolejce: ', pojazdy['czas_oczekiwania'].mean(), '\n',
      'średni czas pobytu na myjni: ', pojazdy['czas_pobytu'].mean(), '\n'
    )
```

Możemy przystąpić do wydrukowania statystyk zbiorczych:

Statystyki:

liczba pojazdów: 17

średni czas obsługi: 9.651157852321003

średni czas oczekiwania w kolejce: 1.5021953436628024

średni czas pobytu na myjni: 11.153353195983804

Tabela 4. Przykładowe momenty zgłoszenia zdarzeń i czasy działań w systemie dla poszczególnych pojazdów – zmienna pojazdy.

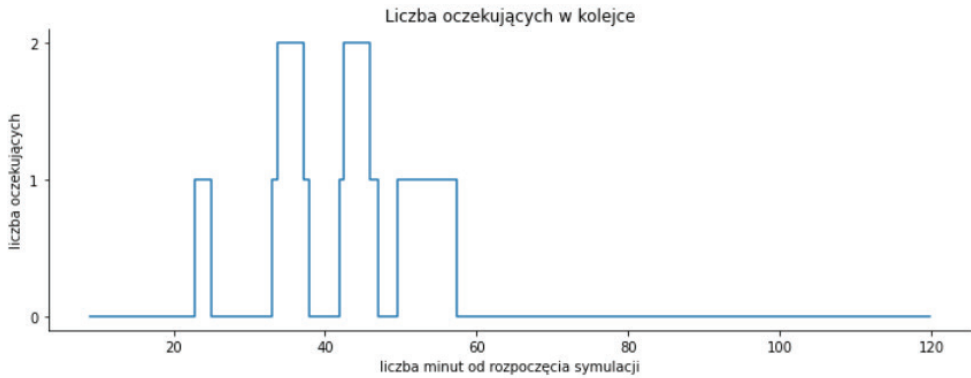
	nazwa	moment_przyjazdu	moment_obsługi	moment_odjazdu	czas_oczekiwania	czas_obsługi	czas_pobytu
0	Pojazd 1	9	9.000000	15.256559	0.000000	6.256559	6.256559
1	Pojazd 2	11	11.000000	22.739341	0.000000	11.739341	11.739341
2	Pojazd 3	18	18.000000	33.818334	0.000000	15.818334	15.818334
3	Pojazd 4	21	22.739341	37.138108	1.739341	14.398767	16.138108
4	Pojazd 5	25	33.818334	42.366206	8.818334	8.547872	17.366206
5	Pojazd 6	33	37.138108	45.845013	4.138108	8.706905	12.845013
6	Pojazd 8	42	45.845013	49.630320	3.845013	3.785307	7.630320
7	Pojazd 9	47	49.630320	57.366166	2.630320	7.735846	10.366166
8	Pojazd 7	38	42.366206	58.846180	4.366206	16.479974	20.846180
9	Pojazd 10	58	58.000000	65.278669	0.000000	7.278669	7.278669
10	Pojazd 11	68	68.000000	80.647752	0.000000	12.647752	12.647752
11	Pojazd 12	79	79.000000	86.874353	0.000000	7.874353	7.874353
12	Pojazd 14	87	87.000000	89.912088	0.000000	2.912088	2.912088
13	Pojazd 13	83	83.000000	92.759937	0.000000	9.759937	9.759937
14	Pojazd 15	95	95.000000	99.858753	0.000000	4.858753	4.858753
15	Pojazd 16	99	99.000000	111.581340	0.000000	12.581340	12.581340
16	Pojazd 17	107	107.000000	119.687887	0.000000	12.687887	12.687887

Zajętość kolejki uzyskamy analizując rejestr kolejki.

```
# rejestr kolejki
kolejka = pd.DataFrame(
    | | | data=Myjnia.rejestr_kolejki,
    | | | columns=['zegar', 'liczba_pojazdow_w_kolejce'])
oczekujacy = kolejka.groupby('zegar').agg('max')
```

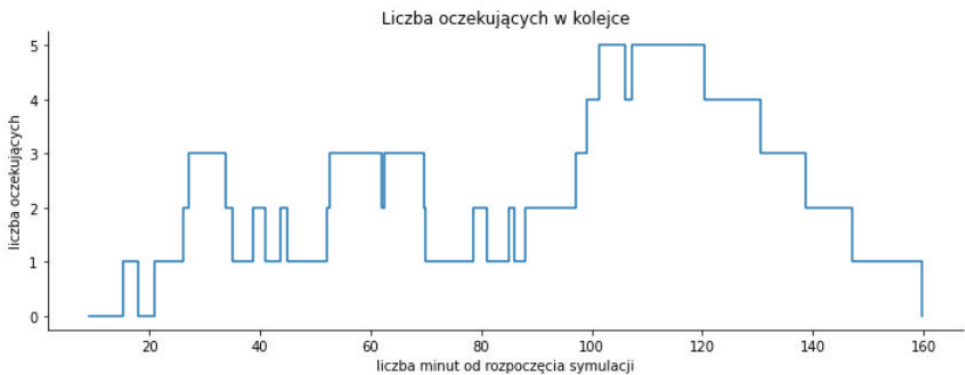
Wizualizację w formie wykresu (rys. 7) wygeneruje poniższy kod:

```
import seaborn as sns, matplotlib.pyplot as plt
plt.figure(figsize=(12,4))
sns.lineplot(x=oczekujacy.index, y=oczekujacy.liczba_pojazdow_w_kolejce,
| | | drawstyle='steps-post')
plt.xlabel('liczba minut od rozpoczęcia symulacji')
plt.ylabel('liczba oczekujących')
loc, labels = plt.yticks()
plt.yticks(numpy.arange(0, max(loc), step=1))
plt.title('Liczba oczekujących w kolejce')
sns.despine()
plt.show()
```



Rys. 7. Długość kolejki w kolejnych minutach symulacji dla myjni dwustanowiskowej

Dla porównania przeprowadzono eksperyment symulacyjny dla identycznie wygenerowanych danych losowych czasów pojawiania się pojazdów w systemie oraz czasu obsługi, ale dla myjni jedno stanowiskowej. Wyniki przedstawia rysunek 8.



Rys. 8. Długość kolejki w kolejnych minutach symulacji dla myjni jedno stanowiskowej

Podsumowanie

W pracy, na wybranych przykładach, przedstawiono historycznie najwcześniejszą metodę symulacji komputerowej – metodę Monte Carlo. Do modelowania symulacyjnego zastosowano podejście programistyczne (kod w języku Python) głównie po to, aby ułatwić czytelnikowi zrozumienie kolejnych etapów takiego modelowania oraz procesów zachodzących podczas eksperymentu symulacyjnego. Niedeterministyczna natura badanych zjawisk jest podstawą współczesnych metod symulacyjnego modelowania: dynamiki systemów, zdarzeń dyskretnych czy podejścia agentowego. Zatem metoda Monte Carlo może być postrzegana jako ich wspólny fundament.

Tworzenie modeli symulacyjnych w języku programowania ogólnego przeznaczenia jest co prawda najbardziej elastyczną techniką, pozwalającą na dowolne opisanie logiki badanego systemu, ale wymaga pewnych kompetencji programistycznych. Trudności związane z programowaniem zwielokrotniają się w przypadku modeli o złożonej architekturze. Dlatego aktualnie, do ich budowy, planowania i przeprowadzania eksperymentów symulacyjnych a następnie walidowania i opracowywania wyników stosowane są albo frameworki (np. SimPy czy GPSS i jego odmiany) albo środowiska zintegrowane (FlexSim, Matlab i Simulink, Stella/iThink, AnyLogic, ...), wyposażone w dziedzinowy język programowania łączący aspekty programowania tekstowego z wizualnym oraz dostarczające wygodnych narzędzi do wizualizacji i animacji. Dzięki temu kompetencje programistyczne schodzą na plan dalszy, zaś tworzeniem modeli symulacyjnych mogą zajmować się specjaliści branży.

Bibliografia

- Daigle J.N.: The Basic M/G/1 Queueing System. Queueing Theory with Applications to Packet Telecommunication. pp. 159–223. https://doi.org/10.1007/0-387-22859-4_5. ISBN 0-387-22857-8, 2005.
- Fishman G.S.: Monte Carlo. Concepts, Algorithms, and Applications, Springer-Verlag, New York. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-2553-7>, 1996.
- Gautam N.: Analysis of Queues: Methods and Applications. CRC Press. ISBN 978-1439806586, 2012.
- Gordon G.: System Simulation. Prentice Hall. ISBN: 978-0138817978, 1978.
- Keilson. J., Kooharian A.: On Time Dependent Queueing Processes. Ann. Math. Statist. 31(1), pp. 104 - 112. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177705991>, 1960.
- Mielczarek B.: Modelowanie symulacyjne w zarządzaniu. Symulacja dyskretna. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. ISBN 978-8374934718, 2009.
- Pompigna A., Mauro R.: A multi-class time-dependent model for the analysis of waiting phenomena at a motorway tollgate. Journal of Traffic and Transportation Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.09.001>, 2021.
- Votarus Technologies LLS. Queueing Analysis of a Car Wash. <https://votarus.com/car-wash-queueing-analysis/> dostęp: 2021.11.30

*Adres do korespondencji: e-mail: Krzysztof.Molenda@urk.edu.pl
ORCID: Krzysztof Molenda 0000-0002-1019-7519
ORCID: Maciej Sporysz 0000-0003-4192-7235*

INFORMATYCZNE WSPOMAGANIE ZARZĄDZANIA FLOTĄ POJAZDÓW W WYBRANEJ FIRMIE

**Karolina Płaszewska¹, Dariusz Kwaśniewski², Maciej Kuboń², Urszula Malaga-Toboła²,
Zbigniew Daniel², Ireneusz Kaczmar³**

¹ Dyplomantka w Katedrze Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

² Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

³ Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska w Przemyśle

Wstęp

Dla inwestorów Polska jest dobrym miejscem do prowadzenia działalności związanych z logistyką. Spowodowane jest to m.in. małymi kosztami, które należy przeznaczyć na prowadzenie działalności gospodarczej, dobrą lokalizacją oraz wykształceniem pracowników. Wzrost gospodarczy naszego kraju w wizji rozwoju logistyki spowodowany jest modernizacją infrastruktury drogowej, cyfrowej oraz zyskanie popularności przez zakupy w Internecie¹.

Dążenie do zwiększania efektywności procesów logistycznych przez informatyzację jest jednym z głównych kierunków rozwoju przedsiębiorstw funkcjonujących w zintegrowanych łańcuchach dostaw. Poszukiwanie nowoczesnych rozwiązań wspomagających te procesy wymuszone jest w dużej mierze wzrostem znaczenia konkurencyjności w sferze rynkowej, jak również skracaniem cyklu życia produktów i zmieniającymi się oczekiwaniami klientów. W związku z tym przedsiębiorstwa transportowe, odpowiedzialne za przepływy dóbr w łańcuchu dostaw, muszą elastycznie reagować na te zmiany, dostosowując swoją działalność tak, by zwiększać efektywność i optymalizować procesy transportowe. Wiąże się to z określonymi inwestycjami w informatyczne systemy logistyczne, które znacznie zwiększają możliwości przedsiębiorstw w ich działalności rynkowej. Informatyzacja procesów logistycznych, a szczególnie przepływów materiałowych, stanowi innowacyjne podejście w rozwoju koncepcji zarządzania łańcuchem dostaw. Odnosi się to także do systemów i podsystemów

¹ Fechner I., Szyszka G.: Logistyka w Polsce Raport 2017, Biblioteka Logistyka, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, 2018.

transportowych wchodzących w jego skład. Możliwości, jakie daje zastosowanie odpowiednich systemów informatycznych w zarządzaniu, stanowią podstawę do kreowania inteligentnych i integralnych procesów w całym łańcuchu².

Rola informacji i systemów informatycznych w logistyce

Postęp techniki, przede wszystkim elektroniki, dał początek wyjątkowo szybkiemu rozwojowi komunikacji. Nowoczesna technika oraz urządzenia znacznie usprawniają funkcjonowanie zarówno pojedynczej jednostki jak i niejednej działalności gospodarczej. Wraz z postępem intelektualnym i technicznym większą wartość pozyskuje tzw. społeczeństwo informacyjne. „Powstanie tego typu społeczeństwa związane jest z rozwojem środków informatycznych, przetwarzających i gromadzących informacje, jak też środków komunikacyjnych, przesyłających i odbierających je, co zwiększyło wydajność pracy, doprowadziło do dominacji sektora usług i technologii informatycznych oraz zmiany dystrybucji zasobów”³.

Informacja obecnie jest niebywale istotną częścią działalności w życiu człowieka. Każdego dnia do ludzi napływa niezliczona ilość danych. Społeczeństwo uzyskało dostęp do komputerów, sieci czy telefonii komórkowej. Do człowieka strumienie informacji docierają w różnoraki sposób czy przez tekst, obraz czy też dźwięk.

Bardzo istotną rolę odgrywa zwłaszcza wymiana informacji, której sprawny przepływ determinuje wszystkie działania i powiązania w łańcuchach dostaw. Wdrożenie wyspecjalizowanego systemu informatycznego u wszystkich partnerów umożliwi kompletny przepływ informacji w zakresie: obrotów towarowych, zapasów, realizacji zleceń, transportu i dostępności środków transportowych. Szeroki zakres informacji, a w szczególności ilość potrzebnych do przetworzenia danych, ukierunkował rozwój obecnie wykorzystywanych rozwiązań operujących w czasie rzeczywistym⁴.

Ostatnimi czasy doszło do konsolidacji systemów informatycznych i telekomunikacyjnych oraz ich globalizacji. Dzięki Internetowi ludzkość ma dostęp do baz informacyjnych na całym globie. Momentalnie nastąpił wzrost korzystania z komputerów czy urządzeń elektronicznych. „Eksplodacja Internetu zmieniła wszystko: relacje między ludźmi, sposób uprawiania polityki, działanie firm i mechanizmy osiągnięcia sukcesu”⁵.

Dlatego informacje są produktem istotnego przetwarzania danych, a system informacyjny jest to układ, który zajmuje się przetworzeniem informacji, zbiorem celowo ze sobą powiązanych elementów. Pozwala on transformować użytkownikowi dane sygnały wejścia na oczekiwane sygnały wyjścia poprzez procedury i modele.

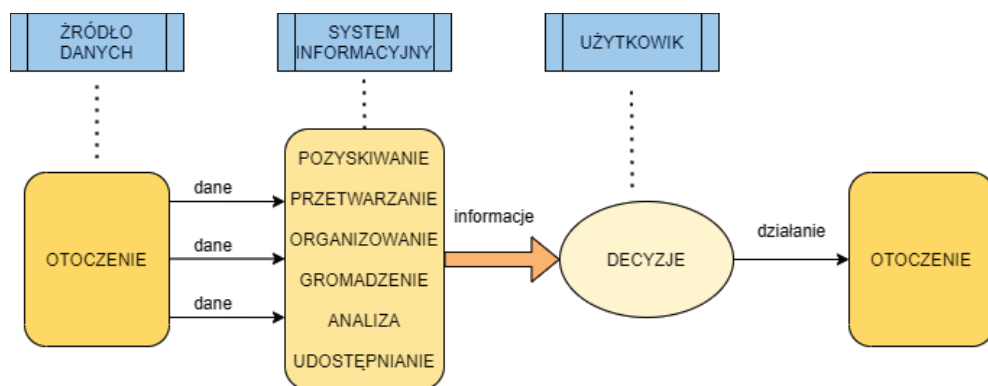
² Serafin E.: Systemy informatyczne w logistyce, *Logistyka*, nr 3, 5655-5660, 2014.

³ Zatwarnicka-Madura B.: Modern management review Quarterly. Volume XX (July - September) *Research Journal* 22, nr 3. 2015.

⁴ Cudziło M.: Wybrane problemy decyzyjne w zarządzaniu procesami logistycznymi, *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Organizacja i Zarządzanie*, nr 61, s. 11. 2013.

⁵ Zatwarnicka-Madura B.: Modern management review Quarterly. Volume XX (July - September) *Research Journal* 22, nr 3. 2015.

Otoczenie przedsiębiorstwa generuje dane, to mogą być zamówienia, informacje o cenach surowców - wszystko co jest istotne z punktu widzenia firmy. Natomiast system informacyjny odpowiada za wymienione na powyższym schemacie zadania: pozyskiwanie, przetwarzanie, organizowanie itd. danych. Pod względem logistyki tymi danymi mogą być: kierowcy, ich uprawnienia, wszystko co jest związane z taborem, środkami, które są wykorzystywane w działalności, ale też informacje o zamówieniach, systemach opłat, które są obecne w transporcie drogowym. Na tej podstawie zostaje wygenerowana informacja, która ma ogromny wpływ na podejmowanie decyzji np. zaplanowanie trasy, a dana decyzja wpływa ponownie na otoczenie (rys. 1). Dochodzi tutaj do zjawiska sprzężenia zwrotnego, co oznacza, że wymienione elementy wzajemnie na siebie oddziałują. Jeśli chodzi o istnienie systemu informatycznego, to przedsiębiorstwo generuje pewne procesy, które tworzą informacje. Dochodzi wtedy do stworzenia tzw. nieformalnego systemu informacyjnego, który musi być sformalizowany do określonej postaci i na bazie tego powstaje system informatyczny. Jest to wyodrębniona część systemu informacyjnego, gdzie transformacja sygnałów zachodzi dzięki informatycznym narzędziom. Wynika z tego, że układ informatyczny nie może istnieć bez informacyjnego. Dzięki otrzymanym danym oraz zastosowanej odpowiedniej technologii, pozwala na dostarczenie wiadomości każdemu z odbiorców za pomocą Internetu.



Rys. 1. Miejsce systemu informacyjnego w przedsiębiorstwie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie⁶

Przetworzenie pozyskanych informacji odbywa się za pomocą systemów informatycznych umożliwiającą szybką ocenę realizacji procesów transportowych pod względem jakości i opłacalności. Informacje te stanowią bardzo często czynniki decydujące o przewadze

⁶ Ficoń K.: Logistyka Techniczna, Infrastruktura logistyczna, ISBN 978-83-61208-24-2. Warszawa, 2009.

konkurencyjnej przedsiębiorstw. Intensywny rozwój polskiego sektora TSL w ostatnich latach spowodował również zwiększenie tempa rozwoju systemów telematycznych⁷.

System informacyjny jest wsparciem dla zarządzania przedsiębiorstwem i powinien szybko dostarczać informację o dobrej jakości, która musi być dobrze przygotowana. W firmach istnieją konkretne stanowiska, gdzie ktoś ma za zadanie opracować informację i przedstawić ją np. na wykresie, w raporcie, w celu by decydent mógł wyciągnąć wnioski i podjąć słuszną decyzję. Pochodnym celem systemu informacyjnego jest maksymalne usprawnienie procesów służących do zarządzania⁸. Metody oraz narzędzia do analiz danych tworzą system informatyczny. Takimi instrumentami są właśnie programy.

W logistyce najczęściej spotykanymi są: MRP, ERP, CRM są one nastawione właśnie na analizę informacji, na podstawie której, dokonuje się jakiś ustaleń. W ich skład wchodzi: użytkownik, oprogramowanie, sprzęt oraz informacje. Są one skomputeryzowaną częścią systemu informacyjnego. Rolami sprzętu są: przetwarzanie danych, ich archiwizacja oraz zabezpieczenie, przesyłanie, komunikacja między eksploatatorami, wykonywanie czynności do kierowania. Aby system informatyczny funkcjonował prawidłowo muszą być zgromadzone dane, które są posortowane, musi być też sprecyzowana dziedzina, w której będzie się przedsiębiorstwo poruszać oraz należy określić relację między zbiorami danych, dzięki temu będą mogły się one wymieniać między sobą informacjami. Infrastruktura systemów komputerowych składa się z Hardware'u, Software'u oraz Netware'u (rys. 2)⁹.

W zakres pierwszego z wymienionych wchodzi głównie sprzęt, Software to oprogramowania a Netware to medium transmisji danych. System informatyczny dzielimy na poszczególne systemy:

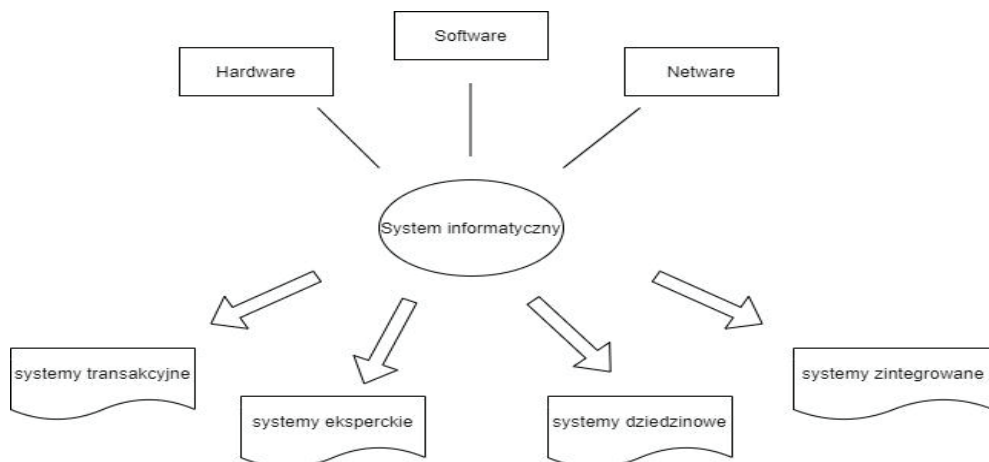
- transakcyjne,
- dziedzinowe,
- eksperckie,
- zintegrowane.

System transakcyjny służy do przetwarzania różnych typów operacji oraz transakcji np. systemy giełdowe oraz bankowe, rezerwacji miejsc, rozliczania opłat. Kolejny- system zintegrowany, zajmuje się wspomaganie zarządzania oraz wszystkimi elementami z nim powiązanymi. Moduły eksperckie ingerują w proces podejmowania decyzji.

⁷ Badzińska E., Cichorek S.: Systemy telematyczne jako wsparcie zarządzania flotą pojazdów w transporcie drogowym – studium przypadku, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, nr 875, Problemy Zarządzania, Finansów i Marketingu, nr 41, tom 2, s. 412. 2015.

⁸ Jelonek D.: Systemy informacyjne zarządzania przedsiębiorstwem, PWE, Warszawa, 2018.

⁹ Ficoń K.: Logistyka Techniczna, Infrastruktura logistyczna, ISBN: 978-83-61208-24-2. Warszawa, 2009.



Rys. 2. Skład systemu informatycznego oraz jego podział

Systemami, w których funkcje są spojone na przeróżnych poziomach inteligencji są systemy zintegrowane. Optymalizują one zarówno procesy wewnątrz przedsiębiorstwa oraz takie, które zachodzą w jego otoczeniu. Pozwalają zautomatyzować wymianę danych pomiędzy działami w firmie oraz podmiotami z nią powiązanymi (odbiorcy, dostawcy).

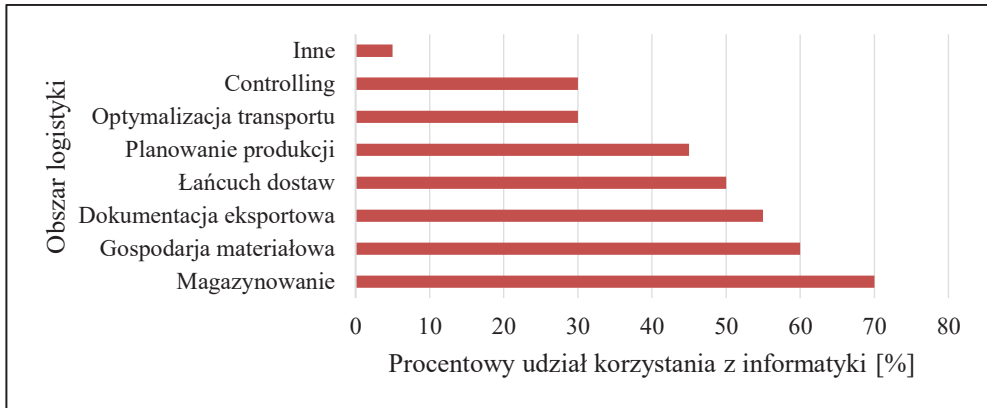
Zintegrowany system informatyczny ma za zadanie łączyć pewne funkcje. Podstawowymi jego cechami są:

- kompleksowość funkcjonalna (dostarczanie takich funkcji, jakich przedsiębiorstwo potrzebuje),
- otwartość na zmiany, skalowalność (możliwość dodania nowych elementów),
- zgodność z przepisami,
- zaawansowanie technologiczne oraz merytoryczne (system ma być jednym z najnowszych elementów, który ma dostarczać przedsiębiorstwu nowych rozwiązań),
- integracja danych i procesów (dzięki temu tworzone są schematy funkcjonalne),
- elastyczność funkcjonalna i strukturalna (łatwo jest dodawać i włączać w strukturę nowe programy, dostosowywanie się do różnych standardów).

Systemy informatyczne w firmie logistycznej mają wpływ na usprawnienie procesów oraz przyspieszenie przepływów materiałowych. Zintegrowane systemy pozwalają efektywnie wspomagać procesy planistyczne sprzedaży, prognozować, ustalać harmonogramy, planować potrzeby, bilansować zasoby np. transportowe.

Na rysunku 3 został przedstawiony procentowy udział systemów informatycznych stosowanych w konkretnych obszarach logistyki. Dominuje tutaj magazynowanie, gdzie sterowanie poziomem zapasów łączy się z racjonalną gospodarką magazynową, która determinowana jest głównie przez technologię komputerową. Ważnymi obszarami są również: gospodarka materiałowa, dokumentacja eksportowa oraz łańcuchy dostaw. Komputeryzacja należy do najpilniejszych i najbardziej odpowiedzialnych zadań, które są stawiane w przedsiębiorstwach.

- Główne klasy zintegrowanych systemów informatycznych w dziale zarządzania:
- MRP - Systemy Planowania Zapotrzebowania Materiałowego (wspomaga planowanie oraz sterowanie procesami związanymi z produkcją oraz zarządzaniem zapasami),
 - MRP II - Systemy Planowania Zasobów Produkcyjnych (głównym celem jest połączenie poziomów planowania oraz sterowania produkcją zwrócone na optymalizację wyniku według kryteriów przyjętych przez firmę),
 - ERP - Systemy Planowania Zasobów Przedsiębiorstwa (wspomagają przedsiębiorstwo poprzez gromadzenie informacji oraz algorytmy ich przetwarzania, ułatwiają optymalizację wykorzystywania zasobów i procesów, zapewniają częściową automatyzację niektórych operacji takich jak zakupy czy sprzedaż),
 - CRM - Systemy Zarządzania Relacjami z Klientami (działają w obszarze marketingu i zarządzania łączności z klientami w sferze logistyki, są złożone z różnych modułów komunikacyjnych i baz danych, które są ze sobą powiązane),



Rys. 3. Obszary logistyki wspomagane systemami informatycznymi

Źródło: Opracowanie własne na podstawie¹⁰

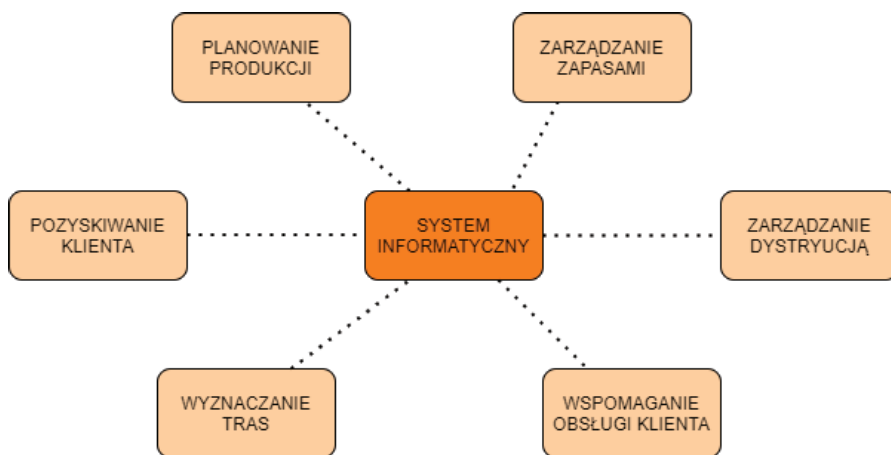
- SCM - Systemy Zarządzania Łańcuchem Dostaw (służy do planowania oraz optymalizacji łańcucha dostaw, kontroluje przepływ produktu, danych oraz usług),

¹⁰ Pałasz J., Ragin- Skorecka K.: Ocena wdrożenia systemów informatycznych – wyniki badań, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, nr 72. Poznań, 2017.

- GIS (służy do wprowadzenia, kompletowania, przetwarzania i wizualizacji informacji geograficznych)^{11,12}.

Przykłady usług, które są świadczone przez systemy informatyczne w firmie logistycznej przedstawiono na rysunku 4.

Intensywność oraz efektywność przedsiębiorstwa w dużym stopniu zależy od skutecznego funkcjonowania procesów oraz strumieni logistycznych. Cechują się one dynamiką, dużym zróżnicowaniem oraz masowością. Poprzez to infrastruktura logistyczna warunkuje bezpośrednio zrzędną zachodzących procesów i decyduje pośrednio o efektywności prowadzonego przedsiębiorstwa. W skład tej infrastruktury wchodzi środki przetwarzania informacji oraz skomputeryzowane urządzenia oraz systemy komputerowe i teleinformatyczne. Podstawowymi funkcjami zarządzania są: „kierowanie, planowanie, organizowanie, motywowanie czy kontrolowanie”¹³.



Rys. 4. Przykłady usług świadczonych przez systemy informatyczne w firmie logistycznej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie¹⁰

Do ich realizacji potrzebne są konkretne środki techniczne, informacje, specjalistyczne algorytmy, które służą do kompletowania, przetwarzania oraz udostępniania danych w postaci wskaźników czy wykresów, które pomagają podejmować szybkie i dobre decyzje logistyczne. W obecnym systemie gospodarki rynkowej informacja jest jednym z ważniejszych produktów rynkowych. Jej szybkość przekazania oraz dokładność, warunkuje sprawność oraz efektywność funkcjonowania przedsiębiorstwa. Trudno jest sobie wyobrazić sprawne

¹¹ Ficoń K.: Logistyka Techniczna, Infrastruktura logistyczna, ISBN: 978-83-61208-24-2. Warszawa, 2009.

¹² Kanicki T.: Systemy informatyczne w logistyce. Computer systems in logistics, Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania, Katedra Informatyki Gospodarczej i Logistyki, Białystok, 2011.

¹³ Blaik P., Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania, PWE, s. 18. Warszawa, 2010.

podjmowanie decyzji bez korzystania z nowych technologii komputerowych w postaci systemów informatycznych wykorzystywanych do zarządzania flotą pojazdów. Postęp technologiczny związany z eksploatacją tych systemów jest podstawą rozwoju logistyki m.in. do wdrażania nowatorskich koncepcji zarządzania. Według badań przeprowadzonych przez Główny Urząd Statystyczny w Polsce wzrasta popyt na systemy wspomagające zarządzanie w przedsiębiorstwie logistycznym. Pozwalają one na podwyższenie efektywności zarządzania firm.

Wdrażanie przez przedsiębiorstwa transportowe systemów informatycznych jako narzędzi wspierania i optymalizacji procesów decyzyjnych i zarządzania flotą pojazdów pozwala na obniżenie kosztów bezpośrednich w dwóch głównych obszarach – minimalizacji zużycia paliwa oraz planowania optymalnych tras dla realizowanych zleceń transportowych pod względem czasu przejazdu, długości trasy, opłat drogowych¹⁴.

Celem opracowania była ocena informatycznego wspomaganie zarządzaniem flotą pojazdów w wybranej firmie poprzez porównanie ze sobą dwóch stosowanych systemów informatycznych.

Zakresem pracy objęto badania w firmie Amplus gdzie systemami informatycznymi, jakich używa się do wspomaganie zarządzania flotą pojazdów są TX- CONNECT oraz moduły TMS Nawigator (moduł Spedycja).

W celu uzyskania informacji dotyczących działania i wykorzystania tych systemów niezbędny był kontakt z pracownikiem firmy Amplus, który pełni funkcję Dyrektora Operacyjnego do spraw logistyki. Przekazał on informacje dotyczące zasad funkcjonowania przedsiębiorstwa oraz używanych systemów informatycznych.

Zebrane informacje dotyczące programów informatycznych (TX- CONNECT oraz TMS Nawigator) pozwoliły na scharakteryzowanie: do czego służą programy, jakie użytkownik ma możliwości i korzyści z ich używania.

Dokonana charakterystyka systemów była pomocna do oceny informatycznego wspomaganie zarządzaniem flotą pojazdów w badanej firmie Amplus. Do oceny posłużyły wydzielone następujące bloki tematyczne:

- budowa, zasada działania i funkcjonalność systemu TX- CONNECT,
- budowa, zasada działania i funkcjonalność systemu TMS Nawigator,
- dokonanie tabelarycznego porównania dwóch systemów za pomocą przyjętych kryteriów.

Firma Amplus jest jednym z polskich producentów i dystrybutorów warzyw oraz owoców. Działa ona na terenie Polski, Unii Europejskiej a nawet poza jej granicami, a swoją siedzibę ma w województwie małopolskim - Niegardów oraz Prandocin - Iły. Misja firmy to „Świadczenie usług logistycznych z zachowaniem najwyższych standardów transportowo – jakościowych”. Wizja firmy to: „Amplus Logistic – bezpieczeństwo i terminowość” (<https://amplusfoods.com/firma/#!>)¹⁵.

Amplus dysponuje ok. 40 000 m² powierzchni, 17 chłodniami, każda z ich komór ma pojemność 1 000 t. Chłodnie mają opcje ustawiania odpowiedniej temperatury czy wilgot-

¹⁴ Badzińska E., Cichorek Sz.: Systemy telematyczne jako wsparcie zarządzania flotą pojazdów w transporcie drogowym – studium przypadku. Problemy Zarządzania, Finansów i Marketingu nr 41, t.2, Szczecin, 2015.

¹⁵ <https://amplusfoods.com/firma/#!>

ności. Ma również 31 ramp załadunkowo-rozładunkowych oraz wysokiej klasy flotę składającą się z samochodów chłodni. Obecnie są to 62 zestawy chłodnicze. Według statystyk, tygodniowo wykonywane jest około 250 dostaw. Obecnie w firmie Amplus zatrudnionych jest około stu osób. Struktura firmy dzieli się na cztery podstawowe działy: zarząd, księgowość, transport oraz logistyka.

Ocena systemów informatycznych

TX-CONNECT firmy Transics

Jedną z firm, która zajmuje się opracowywaniem oraz wprowadzaniem na rynek oprogramowania, sprzętu i usług kierowanych do operatorów flot transportowych jest firma Transics. Została ona założona w 1991 r., a swoją siedzibę ma w Ypres (Belgia). Obsługuje 1530 przedsiębiorstw w dwudziestu trzech różnych krajach i ma ponad sto pięćdziesiąt tysięcy pojazdów, które są podłączone do systemu. Na jeden z systemów opracowanych przez tę firmę zdecydował się Amplus. Już od kilku lat korzysta z systemu TX-CONNECT, który jest centrum dowodzenia w obrębie zarządzania flotą pojazdów.

System ten składa się z następujących modułów:

- Mapa,
- Obserwacja pojazdu,
- Obserwacja kierowcy,
- Podgląd salda,
- Eco-driving,
- Obserwacja dokumentu,
- Raportowanie,
- Współpraca z inną firmą,
- Skrzynka e-mailowa,
- Planowania,
- Zarządzanie czynnościami,
- Ustawienia.

Osoba obsługująca tą platformę wybiera sobie odpowiednią zakładkę, z której chce skorzystać.

- Zakładka „Planowanie” - można tutaj wyświetlić każdy poziom planowania transportu tj. trasę, miejsca, zadania oraz produkt. Moduł ten składa się z trzech podmodułów: przegląd planowania, odchylenia oraz nowa trasa.
- Przegląd odchylenia - w tej zakładce są dostępne dane dotyczące odchyień występujących w pozycjach planowania.
- Przegląd planowania

W każdym momencie osoba, która ma dostęp do gromadzonych przez system danych dotyczących pojazdów w firmie może przefiltrować i sprawdzić na przykład (rys. 5):

- dane pojazdu oraz kierowcy,
- różnice między czasem „Przybycia” a czasem „Planowym”,
- nieprawidłowości, które zostały wprowadzone przez kierowcę,

- liczbę kilometrów przejechanych przed zaplanowaną kolejną czynnością na końcu zaplanowanej czynności,
- trasę, która jest przypisana do wyznaczonego miejsca.

Zakładka ta daje dyspozytorowi jeszcze więcej możliwości, gdy klika prawym przyciskiem na konkretny wiersz, z konkretną jazdą może:

- wyświetlić sobie miejsce na mapie przebytej trasy, jej status czy aktualną pozycję pojazdu,
- ustawić nowy punkt postoju,
- przypisać lokalizację (np. punkt POI- punkt użyteczności publicznej np. stacja benzynowa),
- dodać trasę,
- anulować miejsce,
- edytować informacje typu: kod spedytora czy klienta.
- Nowa trasa

Jazda / Mi...	Stan	Zaplanowane	Przyjazd	Odjazd	+/-	Pojazd	Kierowca	Anomalia
CREPY S...	✓	18/09/2012 0:05:00	18/09/2012 0...	18/09/2012 0...	00:00:00	BK-551-WT - (...)	Nieznanzy kiero...	
07492	✓	18/09/2012 0:11:00	18/09/2012 0...	18/09/2012 0...	00:00:00	1638YE02 - (...)	DELCUZE DIDI...	
95	✓	18/09/2012 0:13:00	18/09/2012 0...	18/09/2012 0...	00:00:00	AJ-361-LS - (6...	LACROIX Philip...	
S ANNO...	✓	18/09/2012 0:19:00	18/09/2012 0...	18/09/2012 0...	00:00:00	veh		
AIRE	✓	18/09/2012 0:23:00	18/09/2012 0...	18/09/2012 0...	00:00:00	veh		
lenor...	✓	18/09/2012 0:25:00	18/09/2012 0...	18/09/2012 0...	00:00:00	618		
g	✓	18/09/2012 0:32:00	18/09/2012 0...	18/09/2012 0...	00:00:00	AZ-		
95	✓	18/09/2012 0:33:00	18/09/2012 0...	18/09/2012 0...	00:00:00	AZ-		
CREPY	✓	18/09/2012 0:33:00	18/09/2012 0...	18/09/2012 3...	00:00:00	BK-		
1870	✓	18/09/2012 0:42:00	18/09/2012 0...	18/09/2012 0...	00:00:00	AZ-		

Rys. 5. Wizualizacja zakładki „Przegląd planowania”¹⁶

Przy tej czynności należy w oknie uzupełnić dane, które są obowiązkowe tj. nazwa trasy, wybrać pojazd z bazy danych, datę rozpoczęcia czynności, nazwę miejsca, gdzie będzie wyświetlana informacja w bazie dla spedytora oraz na komputerze pokładowym u kierowcy. Należy również określić jakie czynności mają być wykonane w konkretnym miejscu np. gdzie ma zostać wykonany rozładunek. Reszta opcji jest dowolna (kod klienta, komentarze).

¹⁶ Zrzuty z ekranu dla TX-CONNECT zostały zaczerpnięte ze strony internetowej firmy Transics (https://help.tx-connect.com/prodB/tx-connect/Content/POLISH/TX-CONNECT.htm#Help/Help_welcome_page.htm)

➤ Zakładka „Ustawienia”

Na rysunku 6 przedstawiono zakładki, które znajdują się w ustawieniach.

– Profile

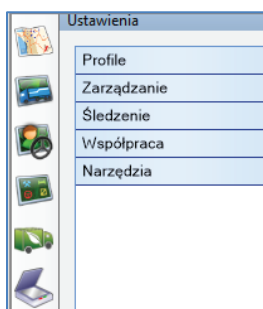
Można w tej zakładce stworzyć profile współpracy, gdzie firma decyduje, które dokładnie informacje zamierza pokazywać np. podgląd na zmiennika kierowcy czy stan paliwa. Istnieje również możliwość przypisania profilu jej użytkownikowi floty. Należy wtedy stworzyć profil, odpowiednio nazwać stanowisko użytkownika i przypisać mu konkretne uprawnienia np. dostęp do skrzynki e-mailowej. Profil komputera pokładowego - określa on jak i kiedy dokładnie komputer przesyła dane i alarmy do swojej bazy. Informacje te można w każdej chwili modyfikować. W profilu użytkownika istnieje możliwość stworzenia profilu, w którym można ustawić formy powiadomień (wiadomości tekstowe, alarmy, nieaktualne dane). Ta funkcja umożliwi konfigurację, w jaki sposób ma pojawić się powiadomienie dla użytkownika, czy za pomocą sygnału dźwiękowego czy wyskakującego okienka.

– Zarządzanie

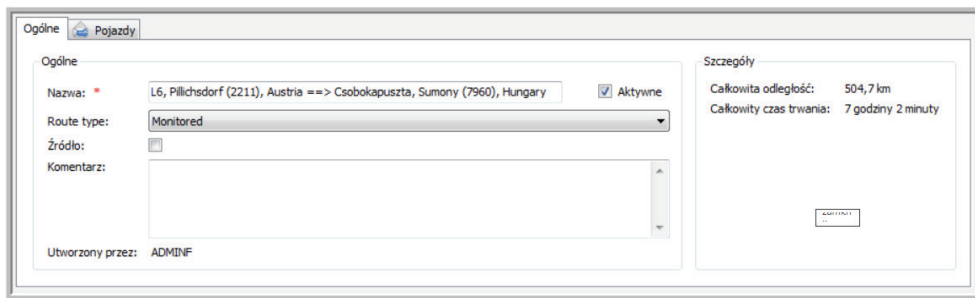
W tej zakładce można zaczerpnąć informacji na temat personelu (dane, grupę, do której należy kierowca, dyspozytor czy nr identyfikatora). Istnieje tutaj też możliwość dodania nowego pojazdu do bazy podając jego dane oraz jest też funkcja znalezienia danego pojazdu. Podana jest aktywność pojazdu, jego kod, numer rejestracyjny czy numer GSM karty SIM w komputerze pokładowym, na który w razie potrzeby dyspozytor będzie się kontaktować. Na tej samej zasadzie działa system w przypadku naczep, kierowców, punktów POI. Dyspozytor może w tej zakładce je dodawać oraz modyfikować. Można również zarządzać z tego miejsca trasą - sprawdzić oraz edytować szczegóły wyznaczonej trasy, pokazać ją na mapie czy stworzyć nową.

Gdy zostaje wyświetlona konkretna trasa, można przede wszystkim zobaczyć jej całkowitą odległość oraz czas trwania (rys. 7). Gdy dyspozytor chce, aby każde czynności były dokładnie monitorowane, musi to odnotować w tej zakładce.

Istnieje funkcja GeoFencing, która polega na tym, że system wysyła powiadomienia do kierowcy i bazy w przypadku, gdy np. pojazd nie dotrze do określonego miejsca przed określonym czasem czy dana czynność trwa zbyt długo.

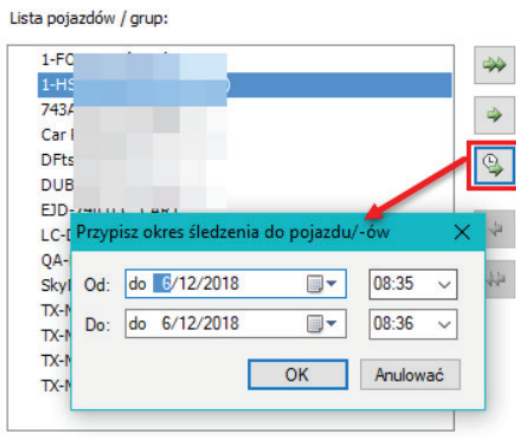


Rys. 6. Zakładki w module „Ustawienia”



Rys. 7. Zakładka „Ogólne”

Natomiast w zakładce „Kto śledzi co” można przypisać konkretnym użytkownikom dane naczepy, pojazdy czy kierowców do obserwacji. Ważnym elementem jest tutaj możliwość ich przypisania firmom z zewnątrz na dany przedział czasowy. Osoby te będą miały możliwość śledzenia swoich pojazdów (rys. 8).



Rys. 8. Przypisywanie okresu śledzenia dla pojazdu

W module zarządzania można również pobrać zawartość pamięci cyfrowego tachografu zdalnie.

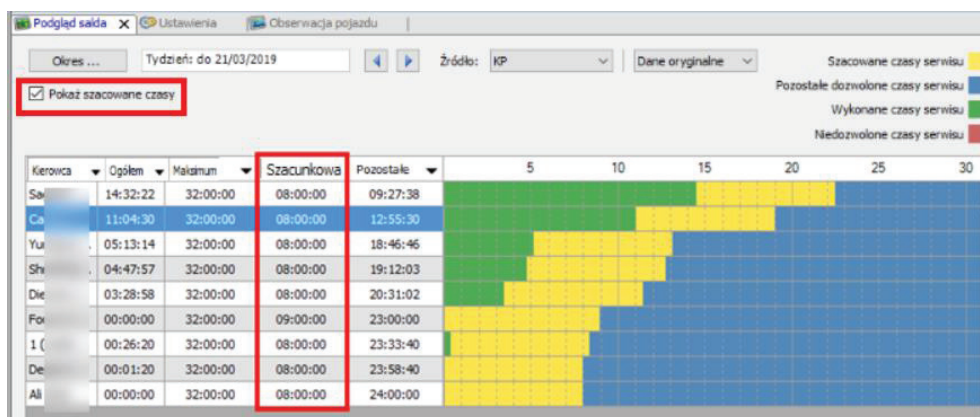
- Raportowanie

Można wygenerować raporty dotyczące: czynności, pokonanych odległości przez pojazdy, tankowania, zużycia paliwa, dane z tachografu, załadowanych i rozładowanych palet, przekraczania granic czy jazdy „na pusto”.

- Podgląd salda

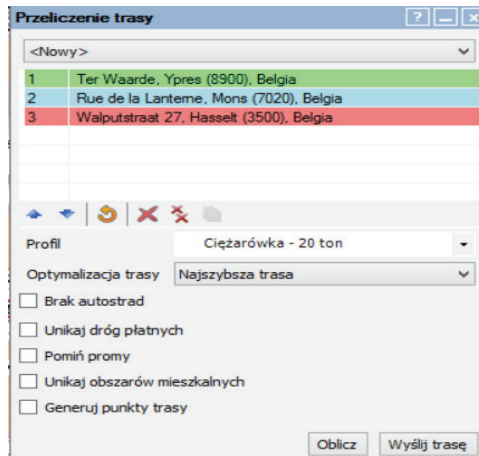
W zakładce tej możliwy jest przegląd czasu pracy wszystkich kierowców, którzy są obserwowani przez dyspozytora lub przypisanych do danej podgrupy. Po aktywowaniu opcji dotyczącej szacowanego czasu, wyświetla nam się szacowany czas pracy dla każdego kierowcy, który jest oparty na profilu godzinowym (rys. 9).

- Obserwacja kierowcy
Zakładka ta składa się z tabeli, która zawiera informacje o czasie pracy kierowców codziennie oraz w tygodniu. Są tam również zakładki ze szczegółowymi danymi dotyczącymi m.in. czasu serwisu, jazdy i odpoczynku.
- Obserwacje pojazdu
Zamieszczone są tutaj informacje, które dotyczą obecnego statusu aktywności naczepek i pojazdów. Składa się z następujących zakładek: Alarmy / Czasy serwisu / Wiadomości / Status i położenie / Pozostałe czasy jazdy i odpoczynku / Uwagi / Kody dni / Historia zasobu / Czujniki / Trasy. Każda z nich zawiera szczegółową historię pojazdu lub naczepek, które wybrano w górnej strefie.
- Mapa
 - Widok pojazdu
Kierunek w jakim zmierza pojazd zaznaczony jest na mapie wraz z jego współrzędnymi.
 - Trasa pojazdu
Użytkownik ma możliwość wyświetlenia trasy dla danego pojazdu w określonym czasie. Widać nazwę danego pojazdu, datę oraz godzinę rejestracji, status pojazdu, nazwisko kierowcy, czas trwania czynności, prędkość, numer naczepek oraz status ładunku.



Rys. 9. Szacowany czas serwisu

- Przeliczanie trasy
Istnieje opcja wybrania sobie obszaru optymalizacji trasy - najtańsza opcja lub najszybsza oraz inne możliwości np. unikanie dróg, które są płatne, pominięcie promów itd. (rys. 10).



Rys. 10. Przeliczanie trasy

System TMS Nawigator

Drugim ocenianym systemem używanym do zarządzania flotą pojazdów w przedsiębiorstwie Amplus jest TMS Nawigator firmy Marcos. Jest to polska firma, która od 28 lat tworzy oprogramowania dla branży TSL. TMS Nawigator jest narzędziem który integruje się z urządzeniami telematycznymi, które znajdują się w pojazdach. W przypadku Amplus oprogramowanie to integruje się z systemem telematycznym Transics TX-CONNECT.

TMS Nawigator składa się z modułów takich jak:

- Zlecenia (ich rejestr),
- Faktury (możliwość wystawiania e-faktur),
- Koszty (rejestracja wszelkich wydatków związanych z transportem),
- Kasa (wielowalutowe rozliczanie pracowników),
- Kontrahenci (ich rejestr),
- Warsztat (zaplanowanie, zarejestrowanie oraz rozliczanie usług warsztatowych dla pojazdów),
- Brama (rejestr wjazdów i wyjazdów zestawów pojazdów)
- Zezkar (rejestr i zarządzanie dokumentami dotyczącymi zezwoleń dla przewozów poza UE),
- Rokos (zbiór danych o pojazdach i kierowcach, kontrola terminów np. przeglądów, rozliczanie paliwa, kart drogowych),
- Mapa (oblicza trasy),
- Komunikator (umożliwia komunikację z kierowcy z bazą za pomocą bramek SMS i kanałów telematycznych),
- CMR (generuje listy przewozowe),
- Magazyn,
- Spedycja (<https://www.mbis.pl/>).

Do oceny wybrano moduł Spedycja. W module tym można wyszczególnić:

➤ Rejestr transportów

Zawiera on wszystkie zlecenia, dyspozytor może sobie je grupować na zatwierdzone i niezatwierdzone (rys. 11). Widoczne jest m.in. kto jest zleceniodawcą, status transportu, czy został on rozliczony oraz dokładne daty podjęcia oraz dostarczenia.

Zatwierdzono	Nr porządkowy	Data utworzenia	Zleceniodawca	Stan	Utworzył	Status transportu	Przesyłki	Nr peły	Zal.	Odbiół	Rozliczenie dokumentów	Podjęcie	Dostarczen
<input type="checkbox"/>	5	2018-10-19 11:55	KJMMMS	Zatwierdzony	Buksi Paweł	P3302018		600518f			Nierozliczone	2018-10-23 00:00	2018-10-30
<input type="checkbox"/>	291	2018-10-16 13:29	MARCOS	Zatwierdzony	Ela Service Marcos	P3292018		2912018Marcosf			Nierozliczone	2018-10-16 00:00	2018-10-16
<input type="checkbox"/>	280	2018-10-16 12:56	ALLIA	Zatwierdzony	Ela Service Marcos	P3282018		2802018Marcosf			Nierozliczone	2018-10-12 00:00	2018-10-12
<input type="checkbox"/>	289	2018-10-16 12:48	M...	Zatwierdzony	Ela Service Marcos	P3272018		2892018Marcosf			Nierozliczone	2018-10-10 00:00	2018-10-12

Rys. 11. Rejestr zleceń¹⁷

– Dodawanie zlecenia

Gdy dodawane jest nowe zlecenie, należy dodać po kolei: zleceniodawcę, punkty załadunku oraz rozładunku i przewoźnika. Podczas, gdy wybrany zostanie zleceniodawca, można uzupełnić informacje związane ze stawką myta oraz frachtu (rys. 12).

Referencja wg. zleceniodawcy | Referencja wg. przewoźnika

Ogólne [F5] | Uwagi [F6] | Rozliczenie [F7] | Wiadomości [F8] | Realizacja [F9] | Załączniki [F10] | Terminarz [F11] | Notatki [Ctrl + F2] | Zdarzenia KOK [Ctrl + F3]

Zleceniodawca

FIRMA XX

FIRMA XX
PL 55555
NIP:

Termin 0 + 0 dni Skonto % 0,00

Cena jedn. 800,00 EUR

Bez FV Ilość 1,000 fracht

W tym Myto 20,00 EUR

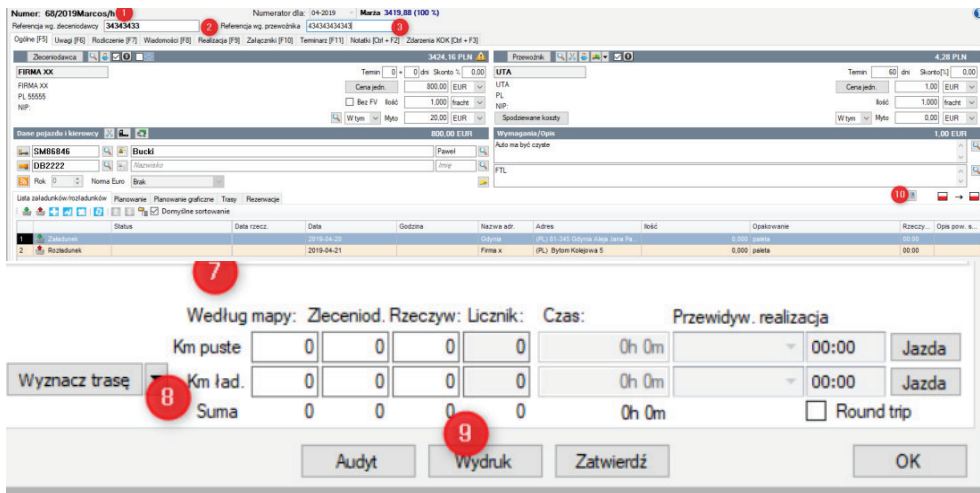
3424,16 PLN

Rys. 12. Uzupełnianie informacji o wartości frachtu i myta

– Tworzenie miejsc załadunkowych oraz rozładunkowych

Na utworzonym zleceniu widnieją dane dotyczące: zleceniodawcy, pojazdu i kierowcy, przewoźnika oraz informacje na temat załadunku i wyładunku. Zostaje wytyczona trasa, w której dyspozytor widzi ilość tzw. kilometrów pustych, z ładunkiem oraz czas jazdy. Na bieżąco jest dostępna opcja wydruku zlecenia (rys. 13).

¹⁷ Wszystkie zrzuty z ekranu dla TMS Nawigator zaczerpnięte zostały z Instrukcji obsługi systemu

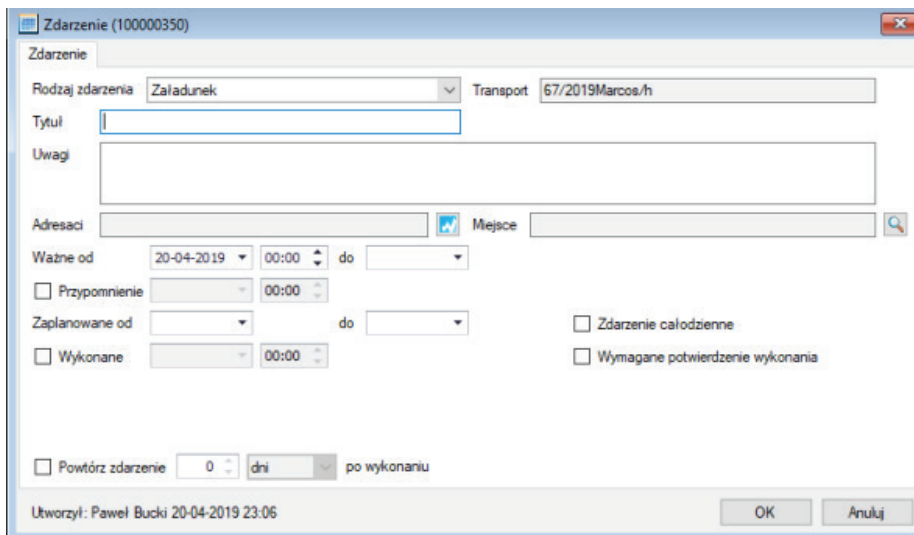


Rys. 13. Tworzenie zlecenia

W zakładce rejestrów możliwe jest dokonanie rozliczeń dokumentów, wysyłanie wiadomości SMS do kierowców, określenie prawidłowości wykonania danego zlecenia, dodawanie dokumentów w formie elektronicznej.

– Terminarz

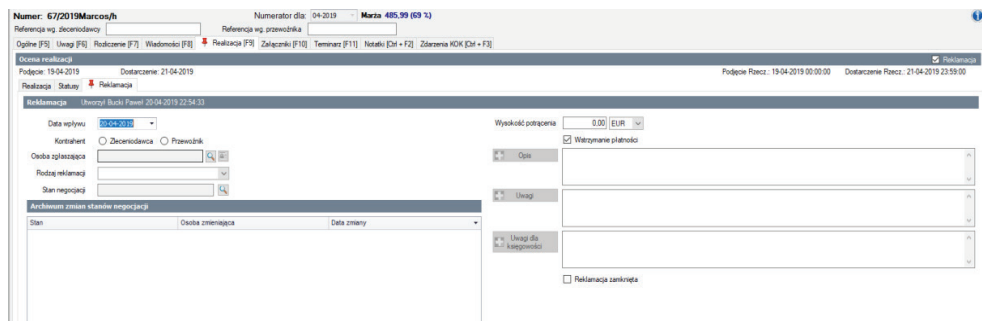
Zakładka „Terminarz” służy m.in. do dodawania zdarzeń. Jest to przypomnienie o kontakcie z przewoźnikiem w celu np. skontrolowania czasu załadunku (rys. 14).



Rys. 14. Dodawanie zdarzenia

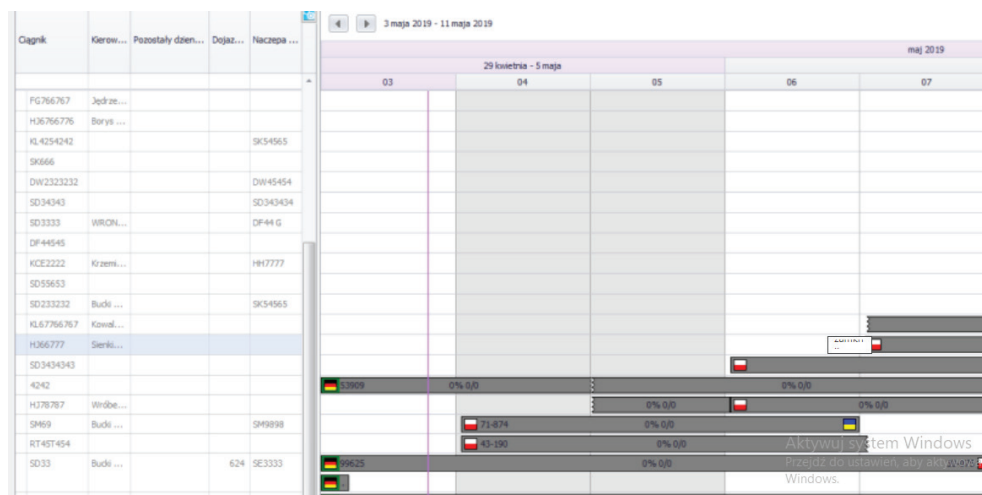
– Realizacja

Zakładka „Realizacja” określa poprawność zlecenia po jego zakończeniu. Dzięki temu możliwe jest badanie jakości udzielanych usług. Możliwe jest tutaj również zgłoszenie reklamacji na przykład przez klienta (rys. 15).



Rys. 15. Dodawanie reklamacji w zleceniu

- Obsługa procesu wymiany palet
- Grafik zleceń

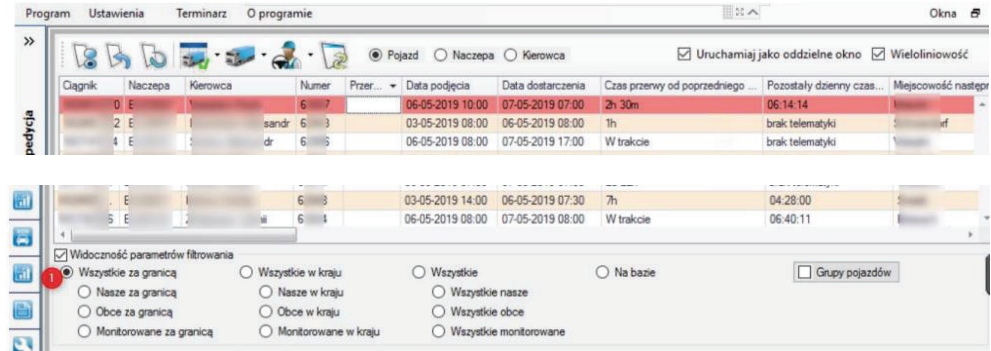


Rys. 16. Grafik zleceń

Moduł „Spedycja” składa się z części, która odwzorowuje graficznie wpisane zlecenia do danych pojazdów (rys. 16). Na takim grafiku zleceń widoczne są dane ciągnika siodłowego, kierowcy oraz naczepy i rozpisane w kalendarzu, gdzie i kiedy jest załadunek oraz wyładunek. W zakładce tej istnieje również możliwość także wyświetlenia wszystkich zleceń, do których nie ma przypisanych jeszcze pojazdów, naczep ani kierowców, można tutaj to zmienić i je do siebie dopasować.

- Pojazdy bez zleceń aktualny stan transportów

Za pomocą konkretnych parametrów filtrowania w zakładce „Pojazdy bez zleceń” można wyszukać pojazdy, którym nie zostały jeszcze zlecone czynności (rys. 17).



Rys. 17. Rejestr pojazdów bez zleceń

- Analiza

W zakładce dotyczącej analiz, dostępne są tabelaryczne zestawienia, które umożliwiają pozyskanie informacji zbiorczych na temat kosztów i przychodów (na podstawie wpisanych w system zleceń).

Na zestawieniu zleceń spedycyjnych są zamieszczone takie informacje jak: numer zlecenia, data załadunku, kto jest zleceniodawcą, a kto przewoźnikiem, punkt początkowy i końcowy trasy, wartość ładunku oraz marża (rys. 18).

Zestawienie Zleceń Spedycyjnych za okres: 01-04-2019 - 30-04-2019

Typ daty: Data utworzenia

LP	Numer zlecenia	Data załadunku	Zleceniodawca	Przewoźnik	Trasa	Wartość	Przewoźne	Marża	Waluta
1	00015/19/	10-04-2019			(PL) Katowice - (PL) Kielce	333,00	0,00	333,00	EUR
2	00026/19/	19-03-2018		MARCOSB	(AT) - (PL) Mikołów - (PL) Katowice - (PL) Kielce	6333,00	0,00	5333,00	EUR
3	0005/19/PB	22-04-2019		NSPORT	(PL) Gdynia - (PL) Katowice	500,00	0,00	500,00	EUR
4	38/2019MarcosB	02-04-2019		MARCOS	(PL) Wronki - (PL) Wrocław	33,00	0,00	33,00	EUR
5	39/2019MarcosB	26-02-2019		MARCOS	(PL) Katowice - (PL) Szczecin	500,00	0,00	500,00	EUR

Rys. 18. Zestawienie zleceń spedycyjnych

Porównanie i ocena systemów

W tabeli 1 przedstawiono porównanie dwóch systemów informatycznych, które są stosowane w firmie Amplus tj. TX-CONNECT firmy Transics oraz TMS Navigator moduł Spedycja. Wybrano kilka funkcji zarówno z jednego, jak i z drugiego systemu i odpowiednio zaznaczono, które opcje są dostępne w danym systemie.

Pośród wymienionych dwudziestu dwóch funkcji, dziesięć z nich występuje zarówno w systemie TMS Navigator (moduł Spedycja), jak i TX-CONNECT firmy Transics.

Tabela 1. Porównanie funkcji TX-CONNECT z TMS Nawigator moduł Spedycja

Lp.	Funkcja	TX-CONNECT	TMS Nawigator moduł Spedycja
1.	Możliwość planowania trasy	✓	✓
2.	Podgląd dokładnego położenia pojazdu	✓	–
3.	Podgląd do danych dot. Kierowcy	✓	✓
4.	Podgląd do danych dot. Pojazdu i naczepy	✓	✓
5.	Informacje o różnicach między planowanymi czasami dotarcia na miejsce a rzeczywistymi	✓	–
6.	Widok zaplanowanej trasy na mapie	✓	–
7.	Dodawanie punktów POI	✓	–
8.	Ustawianie powiadomień dla użytkowników	✓	–
9.	GeoFencing	✓	–
10.	Raportowanie dot. Czynności, odległości	✓	✓
11.	Raportowanie dot. Zużycia paliwa, tankowania	✓	–
12.	Przegląd czasu pracy kierowców	✓	✓
13.	Wyliczanie trasy pod względem różnych kryteriów	✓	–
14.	Wytyczanie trasy	✓	✓
15.	Podgląd do informacji dot. Np. Kilometrów pustych czy z ładunkiem	–	✓
16.	Graficzne wpisanie zleceń	–	✓
17.	Możliwość wyszukania pojazdów bez zleceń	–	✓
18.	Weryfikacja czasu jazdy, odpoczynku kierowców	✓	✓
19.	Przewidywanie czasu dotarcia do miejsca docelowego przez pojazd	✓	✓
20.	Bieżące przesyłanie informacji	✓	✓
21.	Możliwość łączenia z innymi systemami	✓	✓
22.	Dodawanie reklamacji w zleceniu	–	✓

Podsumowanie

Zarówno system TX-CONNECT, jak i TMS Nawigator moduł Spedycja, mają kilka pozycji wspólnych. Spośród porównywanych dwudziestu dwóch funkcji dziesięć z nich występuje w obu porównywanych systemach. Między innymi możemy do nich zaliczyć: możliwość planowania tras dla pojazdów, podgląd danych kierowców jak i dotyczących floty pojazdów, opcję tworzenia raportów, stały podgląd czasu pracy pracowników, przewidywanie czasu dotarcia do wyznaczonego celu czy wytyczanie tras. Dzięki temu pracownik biura może stale kontrolować czas pracy kierowców i planować kolejne trasy z odpowiednim wyprzedzeniem.

TX-CONNECT jest systemem telematycznym, który pozwala na ciągłe uaktualniania informacji od kierowców oraz z floty pojazdów. Dużą jego zaletą jest także wizualizacja zarówno przemieszczania się samochodów, jak i dokonywanych czynności. Jednym z głównych wad jest brak funkcji wyszukania pojazdów, które nie mają żadnego zlecenia oraz brak dostępu do informacji dotyczących pokonanych kilometrów tzw. „na pusto”, co znacznie uprościłoby zarządzanie w firmie. Jednakże ważnym aspektem jest fakt, że TX-CONNECT posiada możliwość integracji z innym systemem czy aplikacją, co pozwala na zdobycie tych danych i dalsze ich przetwarzanie.

System TMS Nawigator (moduł Spedycja) jest narzędziem służącym do planowania oraz realizowania wykonywanych usług transportowych. Głównymi jego zaletami są m.in.: możliwość planowania przewozów, dostęp do informacji, które dotyczą floty pojazdów oraz osób zatrudnionych i samochodów, które nie mają zaplanowanych żadnych kursów. System zyskuje wiele zalet, dzięki połączeniu z systemem telematycznym, dzięki czemu pracownik biura ma możliwość komunikowania się z kierowcami na bieżąco.

Używanie dwóch systemów TX-CONNECT i TMS Nawigator moduł Spedycja, które są ze sobą zintegrowane, ułatwia funkcjonowanie firmy transportowej i kierowanie nią jest dużo bardziej proste oraz sprawne. Jednym z czynników dających gwarancję sukcesu firmom zajmujących się spedycją, są odpowiednio zintegrowane systemy informatyczne, które znacznie zwiększają wydajność pracy. Informacje dotyczące floty zwiększają wiedzę pracownika biura o tym, co się dzieje i gdzie są popełniane błędy, które skutkują stratami ekonomicznymi. Dzięki temu, że pojazdy są pod stałą obserwacją, możliwa jest kontrola realizowanych zleceń.

Bibliografia

- Fechner I., Szyszka G.: Logistyka w Polsce Raport 2017, Biblioteka Logistyka, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2018.
- Serafin E.: Systemy informatyczne w logistyce, Logistyka, nr 3, s. 5655-5660. Poznań. 2014.
- Zatwarnicka-Madura B.: Modern management review Quarterly. Volume XX (July - September) Research Journal 22, nr 3. 2015.
- Cudziło M.: Wybrane problemy decyzyjne w zarządzaniu procesami logistycznymi, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Organizacja i Zarządzanie, nr 61, s. 11. 2013.
- Ficoń K.: Logistyka Techniczna, Infrastruktura logistyczna, ISBN: 978-83-61208-24-2. Warszawa 2009.

- Badzińska E., Cichorek S.: Systemy telematyczne jako wsparcie zarządzania flotą pojazdów w transporcie drogowym – studium przypadku, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego*, nr 875, *Problemy Zarządzania, Finansów i Marketingu*, nr 41, tom 2, s. 412. 2015.
- Jelonek D.: Systemy informacyjne zarządzania przedsiębiorstwem, PWE, Warszawa 2018.
- Pałasz J., Ragin- Skorecka K.: Ocena wdrożenia systemów informatycznych – wyniki badań, *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej*, nr 72. Poznań 2017.
- Kanicki T.: Systemy informatyczne w logistyce. Computer systems in logistics, Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania, Katedra Informatyki Gospodarczej i Logistyki, Białystok 2011.
- Blaik P., Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania, PWE, s. 18. Warszawa 2010.
<https://amplusfoods.com/firma/#!>
- Zrzuty z ekranu dla TX-CONNECT zostały zaczerpnięte ze strony internetowej firmy Transics
(https://help.tx-connect.com/prodB/tx-connect/Content/POLISH/TX-CONNECT.htm#Help/Help_welcome_page.htm)
- Zrzuty z ekranu dla TMS Navigator zaczerpnięte zostały z Instrukcji obsługi systemu

Adres do korespondencji: e-mail: dariusz.kwasniewski@urk.edu.pl

ORCID: Dariusz Kwaśniewski 0000-0002-1873-1456

ORCID: Maciej Kuboń 0000-0003-4847-8743

ORCID: Urszula Malaga-Toboła 0000-0001-7918-8699

ORCID: Zbigniew Daniel 0000-0001-5507-8911

ORCID: Ireneusz Kaczmar 0000-0002-5394-1168

WSPARCIE ORGANIZACJI LOGISTYKI DYSTRYBUCJI NARZĘDZIAMI INFORMATYCZNYMI W OPARCIU O ZASTOSOWANIE METODY ABC/XYZ

Anna Szelań-Sikora^{1,2}, Aneta Oleksy-Gębczyk³, Maria Kajzer², Joanna Stuglik²

¹ Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

² Instytut Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Małopolska Uczelnia Państwowa im. rtm. Witolda Pileckiego w Oświęcimiu

³ Instytut Ekonomiczny, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu

Wstęp

Współcześnie producenci starają się dostarczać na rynek narzędzia informatyczne wspomagające efektywne zarządzanie w sektorze TLS dążąc do wytwarzania towarów wolnych od wad i na odpowiednim poziomie jakości. W systemach informatycznych wspomagających zarządzanie lub sterowanie procesami gospodarczymi istnieje potrzeba szybkiego i niezawodnego przechwytywania dużej liczby danych¹. Dlatego czy analiza abc oraz xyz w programach np. do wspomaganie magazynowania jest użyteczna?

Dla każdego przedsiębiorstwa ważna jest świadomość, które produkty i w jakim stopniu wpływają na ogólny kapitał firmy². Do określenia tego typu problemu powstały popularne obecnie metody ABC oraz XYZ. Ich założeniem jest określenie, które spośród zapasów generują największe zyski, co pozwala uzyskać kontrolę nad kosztami ich utrzymania, optymalizować stan magazynowy oraz usprawniać obsługę klienta. Dzięki analizie ABC, której interpretacją jest diagram Pareto, można uzyskać informację na temat wpływu danego produktu na ogólny zysk przedsiębiorstwa. Natomiast analiza XYZ uwzględnia regularność zapotrzebowania w aspekcie dokładności sporządzonych prognoz. Analiza robiona ręcznie potrafi być pracochłonna. Jednak są programy komputerowe do tego dedykowane. Jednym z przykładów jest system Comarch ERP XL który umożliwia automatyczną klasyfikację z wykorzystaniem modułu Business Intelligence, jak również daje możliwość ręcznego przypisywania towarów do grup. Wspomniany powyżej system zapisuje też wyniki, dzięki czemu

¹ Analiza ABC oraz XYZ w programie magazynowym; <https://www.programmagazyn.pl/?s=analiza-abc-oraz-xyz-w-programie-magazynowym>; dostęp:12.12.2021)

² Sikora J., Szelań-Sikora A., Gródek-Szostak Z., Niemiec M., Stuglik J.: Transport optimization in farms with the use of spatial information systems, Agricultural Engineering, Wydawnictwo Inżynierii Rolniczej, vol. 24, nr 4, Kraków, 2020.

możliwa jest analiza historycznych klasyfikacji towarów³. Kolejny to ERP (*Enterprise Resources System*) – polskie systemy ERP takie jak enova365 czy Comarch ERP wspierają analizę ABC/XYZ. Inne systemy globalne jak SAP wspierają ją omawianą metodę w module APO (*Advanced Planner and Optimizer*) oraz systemy lub moduły APS (*Advanced Planning and scheduling*)⁴.

Głównym celem niniejszego opracowania była analiza asortymentu przy użyciu wyżej wymienionych metod. Procesem poddanym szczegółowej analizie była branża motoryzacyjna w segmencie dystrybucji części zamiennych.

Istota i charakterystyka metod ABC oraz XYZ

Ideą każdego przedsiębiorstwa jest „trafienie z ofertą” w gusta odbiorców oraz zapewnienie wysokiej jakości obsługi klienta przy jak najniższym koszcie⁵. W osiągnięciu tego celu pomocne jest rozplanowanie oraz zarządzanie przedsiębiorstwem tak, aby zasoby, którymi dane przedsiębiorstwo dysponuje, były jak najlepiej wykorzystywane. Tworząc plany sprzedażowe, czy zarządzając ofertą asortymentową wiedza, które zasoby przynoszą jak najwyższe korzyści, jest niezwykle ważna. Dlatego wykorzystuje się popularne wśród menedżerów metody ABC oraz XYZ.

Metoda ABC polega na pogrupowaniu materiałów lub towarów na trzy grupy (A, B i C), co pozwala na określenie udziałów tych zasobów (zazwyczaj jest to 80/15/5%, zgodnie z przyjętym kryterium). Przykładowymi kryteriami mogą być: marża, wartość zapasu, czy przydatna w polityce magazynowej wielkość pobrań danych zasobów. W zarządzaniu zapasami istotnym kryterium jest wartość obrotu (zużycia) zapasu⁶.

Pisz i in.⁷ klasyfikują metodę ABC jako:

- Grupę A, czyli zapasy które są dla przedsiębiorstwa niezwykle cenne; stanowią one 5-10% ogólnej liczby pozycji asortymentowych, w ujęciu wartościowym stanowią one 75-80% całości zakupów; na ten rodzaj towaru powinno się zwracać szczególną uwagę oraz bardzo precyzyjnie ustalać tryb składowania i realizacji zamówienia,

- Grupę B, czyli zapasy o średniej wartości i średnim udziale w kosztach materiałowych; kontroluje się je w sposób umiarkowany, cyklicznie regulując ich poziom, - Grupa C, czyli zapasy o niskiej wartości i o niskim udziale w kosztach materiałowych; w tej grupie materiałów stosuje się proste procedury.

Z takiego typu analizy można uzyskać bardzo dużo informacji, które służą do opracowania systemu kontroli sterownia przepływem poszczególnych pozycji materiałów i związanych z nimi zapasami². Analiza ta bazuje na regule Pareto, zgodnie z którą 20% przyczyn

³ Wieczorek R. Analiza ABC/XYZ – czyli jak zarządzać zapasami i utrzymywać porządek w magazynie. <https://www.conquest.pl/analiza-abcxyz/> (dostęp:12.12.2021)

⁴ Wsparcie systemów informatycznych w analizie ABC/XYZ. <https://gotechnologies.pl/analiza-abc-xyz-magazyn/> (dostęp:12.12.2021)

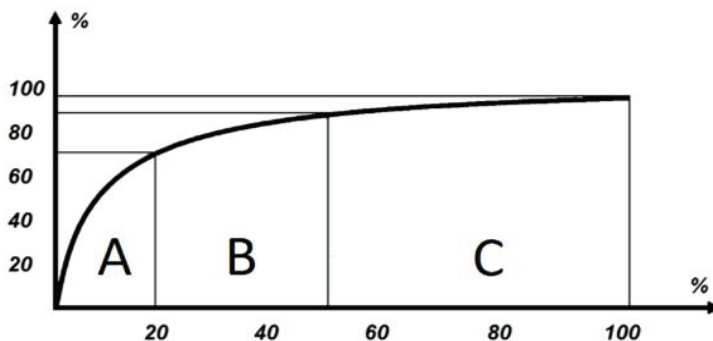
⁵ Gródek-Szostak Z., Szeląg-Sikora A., Sikora J., Niemiec M., Stuglik J., Matłok N.: Transport autonomiczny - korzyści dla gospodarki opartej na innowacjach, W: Transport i logistyka w dobie inżynierii mechanicznej : Monografia / Kuboń Maciej (red.), vol. 1, 2020, WIR, Kraków, 2020.

⁶ Krzyżaniak S., Niemczyk A., Majewski J., Andrzejczyk P.: Organizacja i monitorowanie procesów magazynowych, Biblioteka Logistyka, Poznań, 2013.

⁷ Pisz I., Sęk T., Zielecki W.: Logistyka w przedsiębiorstwie, PWE, Warszawa, 2013.

prowadzi do osiągnięcia 80% efektów⁸. Relację reguły 80/20 można określić w różny sposób na przykład 20% klientów kluczowych zapewnia 80% obrotu lub 80% wartości zakupów będzie pochodziło od 20% dostawców¹.

Rysunek 1 przedstawia diagram krzywej Pareto-Lorenza, która obrazuje zależność 80/20.



Rys. 1. Diagram Pareto- Lorenza¹

Krawczyk⁹ rozpatruje metodę ABC dla analiz zaopatrzeniowych również pod względem innych charakterystyk, np. odległości od dostawców, czasu realizacji dostawy, częstotliwości dostaw. Dla planowania operacji logistycznych najlepszym kryterium jest odległość od dostawy, natomiast z punktu widzenia relacji z dostawcami odpowiednim kryterium jest wartość zakupu.

Analizę ABC konstruuje się według określonych kroków⁴. W kroku pierwszym należy ustalić cechę mierzalną i wartość, która ma znaczenie informacyjne oraz określić przedział czasu. W kroku drugim sporządza się listy produktów poddanych klasyfikacji oraz danych do jej przeprowadzenia. Można przyjąć, że podstawą klasyfikacji jest wartość sprzedanych produktów, a jednostką czasu jest miesiąc. Aby ułatwić przedstawienie zagadnienia, zostały wprowadzone oznaczenia pomocnicze:

$P1, \dots, Pm$ - nazwa produktów,

$x1, \dots, xm$ - ilość produktów,

$c1, \dots, cm$ - cena jednostkowa,

$w1, \dots, wm$ - wartość sprzedaży.

$$W_i = c_i \cdot x_i$$

$i = 1, \dots, m$

W kroku trzecim należy uporządkować dane od największej do najmniejszej wartości oraz ponumerować produkty zgodnie z malejącą wartością, zatem:

$$w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_m$$

⁸ Kauf, S., Tłuczak A.: Logistyczna obsługa klienta, PWN, Warszawa 2018

⁹ Krawczyk S.: Metody ilościowe w planowaniu (działalności logistycznej przedsiębiorstwa), Warszawa, 2001.

W kroku czwartym oblicza się całkowitą wartość wszystkich produktów:

$$w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_m$$

W kroku piątym dla każdego produktu P_i $i = 1, \dots, m$, oblicza się udział w całkowitej wartości sprzedaży, zazwyczaj wyrażony w procentach:

$$w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_m$$

$$i = 1, \dots, m$$

oraz skumulowany wskaźnik udziału:

$$q_1 = w_1,$$

$$q_k = q_{k-1} + w_k,$$

$$k = 2, \dots, m$$

W kroku szóstym należy określić wartość parametrów α i β , które wykorzystuje się przy tworzeniu grup A, B i C. Zastosowanie tych parametrów jest następujące:

α pozwoli określić tę grupę, w której łączny procentowy udział wartości, w sumarycznej wartości dla danego okresu stanowi 75%, jest to grupa A,

β pozwoli określić tę grupę, w której łączny procentowy udział wartości, w sumarycznej wartości dla danego okresu stanowi 95%, jest to grupa B,

Pozostałe produkty to grupa C.

W kroku siódmym należy znaleźć w uporządkowanej liście produktów, indeksy które określone są numerami k i l , dla których spełniane są nierówności:

$$q_k \leq \alpha < q_{k+1}$$

$$q_l \leq \beta < q_{l+1}$$

W kroku ósmym należy podzielić uporządkowane produkty na klasy A, B i C:

$$A = \{P_1, \dots, P_k\},$$

$$B = \{P_{k+1}, \dots, P_l\},$$

$$C = \{P_{l+1}, \dots, P_m\}.$$

Krok dziewiąty to określenie udziału procentowego badanego zbioru względem klas

$$U_A = \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C} \cdot 100\%$$

$$U_B = \frac{n_B}{n_A + n_B + n_C} \cdot 100\%$$

$$U_C = \frac{n_C}{n_A + n_B + n_C} \cdot 100\%$$

gdzie:

- n_A – liczba obiektów klasy A ,
- n_B – liczba obiektów klasy B ,
- n_C – liczba obiektów klasy C ,
- U_A – udział liczebności klasy A ,
- U_B – udział liczebności klasy B ,
- U_C – udział liczebności klasy C .

Dla zobrazowania wyniku zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki klasyfikacji metodą ABC

Klasa	Liczebność	Udział liczebności	Wartość	Udział wartości
A	n_A	U_A	W_A	r_A
B	n_B	U_B	W_B	r_B
C	n_C	U_C	W_C	r_C

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Krawczyk, 2001

Określając ilość zapotrzebowania, a także możliwość oraz jakość prognozy, należy zastosować analizę XYZ. Krzyżaniak i in.¹ wyjaśniają grupy XYZ w następujący sposób:

- grupa X to towary (zapasy), które są zużywane w dużych ilościach, zapotrzebowanie na te zasoby jest regularne oraz prognozy w tej grupie są wiarygodne,
- grupa Y to towary (zapasy) o mniejszym ilościowo popycie, w tej grupie zapotrzebowanie cechuje się zmiennością, a prognozowany popyt poprzez wahania w funkcji czasu obarczony jest większą niepewnością,
- grupa Z są to towary (zapasy), które wolno rotują, zapotrzebowanie na te zasoby jest nieregularne, często w wielkościach jednostkowych, powoduje to dużą niepewność i utrudnia to skuteczne prognozowanie.

Aby utworzyć analizę XYZ, należy postępować według następujących kroków¹⁰:

W kroku pierwszym należy wykorzystać dane z co najmniej kilku jednakowych okresów. Liczba okresów jest równa n , a dla każdego produktu P_i i $i = 1, \dots, m$, oznacza się:

x_{ij} - ilość sprzedanego produktu P_i w okresie j ,

w_{ij} - wartość sprzedanego produktu P_i w okresie j .

W kroku drugim dla każdego produktu P_i , $i = 1, \dots, m$, oblicza się:

- średnią wartość sprzedaży:

$$\bar{w}_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}}{n}$$

¹⁰ Krawczyk S.: Logistyka, Difin, Warszawa, 2011.

- odchylenie standardowe:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (w_{ij} - \bar{w}_i)^2}{n - 1}}$$

- współczynnik zmienności:

$$V_i = \frac{s_i}{\bar{w}_i}$$

W kroku drugim istotne jest uporządkowanie indeksów produktów w kolejności rosnącej V_i , tak aby spełniał warunek $V_1 \leq V_2 \leq \dots \leq V_m$.

W kroku ostatnim trzecim określa się wartość krytyczną dla współczynnika zamienności np.

$\alpha = 0,1$ a $\beta = 0,2$ co pozwoli wyróżnić produkty grupy X, Y i Z.

W celu stworzenia analizy, najczęściej wykorzystuje się metody ABC i XYZ jednocześnie. Pozwoli to w pełni ocenić obroty zapasami w ujęciu wartościowym i ilościowym. Utworzenie analizy ABC/XYZ pozwoli podzielić cały asortyment na 9 grup, których charakterystyka została przedstawiona w tabeli 2.

Tabela 2. Charakterystyka grup według klasyfikacji ABC/XYZ

Dokładność prognozy	Wartościowość		
	X	Y	Z
A	Wysoki poziom wartości zużycia, wysoka dokładność prognozy	Średni poziom wartości zużycia, wysoka dokładność prognozy	Niski poziom wartości zużycia, wysoka dokładność prognozy
B	Wysoki poziom wartości zużycia, średnia dokładność prognozy	Średni poziom wartości zużycia, średnia dokładność prognozy	Niski poziom wartości zużycia, średnia dokładność prognozy
C	Wysoki poziom wartości zużycia, niska dokładność prognozy	Średni poziom wartości zużycia, niska dokładność prognozy	Niski poziom wartości zużycia, niska dokładność prognozy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Kauf i Tluczak, 2018

Profil działalności badanego przedsiębiorstwa

Badanie przeprowadzono w przedsiębiorstwie zajmującym się m.in. sprzedażą części zamiennych do samochodów, którego siedziba znajduje się na terenie Małopolski. Jest to prywatne przedsiębiorstwo, które na rynku prosperuje ponad kilkanaście lat. Posiada bogate doświadczenie w zakresie doradztwa technicznego.

Misją i zarazem celem analizowanego przedsiębiorstwa jest dbałość o jakość usług, profesjonalną obsługę i sprawną realizację zamówień. W swojej ofercie posiadają również usługi, takie jak kasacja samochodów, regeneracja przekładni oraz turbosprężarek.

Analizowana jednostka, spełniając oczekiwania klientów wobec mobilnej możliwości robienia zakupów, prowadzi sprzedaż części samochodowych poprzez prowadzenie sklepu internetowego na portalu allegro.pl. W ofercie można znaleźć bogaty wybór podzespołów, takich jak: elementy blacharskie, oświetlenie, silniki, skrzynie biegów, układy elektryczne, układy paliwowe, koła, felgi oraz wyposażenie wnętrza. Wszystkie części są oryginalne, dodatkowo posiadają 30-dniową gwarancję rozruchową.

Ochrona środowiska naturalnego jest bardzo istotna dla przedstawianej działalności. Recykling i racjonalna gospodarka odpadami wpływa na polepszenie stanu środowiska naturalnego oraz zapobiega dalszej jego degradacji. Jednym z pomysłów biznesowych badanego przedsiębiorstwa dążących do polepszenia środowiska naturalnego jest kasacja samochodów. W ten sposób zepsute, stare samochody, które zostały wycofane z eksploatacji, zostają poddane demontażowi. Wynikiem tej działalności jest zmniejszenie powierzchni składowana beużytecznych samochodów.

Produktami przedstawionego przedsiębiorstwa są części zamienne wielu światowych marek m.in. Volkswagen, Audi, Skoda, BMW. Celem pracy będzie analiza asortymentu według marek samochodów za pomocą metod: ABC, XYZ.

Zarządzanie zapasami w dystrybucji (wdrożenie metody ABC/XYZ)

Warunkiem właściwego zarządzania zapasami jest wiedza na temat rodzaju kanału dystrybucji. Analizowana jednostka stanowi pośrednie ogniwo w kanale handlowym, czyli jest pośrednikiem pomiędzy producentem a nabywcą. Przedsiębiorstwo jest ściśle powiązane z branżą automotive, ponieważ prowadzi sprzedaż części zamiennych do samochodów osobowych. Długość i szerokość kanału określana jest jako: krótka lub wąska, a świadczy o tym ilość szczebli pomiędzy producentem a klientem.

Będąc pośrednikiem w kanale dystrybucji, badana jednostka spełnia jedne z głównych funkcji, które określane są jako transakcyjne lub logistyczne. Poprzez prowadzenie sklepu internetowego dokonywane są czynności, które wpisują się w funkcje: transakcyjna oraz logistyczna, w postaci: transakcji kupna-sprzedaży, organizowania dostaw, zamawiania produktów, magazynowania oraz transportu.

Rodzajem dystrybucji występującej w przedstawianej firmie jest dystrybucja selektywna. Charakteryzuje się ona produktami konsumpcyjnymi trwałego użytku, które zwykle są w wysokich cenach. W kanale dystrybucji selektywnej występuje mała ilość pośredników, a nabywca zwykle poświęca więcej czasu na zakup. Przedstawione cechy świadczą o tym, że omawiana organizacja realizuje dystrybucję selektywną.

Zapasy w badanym przedsiębiorstwie stanowią wszystkie oferowane produkty. Realizując strategię polityki zarządzania zapasami, bardzo ważne jest określenie poziomu wskaźnika rotacji zapasu, który określa zdolność do „odzyskania” zamrożonego kapitału przez firmę.

Wskaźnik obrotowości zapasu wylicza się poprzez podzielenie ilości sprzedanego towaru przez rozchód oraz pomnożenie przez ilość dni dla mierzonego okresu. Tabela 3 przedstawia obrotowość zapasu w dniach, na przestrzeni 3 lat.

Tabela 3. Obrotowość zapasu w dniach

Rok	Miesiąc	Ilość sprzedanego towaru (szt.)	Rozchód (zł)	Dni	Obrotowość zapasu
2017	Styczeń	68	8570,99	31	0,25
	Luty	319	34988,98	28	0,26
	Marzec	363	37470,16	31	0,30
	Kwiecień	329	34893,35	30	0,28
	Maj	365	47822,88	31	0,24
	Czerwiec	383	41753,23	30	0,28
	Lipiec	330	40803,50	31	0,25
	Sierpień	291	28644,83	31	0,31
	Wrzesień	347	46575,52	30	0,22
	Październik	403	55129,74	31	0,23
	Listopad	459	55328,28	30	0,25
	Grudzień	312	28609,48	31	0,34
2018	Styczeń	442	41210,77	31	0,33
	Luty	412	43312,34	28	0,27
	Marzec	390	50446,28	31	0,24
	Kwiecień	356	32130,77	30	0,33
	Maj	438	61241,70	31	0,22
	Czerwiec	349	33236,22	30	0,32
	Lipiec	413	46617,60	31	0,27
	Sierpień	396	44846,59	31	0,27
	Wrzesień	404	37334,00	30	0,32
	Październik	373	49584,18	31	0,23
	Listopad	400	47714,90	30	0,25
	Grudzień	310	39444,28	31	0,24
2019	Styczeń	328	30515,86	31	0,33
	Luty	453	41874,66	28	0,30
	Marzec	480	40019,84	31	0,37
	Kwiecień	432	67601,40	30	0,19
	Maj	451	55884,29	31	0,25
	Czerwiec	298	32756,19	30	0,27
	Lipiec	441	52972,38	31	0,26
	Sierpień	333	51524,40	31	0,20
	Wrzesień	438	63024,90	30	0,21
	Październik	407	57887,00	31	0,22
	Listopad	306	48660,10	30	0,19
	Grudzień	287	51516,46	31	0,17

Z analizy wynika, że poziom obrotowości zapasu w podanych dniach jest na niskim poziomie. Wynik ukazuje dni, w których przedsiębiorstwo odnawia zapasy. Jak wynika z tabeli

3, obrotowość zapasu jest na poziomie 0, czyli w magazynie znajduje się duża ilość produktów. Wynikiem magazynowania zbyt dużej ilości produktów jest progresja kosztów magazynowania.

Proponowanym rozwiązaniem problemu magazynowania dużej ilości produktów jest częste analizowanie pozycji asortymentowych w magazynie. W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele metod zarządzania zapasami. Najbardziej charakterystyczne to metody: ABC oraz XYZ. Metoda ABC/XYZ umożliwia wskazanie, które produkty stanowią największą wartość dla przedsiębiorstwa oraz jak kształtuje się zapotrzebowanie.

Produkty, które zbyt długo zalegają na magazynie, można sprzedać w niższej cenie. Platforma allegro daje możliwość prowadzenia aukcji lub pozycjonowania oferowanego produktu.

Analiza ABC/XYZ została sporządzona na podstawie danych historycznych sprzedaży części samochodowych, obejmujących lata: 2017-2019. W analizie zostało uwzględnionych 27 marek samochodów. Tabela 4 przedstawia dane wartości sprzedaży części samochodowych dla podanych marek.

Tabela 4. Dane wartości sprzedaży badanego przedsiębiorstwa

Lp.	Nazwa	P _i	Wartość sprzedaży
1	AUDI	P ₁	499 726,52
2	CITROEN	P ₂	7 602,70
3	FORD	P ₃	19 679,00
4	MERCEDES	P ₄	2 597,00
5	MISUBISHI	P ₅	1 471,00
6	OPEL	P ₆	22 748,00
7	TOYOTA	P ₇	749,00
8	RENAULT	P ₈	25 790,70
9	SEAT	P ₉	14 882,40
10	SKODA	P ₁₀	164 088,80
11	SUZUKI	P ₁₁	2 770,00
12	VOLKSWAGEN	P ₁₂	690 898,55
13	FIAT	P ₁₃	17 646,90
14	SHATAN	P ₁₄	571,00
15	ŻUK	P ₁₅	788,00
16	POLONEZ	P ₁₆	297,00
17	KIA	P ₁₇	2 373,00
18	BMW	P ₁₈	29 444,60

Lp.	Nazwa	P _i	Wartość sprzedaży
19	CHEVROLET	P ₁₉	118,00
20	PEUGEOT	P ₂₀	9 999,90
21	NISSAN	P ₂₁	1 144,00
22	ALFA ROMEO	P ₂₂	478,00
23	MAZDA	P ₂₃	1 098,00
24	LAND ROVER	P ₂₄	2 175,00
25	VOLVO	P ₂₅	426,00
26	HONDA	P ₂₆	149,00
27	DAENOO MATIZ	P ₂₇	996,00
SUMA			1 520 708,07

Tabela 5 przedstawia klasyfikację pozycji asortymentowych według analizy ABC.

Tabela 5. Klasyfikacja według analizy ABC

LP	Nazwa	P _i	Wartość sprzedaży	Procentowy udział wartości	Skumulowany procentowy udział wartości	Klasyfikacja
1	VOLKSWAGEN	P12	690898,55	45,43%	45,43%	A
2	AUDI	P1	499726,52	32,86%	78,29%	A
3	SKODA	P10	164088,80	10,79%	89,08%	B
4	BMW	P18	29444,60	1,94%	91,02%	B
5	RENAULT	P8	25790,70	1,70%	92,72%	B
6	OPEL	P6	22748,00	1,50%	94,21%	B
7	FORD	P3	19679,00	1,29%	95,51%	B
8	FIAT	P13	17646,90	1,16%	96,67%	C
9	SEAT	P9	14882,40	0,98%	97,65%	C
10	PEUGEOT	P20	9999,90	0,66%	98,30%	C
11	CITROEN	P2	7602,70	0,50%	98,80%	C
12	SUZUKI	P11	2770,00	0,18%	98,99%	C
13	MERCEDES	P4	2597,00	0,17%	99,16%	C
14	KIA	P17	2373,00	0,16%	99,31%	C
15	LAND ROVER	P24	2175,00	0,14%	99,46%	C
16	MISUBISHI	P5	1471,00	0,10%	99,55%	C

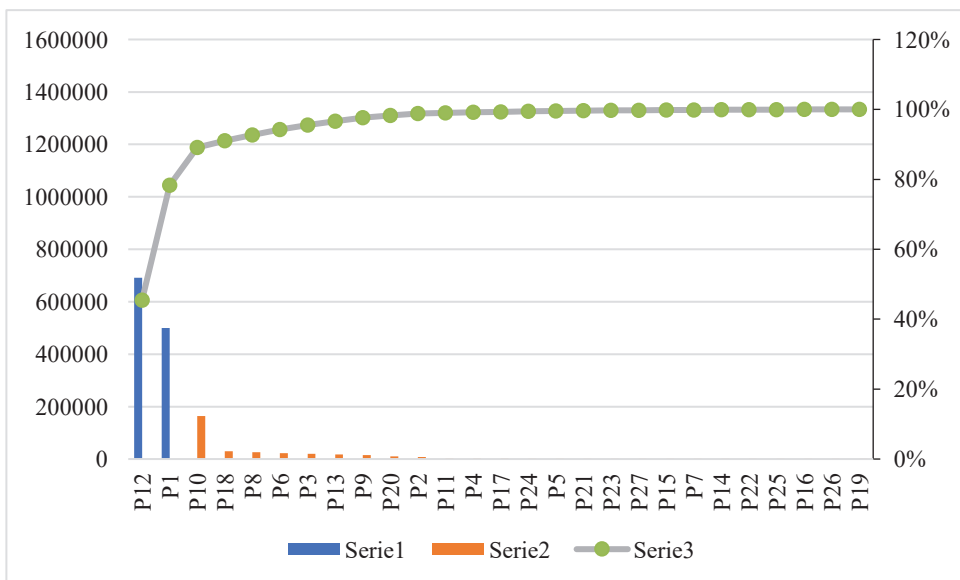
LP	Nazwa	Pi	Wartość sprzedaży	Procentowy udział wartości	Skumulowany procentowy udział wartości	Klasyfikacja
17	NISSAN	P21	1144,00	0,08%	99,63%	C
18	MAZDA	P23	1098,00	0,07%	99,70%	C
19	DAENOO MATIZ	P27	996,00	0,07%	99,77%	C
20	ŻUK	P15	788,00	0,05%	99,82%	C
21	TOYOTA	P7	749,00	0,05%	99,87%	C
22	SHATAN	P14	571,00	0,04%	99,90%	C
23	ALFA ROMEO	P22	478,00	0,03%	99,94%	C
24	VOLVO	P25	426,00	0,03%	99,97%	C
25	POLONEZ	P16	297,00	0,02%	99,98%	C
26	HONDA	P26	149,00	0,01%	99,99%	C
27	CHEVROLET	P19	118,00	0,01%	100,00%	C
SUMA			1520708,07	100,00%		

Klasyfikacja ABC pozwoliła na analizę produktów ze względu na wartość sprzedaży. Oferta przedsiębiorstwa została podzielona na trzy grupy: A, B i C według zasady 80/20. Tabela 12 przedstawia wyniki analizy ABC. Produkty grupy A wygenerowały 78,29% udziału wartości i stanowiły 7,41% udziału wszystkich produktów. W grupie B znajdowały się produkty, które stanowiły 17,21% udziału wartości i 18,52% udziału liczebności. Natomiast w grupie C znajdował się asortyment, który dostarczał 4,49% zysku i stanowił 74,07% udziału liczebności.

Tabela 6. Wyniki analizy ABC

Klasa	Liczebność	Udział liczebności (%)	Wartość (PLN)	Udział wartości (%)
A	2	7,41%	1190625,07	78,29%
B	5	18,52%	261751,10	17,21%
C	20	74,07%	68331,90	4,49%
SUMA				100%

Na rysunku 2 została przedstawiona krzywa Pareto-Lorenza, która obrazuje analizę ABC w ujęciu wartościowym i ilościowym przedstawionych powyżej grup A, B i C.



Rys. 2 Wykres krzywej Pareto-Lorenza

Analiza XYZ stanowi uzupełnienie analizy ABC, która przedstawia wielkość zapotrzebowania produktów. W tabeli 7 została przedstawiona klasyfikacja według analizy XYZ. Do analizy XYZ zostały zastosowane wartości krytyczne dla współczynnika zmienności: $\alpha = 0,8$ i $\beta = 0,9$.

Tabela 7. Klasyfikacja według analizy XYZ

Lp.	Nazwa	Pi	Wartość sprzedaży	Śr. wielkość	σ	V	Kategoria
1	AUDI	P1	499 726,52	13881	6719,00	0,5	X
2	CITROEN	P2	7 602,70	211	335,52	1,6	Z
3	FORD	P3	19 679,00	547	480,56	0,9	Y
4	MERCEDES	P4	2 597,00	72	191,60	2,7	Z
5	MISUBISHI	P5	1 471,00	41	96,68	2,4	Z
6	OPEL	P6	22 748,00	632	699,75	1,1	Z
7	TOYOTA	P7	749,00	21	56,81	2,7	Z
8	RENAULT	P8	25 790,70	716	935,81	1,3	Z
9	SEAT	P9	14 882,40	413	605,78	1,5	Z
10	SKODA	P10	164 088,80	4558	3580,73	0,8	X
11	SUZUKI	P11	2 770,00	77	154,43	2,0	Z
12	VOLKSWAGEN	P12	690 898,55	19192	8343,48	0,4	X

Lp.	Nazwa	Pi	Wartość sprzedaży	Śr. wielkość	σ	V	Kategoria
13	FIAT	P13	17 646,90	490	643,88	1,3	Z
14	SHATAN	P14	571,00	16	55,35	3,5	Z
15	ŻUK	P15	788,00	22	124,82	5,7	Z
16	POLONEZ	P16	297,00	8	36,47	4,4	Z
17	KIA	P17	2 373,00	66	196,95	3,0	Z
18	BMW	P18	29 444,60	818	1153,04	1,4	Z
19	CHEVROLET	P19	118,00	3	19,67	6,0	Z
20	PEUGEOT	P20	9 999,90	278	526,45	1,9	Z
21	NISSAN	P21	1 144,00	32	65,48	2,1	Z
22	ALFA ROMEO	P22	478,00	13	67,42	5,1	Z
23	MAZDA	P23	1 098,00	31	166,85	5,5	Z
24	LAND ROVER	P24	2 175,00	60	255,02	4,2	Z
25	VOLVO	P25	426,00	12	51,38	4,3	Z
26	HONDA	P26	149,00	4	24,83	6,0	Z
27	DAENOO MATIZ	P27	996,00	28	115,72	4,2	Z

gdzie:

- Σ – odchylenie standardowe
 V – współczynnik zmienności (%)

W tabeli 8 zostały przedstawione wyniki analizy XYZ, które przedstawiają liczebność poszczególnych grup. Z analizy XYZ można wybrać reprezentantów poszczególnych grup, wynikiem czego jest analiza realizacji cechy w czasie.

Tabela 8. Wnioski z analizy XYZ

Grupa	Liczba pozycji (szt.)	Udział ilościowy (%)
X	3	11,11
Y	1	3,70
Z	23	85,19
SUMA		100,00

Tabela 9 przedstawia wyniki analizy ABC/XYZ. Najliczniejszą grupą pod względem ilości pozycji była grupa ZC. Produkty grupy ZC stanowiły niski udział w obrocie i charakteryzowały się niską dokładnością prognozy – zaleca się produkty wyeliminować z tej grupy. Natomiast klasa AX przedstawiała produkty, które miały wysoki udział w obrocie oraz wysoką dokładność prognozy. Części samochodowe tej marki miały istotny wpływ na wyniki finansowe przedsiębiorstwa, dlatego zaleca się zwrócić na nie szczególną uwagę.

Tabela 9. Analiza ABC/XYZ

Grupy	A	B	C
X	P12, P1	P10	-
Y	-	P3	-
Z	-	P18, P8, P6	P13, P9, P20, P2, P11, P4, P17, P24, P5, P21, P23, P27, P15, P7, P14, P22, P25, P16, P26, P19

Podsumowanie

Dla przedsiębiorstw produkcyjnych, handlowych czy usługowych zarządzanie logistyczne wpływa na realizację głównych celów przedsiębiorstwa. Jednym z nich jest osiągnięcie wysokiego poziomu obsługi klienta, co wpływa na wzrost zadowolenia klientów¹¹. Dzięki temu łatwo można nawiązać relacje biznesowe. Dystrybucja stanowi jeden z najważniejszych obszarów w łańcuchu logistycznym. Odpowiednie kanały dystrybucyjne pozwalają dostarczyć gotowy wyrób bądź usługę obecnym i potencjalnym klientom.

Minimalizowanie zapasu przy jednocześnie wysokiej obsłudze klienta stanowi wyzwanie dla wielu przedsiębiorstw. Zapas stanowi część nieobrotową kapitału, dlatego powstała reguła Just in Time, której głównym założeniem jest eliminowanie magazynowania. Analizy ABC/XYZ przyczyniają się do polepszenia jakości oferowanych usług. Umiejętność analizy pozycji asortymentowych wpływa na prawidłowe zarządzanie przedsiębiorstwem.

Celem prezentowanej pracy była analiza ABC/XYZ, dla przedsiębiorstwa zajmującego się dystrybucją części zamiennych. Analizie poddane były 27 marek samochodów, w grupie AX znajdowały się części samochodowe marki volkswagen oraz audi. Są to części, które generują największy udział w obrocie oraz prognoza dla tych pozycji jest najbardziej dokładna.

Zaletą aplikacji komputerowych tworzonych o założenia metodyczne aspekty analizy ABC/XYZ jest szybkość i łatwością obsługi, obecnie również powszechna dostępność, jednak ze względów poznawczych warto poddawać wnikliwej analizie założenie wejściowe na bazie który powstają informatyczne narzędzia wspomagające zarządzanie w sektorze TSL. Pozwala to uzyskać informacje szczegółowe z poszczególnych etapów przeprowadzanej analizy, w efekcie istnieje możliwość wyeliminowania niekorzystnych obszarów zarządzanie przedsiębiorstwem.

¹¹Szeląg-Sikora A., Oleksy-Gębczyk A.: Rola marketingu w stabilizacji rynkowej podmiotów rolnych zrzeszonych w grupie producenckiej, Zarządzanie i Finanse, vol. 11, nr 4, 2013.

Bibliografia

- Gródek-Szostak Z., Szelał-Sikora A., Sikora J., Niemiec M., Stuglik J., Matłok N.: Transport autonomiczny - korzyści dla gospodarki opartej na innowacjach, W: Transport i logistyka w dobie inżynierii mechanicznej : Monografia / Kuboń Maciej (red.), vol. 1, 2020, Wydawnictwo Inżynieria Rolnicza, Kraków, 2020.
- Krzyżaniak S., Niemczyk A., Majewski J., Andrzejczyk P.: Organizacja i monitorowanie procesów magazynowych, Biblioteka Logistyka, Poznań, 2013.
- Kauf S., Tłuczak A.: Logistyczna obsługa klienta, PWN, Warszawa, 2018.
- Krawczyk S.: Metody ilościowe w planowaniu (działalności logistycznej przedsiębiorstwa), C. H. Beck, Warszawa, 2001.
- Krawczyk S. Logistyka, Difin, Warszawa, 2011.
- Pisz I., Sęk T., Zielecki W.: Logistyka w przedsiębiorstwie, PWE, Warszawa, 2013.
- Sikora J., Szelał-Sikora A., Gródek-Szostak Z., Niemiec M., Stuglik J.: Transport optimization in farms with the use of spatial information systems, Agricultural Engineering, Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, vol. 24, nr 4, 2020.
- Szelał-Sikora A., Oleksy-Gębczyk A.: Rola marketingu w stabilizacji rynkowej podmiotów rolnych zrzeszonych w grupie producenckiej, Zarządzanie i Finanse, vol. 11, nr 4, 2013.
- Wieczorek R. Analiza ABC/XYZ – czyli jak zarządzać zapasami i utrzymywać porządek w magazynie. <https://www.conquest.pl/analiza-abcxyz/> (dostęp:12.12.2021)
- Wsparcie systemów informatycznych w analizie ABC/XYZ. <https://gotechologies.pl/analiza-abc-xyz-magazyn/> (dostęp:12.12.2021)
- <https://www.programmagazyn.pl/?s=analiza-abc-oraz-xyz-w-programie-magazynowym> (dostęp: 12.12.2021)

Adres do korespondencji: Anna.Szelag-Sikora@urk.edu.pl
ORCID: Anna Szelał-Sikora 0000-0002-6017-4374
ORCID: Aneta Oleksy-Gębczyk 0000-0001-6185-5932

WIR
WYDAWNICTWO

ISBN 978-83-64377-49-5