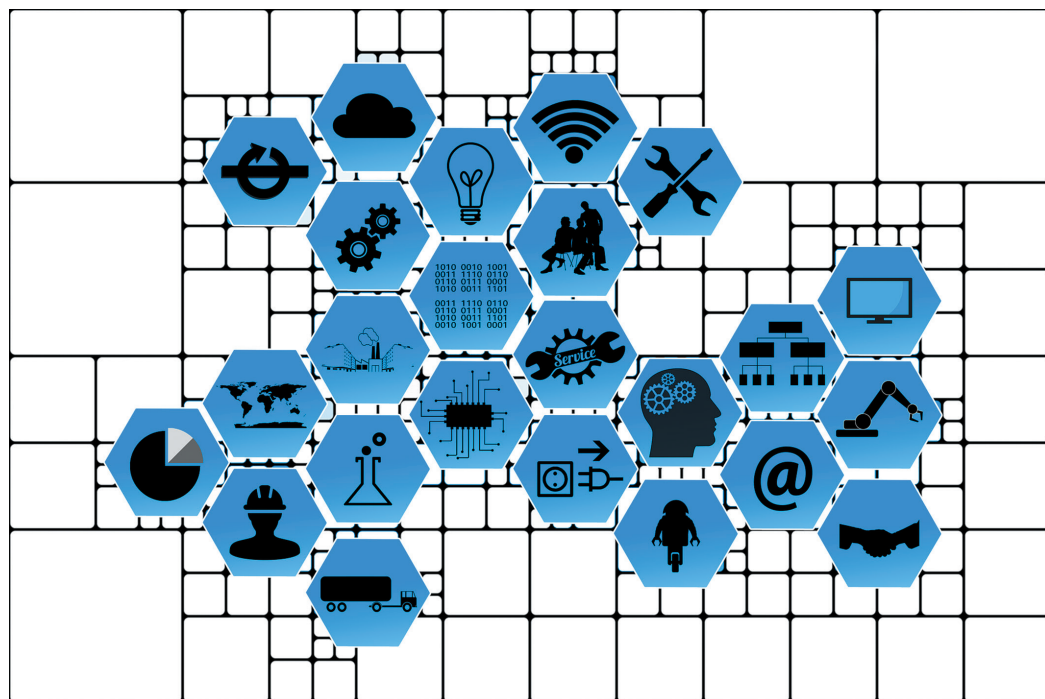


Monografia naukowa



TRANSPORT I LOGISTYKA W DOBIE INŻYNIERII MECHANICZNEJ

Tom II

pod redakcją
prof. dr hab. Macieja Kubonia

Kraków 2023

Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

TRANSPORT I LOGISTYKA W DOBIE INŻYNIERII MECHANICZNEJ

MONOGRAFIA

pod redakcją
prof. dr hab. Macieja Kubonia

Kraków, 2023

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

Korekta i łamanie:
Zbigniew Szpila

Projekt graficzny okładki:
Zbigniew Szpila

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

© Copyright by Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków 2023
Wydanie I

ISBN 978-83-64377-52-5

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. 11,5; ark. Druk. 10,2
Nakład: 100 egz.



Wydawnictwo „INŻYNIERIA ROLNICZA”
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków
<https://agriceng.ptir.org>; e-mail: redakcja@ptir.org

Spis treści

Dudziak A., Osmólska E., Zajac G.: Zastosowanie narzędzi lean manufacturing w przedsiębiorstwach branży automotive	5
Dzieniszewski G., Jasiejko D., Kielbasa P., Kuboń M.: Analiza bezpieczeństwa w procesach transportowych i logistycznych	15
Dzieniszewski G., Sajdak M., Pedryc N.: Wybrane problemy pojazdów elektrycznych i hybrydowych	33
Jakubowski T., Wrona P.: Kontrola temperatury w chłodniczym łańcuchu dostaw .	49
Kielbasa P., Miernik A., Pysz P., Akinsunmade A., Bidas P., Dzieniszewski G.: Ergonomiczna ocena drgań ogólnych wybranych samochodów osobowych z napędem 4x4	57
Lorencowicz E., Materek K., Koszel M., Parafiniuk S.: Organizacja procesu magazynowego a efektywność załadunku towarów – studium przypadku	75
Maj G., Zajac G., Szyszlak-Bargłowicz J., Słowik T., Bazak E., Kuboń M.: Zabezpieczenie ładunku w aspekcie bezpieczeństwa przewozu. Cz. II studium przypadku	89
Nęcka K., Mazurek B.: Pojazdy o napędzie elektrycznym jako wsparcie logistycznych łańcuchów dostaw w przedsiębiorstwie	105
Wrona P., Jakubowski T., Barszcz A.: Normalizacja w systemach zapewnienia jakości żywności	129
Zajac G., Maj G., Słowik T., Szyszlak-Bargłowicz J., Bazak E., Kuboń M.: Zabezpieczenie ładunku w aspekcie bezpieczeństwa przewozu. Cz. I: Narzędzia i metody	143

ZASTOSOWANIE NARZĘDZI LEAN MANUFACTURING W PRZEDSIĘBIORSTWACH BRANŻY AUTOMOTIVE

Agnieszka Dudziak¹, Emilia Osmólska¹, Grzegorz Zając²

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

Wprowadzenie

Ideą koncepcji Lean Management, znanej również jako Lean Manufacturing lub Lean Thinking, jest podejście do zarządzania i organizacji procesów, które ma na celu minimalizację marnotrawstwa (waste) i maksymalizację efektywności. To podejście wywodzi się głównie z japońskiego systemu produkcyjnego, a zwłaszcza z zarządzania w Toyota Production System (TPS).

W artykule opisano istotę Lean Manufacturing oraz najważniejsze metody i techniki. Scharakteryzowano strukturę branży motoryzacyjnej i podkreślono jej szczególne znaczenie w odniesieniu do koncepcji Lean Management. Wykazano, że Lean Management jest międzynarodowym standardem zarządzania produkcją samochodową, a istotą tej koncepcji jest poprawa jakości i rozwój kultury organizacyjnej. Poszczególne narzędzia Lean służą do doskonalenia systemu produkcyjnego, skutkującego eliminacją marnotrawstwa i redukcją kosztów produkcji. Co ważne wraz ze stale rosnącymi oczekiwaniami klientów co do jakości produktów, elastyczności produkcji oraz przede wszystkim dostaw, przedsiębiorcy zmuszeni są brać pod uwagę także aspekty ekologiczne w procesach wytwórczych i administracyjnych. Lean Management (LM) jest jednym z instrumentów zrównoważonego rozwoju, który pozwala na dynamiczną ewolucję firmy w kierunku zgodnym z tymi oczekiwaniami.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie praktycznego zastosowania koncepcji Lean w jednym z przedsiębiorstw produkcyjnych.

Idea koncepcji Lean Management

Obecnie koncepcje Lean Manufacturing oraz Lean Management stają się coraz bardziej popularne także wśród polskich przedsiębiorstw. Organy zarządcze świadomie podejmują decyzje o rozwoju firmy i poszukują pomocy u specjalistów oraz praktyków tej metody. Często to studenci, będący na praktykach bądź stażach, stają się głównymi inicjatorami zmian. Jako osoby niezwiązane z działalnością przedsiębiorstwa obserwują uważnie procesy pro-

dukcyjne i dzięki odpowiedniej wiedzy dostrzegają wiele elementów, które można udoskonalić. Warto podkreślić, że wspomniana koncepcja sprawdza się w każdego typu przedsiębiorstwach¹.

Za pomocą narzędzi i metod Lean można poddać diagnozie oraz usprawnieniu każdy obszar danego biznesu, zarówno w branży produkcyjnej, jak i w usługach. Uzyskanie sprawności procesów logistycznych, wykorzystanie nowoczesnych instrumentów sterowania tymi procesami, optymalizacja działalności i redukcja kosztów logistycznych to niezbędne warunki zachowania pozycji rynkowej oraz zdobycia przewagi konkurencyjnej firmy².

Ponadto w dobie postępującej integracji logistyki i wzbogacania jej o nowe wymiary, takie jak łańcuchy dostaw, na znaczeniu zyskuje problematyka logistyki produkcji. Istotne jest, by funkcjonowanie logistyki oraz przepływu utrzymywać na odpowiednim poziomie sprawności, gwarantującym poprawne realizowanie procesów głównych przy zwiększaniu ich wydajności oraz minimalizowaniu kosztów. Aby sprostać wymaganiom obecnej gospodarki – m.in. masowej kastomizacji – należy stale pracować nad polepszeniem systemu działania przedsiębiorstwa, szczególnie logistyki wewnętrznej.

Do kluczowych zagadnień związanych z problematyką stosowania koncepcji lean management należy zaliczyć szereg działań związanych z poprawą jakości procesów produkcyjnych, do najbardziej newralgicznych zaliczyć należy:

1. Eliminację marnotrawstwa, gdyż lean dąży do identyfikacji i eliminacji wszelkich rodzajów marnotrawstwa w procesach, takich jak nadmierne oczekiwanie, nadmierne zapasy, nadmiar produkcji, niepotrzebne ruchy i przewóz, wady, itp. Eliminacja tych strat ma na celu zwiększenie efektywności i obniżenie kosztów.
2. Kolejnym ważnym elementem jest koncentracja na wartości, ponieważ to wartość jest definiowana jako to, co jest ważne dla klienta. Procesy i działania, które nie dodają wartości, powinny być minimalizowane lub eliminowane.
3. Konsekwencją osiągania wartości jest także ciągłe doskonalenie. Lean Management promuje kulturę ciągłego doskonalenia (*Kaizen*). Pracownicy są zachęceni do ciągłego szukania sposobów na usprawnienie procesów i eliminowanie marnotrawstwa.
4. Ciągły przepływ - Lean stawia na płynność procesów produkcyjnych, co oznacza minimalizację opóźnień i czekania. Produkty lub usługi powinny przemieszczać się przez proces bez przestoju.
5. Wydajność pracowników w ujęciu skutecznego zarządzania zasobami ludzkimi. W Lean zarządzanie jest zaangażowane w rozwijanie umiejętności pracowników i dawanie im odpowiedzialności za doskonalenie procesów.
6. Właściwa ilość produkcji, ponieważ koncepcja lean promuje produkcję tylko na tyle, ile jest potrzebne, aby zaspokoić popyt, unikając nadmiaru zapasów.
7. Jakość jako fundament realizowanych procesów w organizacji, jest kluczowym aspektem Lean Management. Japońskie podejście do jakości zakłada, że każdy pracownik jest odpowiedzialny za jakość swojej pracy.

¹ Palange, A., Dhatrak, P.: Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46, 729-736, 2021.

² Rifqi, Zamma, A., Souda, S. B., Hansali, M.: Lean manufacturing implementation through DMAIC Approach: A case study in the automotive industry. *Quality Innovation Prosperity*, 25(2), 54-77, 2021.

Idea Lean Management jest szeroko stosowana nie tylko w przemyśle, ale także w innych dziedzinach, takich jak usługi, opieka zdrowotna i zarządzanie projektami. Głównym celem jest osiągnięcie doskonałości operacyjnej i dostarczanie wartości klientom przy minimalnym marnotrawstwie zasobów.

Korzyści wynikające ze stosowania koncepcji Lean Management w branży Automotive

Lean Management jako metodyka zarządzania przynosi znaczne korzyści dla przedsiębiorstw, m.in. wzrost wydajności i efektywności pracy, redukcję przestojów w cyklu produkcyjnym, minimalizację kosztów produkcji. Ułatwia także zarządzanie produkcją, zwiększa poziom motywacji pracowników oraz powoduje wzrost jakości produktów i usług.

Zastosowanie Lean Management w branży motoryzacyjnej przynosi wiele korzyści, które wpływają na efektywność operacyjną, konkurencyjność i jakość produktów³. Do największych korzyści wynikających z wdrożenia Lean w branży motoryzacyjnej zaliczymy: obniżenie kosztów produkcji, co pozwala na wprowadzenie konkurencyjnych cen i większą rentowność; poprawa jakości produktów poprzez eliminację błędów, nadzór nad jakością na każdym etapie produkcji i skupienie na jakości jako priorytecie; skrócenie czasu dostarczania produktu; ciągłe doskonalenie; zwiększenie elastyczności produkcji, gdyż branża motoryzacyjna musi dostosowywać się do zmieniających się trendów rynkowych i zmiennej produkcji. Lean pozwala na większą elastyczność i zdolność dostosowania produkcji do zmieniających się warunków⁴.

Ponadto ważne jest, że organizacja ma szansę na optymalne zarządzanie zapasami, gdyż koncepcja Lean Management pomaga w minimalizacji zapasów i obniżeniu kosztów magazynowania oraz znaczący wzrost efektywności wykorzystania zasobów. W kontekście interesariuszy istotna wydaje się być poprawa relacji z dostawcami oraz zmniejszenie wad i kosztów poprawek, dzięki skupieniu na jakości i eliminacji błędów, organizacje w branży motoryzacyjnej mogą zmniejszyć koszty związane z naprawami i poprawkami. Wdrażanie Lean pomaga organizacjom dostarczać wartość klientom poprzez eliminację marnotrawstwa i koncentrację na tym, co jest ważne z perspektywy klienta.

Te korzyści sprawiają, że Lean Management jest niezwykle atrakcyjne dla producentów samochodów i dostawców w branży motoryzacyjnej, ponieważ pomaga ono dostosować się do rygorystycznych wymagań rynkowych i podnieść jakość oraz efektywność operacyjną.

Narzędzie Lean Management stosuje się w organizacjach z różnych branż i sektorów, aby osiągnąć wiele korzyści, najważniejsze z nich zostały przedstawione w tabeli 1.

³ Almahdy, I., Kholil, M., Haekal, J., Firmansyah, A., & Rukmayadi, D.: Implementation of Lean Manufacturing to Reduce Waste in the Maintenance Section in National Automotive Sub Companies of Indonesia. *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology (ijerat)*(E-ISSN 2454-6135) DOI: 10.31695/IJERAT, 7(9), 5-12, 2021.

⁴ Leksic, I., Stefanic, N., & Veza, I.: The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. *Advances in Production Engineering & Management*, 15(1), 2020.

Tabela 1. Korzyści z zastosowania koncepcji Lean management w organizacji

Rodzaj korzyści Lean management	Charakterystyka korzyści
Zwiększenie efektywności	Lean Management pomaga w identyfikacji i eliminacji marnotrawstwa w procesach, co prowadzi do zwiększenia efektywności operacyjnej. Poprzez minimalizację strat i optymalizację procesów, organizacje mogą wykorzystywać swoje zasoby bardziej efektywnie.
Poprawa jakości	Lean kładzie nacisk na jakość jako fundament, co prowadzi do redukcji wad i błędów. Dzięki standaryzacji procesów i ciągłemu doskonaleniu, organizacje mogą dostarczać produkty lub usługi o wyższej jakości.
Obniżenie kosztów	Eliminacja marnotrawstwa i optymalizacja procesów pomaga organizacjom obniżyć koszty produkcji, magazynowania i zarządzania zapasami. Długofalowo może to prowadzić do znaczących oszczędności.
Skrócenie czasu dostarczania produktów lub usług	Dzięki ciągłemu przepływowi pracy i minimalizacji przestojów organizacje mogą dostarczać produkty lub usługi klientom szybciej, co może przynieść przewagę konkurencyjną.
Zwiększenie zaangażowania pracowników	Lean Management angażuje pracowników w doskonalenie procesów, co może prowadzić do większej satysfakcji z pracy i zaangażowania w osiąganie celów organizacji.
Zwiększenie konkurencyjności	Poprzez optymalizację operacji, dostarczanie wartości klientom i ciągłe doskonalenie, organizacje stają się bardziej konkurencyjne na rynku.
Dostarczanie wartości klientom	Koncepcja Lean Management skupia się na dostarczaniu wartości klientom poprzez minimalizację marnotrawstwa i koncentrację na tym, co jest ważne z perspektywy klienta.
Zwiększenie elastyczności i adaptacyjności:	Lean Management pomaga organizacjom być bardziej elastycznymi i dostosować się do zmieniających się warunków rynkowych i potrzeb klientów.
Ułatwienie zarządzania procesami	Narzędzia i techniki Lean Management, takie jak tablice KANBAN, pomagają w wizualizacji i monitorowaniu procesów, co ułatwia zarządzanie nimi.
Poprawa relacji z dostawcami	Zasady Lean można stosować nie tylko wewnętrznie w organizacji, ale także w relacjach z dostawcami, co może przynieść korzyści w postaci lepszego zarządzania łańcuchem dostaw.

Źródło: Kuźniarek, M. Zastosowanie i korzyści wynikające z wdrożenia Lean Management w przedsiębiorstwie XYZ. *Przedsiębiorczość i Zarządzanie*, 24(1), 131-145, 2023; Leksic, I., Stefanic, N., & Veza, I.: *The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. Advances in Production Engineering & Management*, 15(1), 2020; Rifqi, H., Zamma, A., Souda, S. B., & Hansali, M. : *Lean manufacturing implementation through DMAIC Approach: A case study in the automotive industry. Quality Innovation Prosperity*, 25(2), 54-77, 2021.

Ogólnie rzecz biorąc, Lean Management jest używane do usprawnienia procesów, obniżenia kosztów, zwiększenia jakości i dostarczania wartości klientom, co przyczynia się do sukcesu organizacji w dzisiejszym konkurencyjnym środowisku biznesowym.

Lean management w branży Automotive

Branża motoryzacyjna (*Automotive*) jest jednym z sektorów, w którym Lean Management znalazło szerokie zastosowanie i odegrało kluczową rolę w transformacji procesów produkcyjnych i operacyjnych. Istnieje wiele powodów, dla których Lean Management jest szczególnie ważne i skuteczne w branży motoryzacyjnej⁵. Do najważniejszych można zaliczyć redukcja kosztów wytwarzania. Branża motoryzacyjna jest znana ze swoich wysoce konkurencyjnych rynków, co wymaga stałego dążenia do obniżenia kosztów produkcji. Lean Management pomaga eliminować marnotrawstwo, optymalizować procesy i obniżać koszty, co jest kluczowe dla utrzymania rentowności⁶.

W przypadku wcześniej opisywanej poprawy jakości, w branży motoryzacyjnej jakość jest priorytetem, ponieważ wady lub usterki mogą prowadzić do poważnych problemów bezpieczeństwa i utraty zaufania klientów^{7,8}. Lean Management pomaga w eliminacji błędów i podniesieniu jakości produktów. Istotną kwestią, ważną z punktu widzenia producentów samochodów i dostawców komponentów jest, aby dostarczać produkty na czas, aby uniknąć opóźnień w produkcji samochodów⁹. Lean Management pomaga w skróceniu czasu dostarczania poprzez zoptymalizowanie procesów i minimalizację przestojów. Ponadto branża motoryzacyjna często generuje skomplikowane procesy produkcyjne i duże ilości danych. Lean Management pomaga w usprawnieniu tych procesów, eliminacji niepotrzebnych działań i minimalizacji opóźnień.

Branża motoryzacyjna musi dostosować się do zmieniających się trendów i preferencji klientów. Lean Management pomaga organizacjom być bardziej elastycznymi i dostosowywać się do zmieniających się warunków rynkowych. W rezultacie, Lean Management jest niezwykle istotne w branży motoryzacyjnej, pomagając producentom samochodów i dostawcom osiągać wyższą wydajność, obniżać koszty, podnosić jakość i dostarczać produkty klientom na czas. To podejście pozwala branży motoryzacyjnej dostosować się do dynamicznych wyzwań rynkowych i utrzymać konkurencyjność.

⁵ Singh, J., & Singh, H.: Application of lean manufacturing in automotive manufacturing unit. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(1), 171-210, 2020.

⁶ Sadiq, S., Amjad, M. S., Rafique, M. Z., Hussain, S., Yasmeen, U., & Khan, M. A.: An integrated framework for lean manufacturing in relation with blue ocean manufacturing-A case study. *Journal of cleaner production*, 279, 2021.

⁷ Bucko, M., Schindlerova, V., & Sajdlerova, I.: Application of lean manufacturing methods to streamline the welding line. *Manufacturing technology*, 20(2), 143-151, 2020.

⁸ Gaspar, F., & Leal, F.: A methodology for applying the shop floor management method for sustaining lean manufacturing tools and philosophies: A study of an automotive company in Brazil. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(6), 1219-1238, 2020.

⁹ Rosa, C., Silva, F., Pinto Ferreira, L., & Sá, J. C.: Lean Manufacturing applied to the production and assembly lines of complex automotive parts. *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges*, (Chapter 09), 189-224, 2019.

Zagrożenia Lean w branży motoryzacyjnej

Mimo że Lean Management przynosi wiele korzyści w branży motoryzacyjnej, istnieją także pewne potencjalne zagrożenia i wyzwania związane z jego wdrożeniem¹⁰. Oto niektóre z głównych zagrożeń:

1. Nadmierna konsolidacja dostawców - Wdrażanie Lean może prowadzić do większego nacisku na obniżenie kosztów przez dostawców, co może zagrażać ich stabilności finansowej i zdolności do utrzymania jakości dostaw.
2. Niedostosowanie do zmian rynkowych - Lean zakłada stabilność procesów, co może sprawić, że organizacje będą mniej elastyczne w dostosowywaniu się do nagłych zmian na rynku, takich jak zmienne trendy w branży motoryzacyjnej.
3. Brak zaangażowania pracowników - Brak zaangażowania pracowników w wdrożenie Lean Management lub nadmierne naciskanie na oszczędności kosztów może prowadzić do frustracji i oporu pracowników, co z kolei może wpłynąć na wydajność.
4. Niemożliwość zrozumienia klienta - Skoncentrowanie się na efektywności operacyjnej może spowodować, że organizacje stracą z oczu potrzeby i oczekiwania klientów, co może prowadzić do utraty konkurencyjności.
5. Nadmierne skupienie na krótkoterminowych celach - Wdrażanie Lean może prowadzić do nadmiernego skupienia na oszczędnościach kosztów i krótkoterminowych celach, co może zaszkodzić zdolności organizacji do inwestowania w innowacje i rozwój długoterminowy.
6. Brak standaryzacji - Nadmierna standaryzacja procesów może utrudniać dostosowywanie się do różnych warunków w różnych rynkach globalnych.
7. Brak kompleksowego podejścia - Niektóre organizacje mogą popełnić błąd, skupiając się tylko na jednym aspekcie Lean, takim jak redukcja kosztów, i pomijając inne istotne elementy, takie jak jakość, dostarczanie wartości klientom i zaangażowanie pracowników.
8. Wprowadzenie Lean na siłę - Wdrożenie Lean Management wymaga czasu i starannego planowania. Wprowadzenie go na siłę bez odpowiedniego przygotowania może zakończyć się niepowodzeniem.
9. Brak wsparcia ze strony zarządu - Wdrożenie Lean Management wymaga zaangażowania i wsparcia ze strony kierownictwa. Brak tego wsparcia może zagrażać sukcesowi inicjatywy Lean.
10. Problemy z zachowaniem ciągłości w zarządzaniu - Wdrażanie Lean Management wymaga stałego zaangażowania i monitorowania. Jeśli organizacja nie będzie kontynuować praktyk Lean, to może stracić osiągnięte korzyści.

Do zasadniczych zagrożeń, jakie związane są z wdrożeniem lean management należy zaliczyć przekształcenie się koncepcji w prostą racjonalizację – z groźbą obniżenia płynności, spadku jakości i tendencją zaniedbywania klientów, stres pracowników i obniżenie motywacji, powierzchowność wprowadzonej redukcji personelu oraz zwiększenie zapotrzebowanie

¹⁰ Rother, E., & Baboli, A.: Lean Manager in the Factory of the Future: Case study in automotive industry. In 2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), pp. 218-224, 2019.

na siły fachowe i przy tym zaniedbywanie problemów personelu o niższych kwalifikacjach^{11,12,13}. Zagrożenia te płyną przede wszystkim z niewłaściwego podejścia do implementacji koncepcji lean management.

Aby uniknąć tych zagrożeń, organizacje w branży motoryzacyjnej muszą starannie planować i zarządzać procesem wdrażania Lean oraz regularnie monitorować jego skutki, dbając o zaangażowanie pracowników i utrzymanie równowagi między krótko- a długoterminowymi celami.

Praktyka zastosowania narzędzia Lean Manufacturing w branży Automotive

Metoda analizy przypadku umożliwia badaczom utrzymanie kompleksowej i znaczącej charakterystyki realnych wydarzeń. Jedną z ciekawych analiz przypadku przedstawiono w firmie zlokalizowanej w Malezji¹⁴. Wybór tej firmy był podyktowany jej osiągnięciami oraz przyznaniem grantu Malaysia Japan Automotive Industries Cooperation (MAJAICO) w 2007 roku. MAJAICO to pięcioletni projekt realizowany w latach 2006–2011. Projekt ten został zainicjowany w ramach Malaysia Japan Economic Partnership, mający na celu rozwój i ulepszenie malezyjskiego przemysłu motoryzacyjnego, aby uczynić go bardziej konkurencyjnym na rynku motoryzacyjnym. Kluczową funkcją MAJAICO było wdrażanie działań ciągłego doskonalenia w firmie produkcyjnej, głównie poprzez implementację Lean Manufacturing.

Przed wprowadzeniem jakichkolwiek zasad przeprowadzono wywiad z menedżerami ds. bezpieczeństwa, środowiska i jakości, a także z asystentem kierownika Toyota Production System and Skill Development. Wywiad ten oparty był na częściowo zorganizowanych i otwartych kwestionariuszach. Respondenci byli zachęceni do wyjaśnienia, dlaczego linia produkcyjna funkcjonuje w określony sposób. Kwestionariusze, zarówno częściowo zorganizowane, jak i otwarte, zostały wykorzystane do uzyskania wglądu w status implementacji Lean Manufacturing w badanej firmie.

Nazwa analizowanej firmy została zmieniona na MJ SDN.BHD w celu ochrony poufności. Firma została założona 3 kwietnia 1980 r. i rozpoczęła produkcję 1 lipca 1983 r. Posiada dwie jednostki produkcyjne: Thermal Systems Unit oraz Electronics Unit. W Thermal Systems Unit znajdują się trzy działy: klimatyzacja, systemy chłodzenia oraz dział wycieraczek i silników, w którym wytwarzanych jest dziewięć różnych produktów. W Electronics Unit

¹¹ Piasecka-Głuszak, A.: Korzyści z wdrożenia Lean management w polskich przedsiębiorstwach w dobie kryzysu – wyniki badań ankietowych, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, nr 315, 101, 2013.

¹² Rosa, C., Silva, F., Pinto Ferreira, L., & Sá, J. C.: Lean Manufacturing applied to the production and assembly lines of complex automotive parts. Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges, (Chapter 09), 189-224, 2019.

¹³ Rother, E., & Baboli, A.: Lean Manager in the Factory of the Future: Case study in automotive industry. In 2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), 218-224, 2019.

¹⁴ Muslimen, R., Yusof, S. M., & Abidin, A. Z.: Lean manufacturing implementation in Malaysian automotive components manufacturer: A case study. In Proceedings of the world congress on Engineering, 1(1), 6-8, 2011.

firma posiada cztery działy: Systemy przemysłowe, elektronika, elektronika nadwozia i Engine Control Division, gdzie produkowane są cztery różne produkty.

Obecnie firma zatrudnia 1200 pracowników. Specjalizuje się w produkcji zaawansowanych technologicznie komponentów motoryzacyjnych. Badana firma pełni kluczową rolę jako główny dostawca komponentów dla krajowych producentów samochodów w Malezji. Jej głównymi klientami są Toyota, spółki z grupy Perodua, Honda, Proton i inne.

Implementacja Lean Manufacturing w tej firmie rozpoczęła się w 1996 roku, kiedy to koncepcja lean była jeszcze nowa, a wiedza na jej temat była na niskim poziomie. W 2002 roku prezes firmy z siedzibą główną w Japonii zainicjował działania w zakresie lean manufacturing, przydzielając pięciu pełnoetatowych członków zespołu do tego zadania. Na wczesnym etapie wdrożenia lean manufacturing przyjęto podejście projektowe, koncentrując się na małej skali, gdzie głównym celem było wprowadzenie rozwiązania problemu na ograniczonym obszarze.

W trakcie projektu kilku japońskich ekspertów z centrali w Japonii dzieliło się swoją wiedzą na temat wdrażania lean manufacturing z członkami zespołu. To pozwoliło na wyłonienie jednej linii modelowej, wybierając obszary skupiające się na małym obszarze, obszarze wąskiego gardła i obszarze dostawy. Przed uruchomieniem produkcji przygotowano buforowy zapas gotowy na ewentualne niedobory produktów podczas implementacji koncepcji Lean.

Zgodnie z podstawowym podejściem projektowym firmy, implementacja lean manufacturing skupiała się głównie na redukcji poziomu zapasów. W ramach tego podejścia poziom zapasów był przedstawiany jako poziom wody w rzece. Redukcja zapasów oznaczała zatem obniżenie poziomu wody w rzece, co jednocześnie uwidaczniało inne marnotrawstwa ukrywające się na niższym poziomie. Te dodatkowe marnotrawstwa obejmowały nadmierną produkcję, czasy oczekiwania, nadmierne przemieszczanie, nadmierne przetwarzanie, nadmierny ruch i wadliwe produkty.

W podejściu opartym na projekcie, firma systematycznie doskonaliła wybraną linię modelową. Ten nieustanny wysiłek doskonalenia kontynuowano aż do osiągnięcia znaczącej poprawy i osiągnięcia stabilnego stanu. Całkowity czas trwania projektu wdrożenia Lean Manufacturing (LM) w tej firmie wynosił od trzech do sześciu miesięcy. Po zakończeniu projektu, firma planowała kontynuować kolejne inicjatywy LM w innych obszarach, stosując to samo podejście.

To podejście i kierunek we wdrażaniu LM było zgodne z tradycyjnym podejściem Toyoty, która zawsze rozpoczynała od linii modelowej. Toyota udzieliła wsparcia swoim wewnętrznym dostawcom w implementacji Toyota Production System (TPS) za pośrednictwem grupy konsultingowej ds. Management Consulting Group, kierowanej przez Taiichi Ohno. Jednakże, w odniesieniu do tej firmy, zdecydowano się nie korzystać z zewnętrznych konsultantów. Firma polegała wyłącznie na wewnętrznym konsultancie z własnych spółek i wyszkolonych pracownikach, którzy przeszli szkolenie w Japonii. Dodatkowo, korzystano z własnych zasobów do wdrożenia narzędzi i technik Lean Manufacturing. W przypadku tego studium przypadku, firma dokonała podstawowej implementacji LM, kierując się zdrowym rozsądkiem i dostosowując ją do swojego środowiska oraz specyficznych potrzeb.

Główne wyzwania, które firmy często napotykają podczas próby wdrożenia Lean, obejmują brak określonego kierunku, niedostateczne planowanie oraz brak właściwej sekwencji projektów. Jednak w przypadku analizowanej firmy, te trudności zostały z sukcesem przezwyciężone.

ciężone. Firma miała wyznaczony jasny kierunek przez najwyższe kierownictwo, skrupulatnie zaplanowany proces oraz długoterminowy projekt implementacji Lean Manufacturing (LM).

Przyszła praca firmy będzie koncentrować się na prezentacji kolejnych etapów podejścia do wdrażania LM, skupiając się na utrzymaniu oszczędnej produkcji. Osiągnięte rezultaty w zakresie określonego kierunku, planowania i realizacji długoterminowych projektów stanowią solidną podstawę dla dalszego rozwijania efektywności produkcji zgodnie z zasadami Lean.

Podsumowanie

System produkcyjny działa w określonym otoczeniu, które wywiera na niego wpływ. Musi on sprostać wyzwaniom rynku dotyczącym wzrostu wymagań związanych z różnorodnością typów produkowanych wyrobów przy zmiennym zapotrzebowaniu na te wyroby oraz presji na obniżenie kosztów produkcji, ale także poprawę jakości wyrobów. Wymagania te stały się realne głównie dzięki stosowaniu zaawansowanych technik informatycznych umożliwiających integrację procesów wykonywanych w systemach produkcyjnych, co prowadzi do automatyzacji procesów wytwórczych.

Lean Management jako instrument zrównoważonego rozwoju, będącego wynikiem świadomości realnego zagrożenia wyczerpania zasobów naturalnych, stanowi także sposób na zwiększenie efektywności produkcji przy jednoczesnym zmniejszeniu kosztów funkcjonowania firmy. W koncepcji „uszczuplonego” zarządzania istotnymi czynnikami są wysoce zaawansowana integracja procesów, płaska struktura organizacji ograniczająca formalizację, partnerskie relacje z dostawcami oparte o wieloletnie umowy, upodmiotowienie ludzi będących częściami struktury firmy oraz zaangażowanie klientów w działania związane z wytwarzaniem i wprowadzaniem innowacji. Toyota Motors Company była pierwszym przedsiębiorstwem, które wdrażało idee Lean Management już w latach dwudziestych ubiegłego wieku. Opracowanie zasad „Just-in-Time”, „Jidoka” czy innych narzędzi wykorzystywanych przy zarządzaniu produkcją umożliwiają ciągły rozwój i silną pozycję firmy na rynku. Bez wątpienia wprowadzenie dobrych praktyk filozofii Lean to wzór dla współczesnych firm motoryzacyjnych, ale także tych z innych branż przemysłu. Dlatego dalsza popularyzacja Lean Management w innych sektorach gospodarki przyczynić się może m.in. do dynamicznego rozwoju całej gospodarki, zgodnego z filozofią rozwoju zrównoważonego, zapewniającego tym samym lepsze zaspokajania potrzeb obecnych, jak i przyszłych pokoleń.

Bibliografia

- Almahdy, I., Kholil, M., Haekal, J., Firmansyah, A., & Rukmayadi, D.: Implementation of Lean Manufacturing to Reduce Waste in the Maintenance Section in National Automotive Sub Companies of Indonesia. *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology (ijerat)*(E-ISSN 2454-6135) DOI: 10.31695/IJERAT, 7(9), 5-12, 2021.
- Bucko, M., Schindlerova, V., & Sajdlerova, I.: Application of lean manufacturing methods to streamline the welding line. *Manufacturing technology*, 20(2), 143-151, 2020.

- Gaspar, F., & Leal, F.: A methodology for applying the shop floor management method for sustaining lean manufacturing tools and philosophies: A study of an automotive company in Brazil. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(6), 1219-1238, 2020.
- Kamble, S., Gunasekaran, A., & Dhone, N. C.: Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies. *International journal of production research*, 58(5), 1319-1337, 2020.
- Kumar, N., Hasan, S. S., Srivastava, K., Akhtar, R., Yadav, R. K., & Choubey, V. K.: Lean manufacturing techniques and its implementation: A review. *Materials Today: Proceedings*, 64, 1188-1192, 2022.
- Kuźniarek, M.: Zastosowanie i korzyści wynikające z wdrożenia Lean Management w przedsiębiorstwie XYZ. *Przedsiębiorczość i Zarządzanie*, 24(1), 131-145, 2023.
- Leksic, I., Stefanic, N., & Veza, I.: The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. *Advances in Production Engineering & Management*, 15(1), 2020.
- Muslimen, R., Yusof, S. M., & Abidin, A. Z.: Lean manufacturing implementation in Malaysian automotive components manufacturer: A case study. In *Proceedings of the world congress on Engineering*, 1(1), 6-8, 2021.
- Palange, A., & Dhatrak, P.: Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46, 729-736, 2021.
- Piasecka-Głuszak, A.: Korzyści z wdrożenia Lean management w polskich przedsiębiorstwach w dobie kryzysu – wyniki badań ankietowych, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, 315, 101, 2013.
- Rifqi, H., Zamma, A., Souda, S. B., & Hansali, M.: Lean manufacturing implementation through DMAIC Approach: A case study in the automotive industry. *Quality Innovation Prosperity*, 25(2), 54-77, 2021.
- Rosa, C., Silva, F., Pinto Ferreira, L., & Sá, J. C.: Lean Manufacturing applied to the production and assembly lines of complex automotive parts. *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges*, (Chapter 09), 189-224, 2019.
- Rother, E., & Baboli, A.: Lean Manager in the Factory of the Future: Case study in automotive industry. In *2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 218-224, 2019.
- Sadiq, S., Amjad, M. S., Rafique, M. Z., Hussain, S., Yasmeen, U., & Khan, M. A.: An integrated framework for lean manufacturing in relation with blue ocean manufacturing-A case study. *Journal of cleaner production*, 279, 123, 2021.
- Singh, J., & Singh, H.: Application of lean manufacturing in automotive manufacturing unit. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(1), 171-210, 2021.

Autor do korespondencji: emilia.osmolska@up.lublin.pl

ORCID: Agnieszka Dudziak 0000-0002-4884-5403

ORCID: Emilia Osmólska 0000-0001-9001-6011

ORCID: Grzegorz Zajac 0000-0002-9025-4551

ANALIZA BEZPIECZEŃSTWA W PROCESACH TRANSPORTOWYCH I LOGISTYCZNYCH

Grzegorz Dzieniszewski^{1,2}, Damian Jasiejko¹, Paweł Kielbasa³, Maciej Kuboń^{1,4}

¹ Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu

² Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Rzeszowska

³ Katedra Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

⁴ Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wprowadzenie

Bezpieczeństwo w procesach transportowych i logistycznych jest zdeterminowane przez zarządzanie logistyczne i wynikającą z niego presję czasu oraz przez unormowania prawne dotyczące transportu.

Najważniejszymi aktami prawnymi dotyczącymi czasu pracy kierowców w transporcie drogowym są: ustawa z 16 kwietnia 2004 r. o czasie pracy kierowców, która zastąpiła ustawę z 24 sierpnia 2001 r. o czasie pracy kierowców; Rozporządzenie (WE) nr 561/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie harmonizacji niektórych przepisów socjalnych odnoszących się do transportu drogowego; Umowa Europejska dotycząca pracy załóg pojazdów wykonujących międzynarodowe przewozy drogowe (AETR), sporządzona w Genewie dnia 1 lipca 1970 r., a ratyfikowana przez Polskę dnia 30 sierpnia 1999 r.; oraz Kodeks pracy, który w zakresie nieuregulowanym ustawą o czasie pracy kierowców, również określa kwestie czasu pracy kierowców.¹

W Polsce, jak i w innych krajach Unii Europejskiej, funkcjonuje wiele dodatkowych regulacji prawnych, które określają, ile czasu kierowca wykonujący przewóz zarobkowy może pracować jako kierowca i jak długo może pracować przy innych czynnościach, np. załadunku.²

Istotą podjęcia tematu, zarazem głównym celem niniejszych analiz, jest przeanalizowanie funkcjonowania badanych firm transportowych w aspekcie bezpieczeństwa w transporcie.

¹ Paluch S.: Czas pracy kierowców w Polsce i UE, SPH Credo, Piła, 2013.

² Nowak P., Kowalczyk M.: Regulacje prawne dotyczące czasu pracy kierowców w transporcie drogowym w Polsce, Studia Prawa Transportowego, 2019.

Stan bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce

Bezpieczeństwo ruchu drogowego stanowi ważny aspekt mobilności społeczeństwa. Obecnie transport drogowy często kojarzy się z zagrożeniami, a największa liczba wypadków w stosunku do innych gałęzi transportu ma miejsce właśnie na drogach. Choć statystyki związane z wypadkami drogowymi oraz ich skutkami wskazują na poprawę stanu bezpieczeństwa, wciąż pozostaje on niezadowolający. Według danych opublikowanych przez Komisję Europejską, w 2016 roku średni poziom zagrożenia w UE wynosił 5,0 zabitych na 100 tys. mieszkańców, natomiast w Polsce – 7,9 zabitych na 100 tys. mieszkańców. Oznacza to, że Polska, obok Litwy, Rumunii i Bułgarii, charakteryzuje się jednym z najniższych poziomów bezpieczeństwa w ruchu drogowym.³

Aby zmniejszyć liczbę wypadków drogowych i poprawić poziom bezpieczeństwa, konieczne jest podjęcie działań zmierzających do identyfikacji czynników zagrożenia w ruchu drogowym i dążenie do ich ograniczania.⁴ Człowiek jest najważniejszym czynnikiem wpływającym na stan bezpieczeństwa w ruchu drogowym, ponieważ to zachowania poszczególnych grup użytkowników dróg przyczyniają się w największym stopniu do powstawania różnego rodzaju zdarzeń drogowych, takich jak katastrofy, wypadki czy kolizje.⁵ Ponadto, istotny wpływ na stan bezpieczeństwa mają również stan techniczny infrastruktury drogowej i pojazdów, warunki atmosferyczne, oświetlenie jezdni, natężenie ruchu oraz oznakowanie drogi.⁶

Wszelkie działania na rzecz systematycznego zmniejszania liczby wypadków drogowych są niezbędne, biorąc pod uwagę skutki zdarzeń drogowych, które mogą dotknąć wiele dziedzin życia osobistego, społecznego oraz ekonomicznego.

Tabela nr 1 przedstawia liczbę wypadków drogowych według pojazdu sprawcy w 2021 roku.

W 2021 roku największą grupę sprawców wśród kierujących pojazdami stanowili kierowcy samochodów osobowych, którzy odpowiadali za 73,1% wszystkich sprawców wypadków drogowych. Liczba wypadków drogowych spowodowanych przez nich wyniosła 15 066, w których zginęło 1 370 osób, a 18 302 osoby odniosły obrażenia.⁷

Kierowcy samochodów ciężarowych o dopuszczalnej masie całkowitej (DMC) do 3,5t stanowili 6,3% sprawców wypadków drogowych. Wypadki spowodowane przez nich sięgnęły liczby 1 292, w których zginęło 141 osób, a 1 544 osoby odniosły obrażenia. Natomiast kierowcy samochodów ciężarowych o DMC powyżej 3,5t stanowili 3,3% sprawców wypadków drogowych. Ich wypadki liczyły 685, w których zginęło 103 osoby, a 751 osoby odniosły obrażenia.

³ Pałęga M.: Bezpieczeństwo ruchu drogowego w Polsce w świetle wypadków drogowych i ich skutków, Autobusy 12, 2017.

⁴ Prasolek Ł.: Czas pracy kierowców, C.H. Beck, Warszawa, 2013.

⁵ Staniewska E., Nonas B.: Wypadki drogowe i ich skutki w aspekcie bezpieczeństwa na polskich drogach, Gospodarka Materiałowa i Logistyka 5, 2015.

⁶ Jamroz K., Smolarek L.: Analiza wpływu zmęczenia kierowców na ryzyko na drogach krajowych, Drogownictwo 4, 2012.

⁷ Komenda Główna Policji, Warszawa, 2022.

Tabela 1. Wypadki drogowe według pojazdu sprawcy

Pojazd sprawcy		Wypadki	%	Zabici	%	Ranni	%
Samochód osobowy		15 066	73,1	1 370	71,8	18 302	75,3
Rower		1 221	5,9	76	4,0	1 198	4,9
Motorower		402	1,9	35	1,8	393	1,6
Motocykl		694	3,4	115	6,0	658	2,7
Motocykli o poj. do 125 cm ³		176	0,9	15	0,8	181	0,7
Autobus	komunikacji publicznej	215	1,0	4	0,2	260	1,1
	inny	67	0,3	13	0,7	161	0,7
Samochód ciężarowy	o DMC do 3,5 t	1 292	6,3	141	7,4	1 544	6,4
	o DMC powyżej 3,5 t	685	3,3	103	5,4	751	3,1
Ciągnik rolniczy		109	0,5	15	0,8	126	0,5
Czterokołowiec		41	0,2	6	0,3	41	0,2
Czterokołowiec lekki		28	0,1	3	0,2	28	0,1
Tramwaj, trolejbus		36	0,2	0	-	42	0,2
Inny pojazd		206	1,0	7	0,4	220	0,9
Pojazd nieustalony		385	1,9	6	0,3	402	1,7

Źródło: Raport KGP: Wypadki drogowe w Polsce w 2021 roku

Analiza ryzyka wynikającego z naruszania przepisów

Naruszanie przepisów prawa transportowego przez kierowców zawodowych stwarza wiele zagrożeń dla bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Kierowcy, którzy przekraczają dopuszczalny czas pracy, mogą być bardziej narażeni na zmęczenie, co wpływa na ich zdolność do skutecznej reakcji w przypadku nagłych sytuacji na drodze.⁸ Zmęczenie kierowcy jest jednym z najpoważniejszych zagrożeń związanych z nieprzestrzeganiem przepisów o czasie pracy kierowców. Kierowcy zawodowi spędzają dużo czasu za kierownicą, co naraża ich na zmęczenie fizyczne i psychiczne. Wpływa to zdolność do koncentracji, reakcji i podejmowania trafnych decyzji na drodze.⁹

Nieprzestrzeganie przepisów o czasie pracy kierowców może prowadzić do nadmiernego wydłużania czasu pracy za kierownicą, co w konsekwencji może doprowadzić do poważnego zmęczenia kierowcy. Zmęczony kierowca ma trudności z zachowaniem uwagi, może łatwo zasnąć za kierownicą, a jego czas reakcji znacznie się wydłuża. Jest to szczególnie niebez-

⁸ Laskowska-Woś K., Prasolek Ł.: Czas pracy kierowców według nowych przepisów umowy AETR, Wiedza i Praktyka, Warszawa, 2015.

⁹ Bąk, J., Bąk-Gajda, D.: Psychologiczne czynniki bezpieczeństwa ruchu drogowego. Eksploatacja i Niezawodność, 3, 22-29, 2008.

pieczne na długich trasach, gdzie monotonia drogi jeszcze bardziej nasila zmęczenie kierowcy. Zmęczenie kierowcy to również zagrożenie dla innych użytkowników drogi. Zmęczony kierowca może popełniać błędy, takie jak zbyt długie trzymanie się jednego pasa ruchu, niewłaściwe oceny odległości, niezachowanie odpowiedniego dystansu czy też nagłe hamowanie.¹⁰ W przypadku zderzenia takiego pojazdu z innymi użytkownikami drogi, konsekwencje mogą być tragiczne.

Kierowcy zawodowi podejmując ryzyko przekraczania dopuszczalnej masy całkowitej, aby zaoszczędzić czas i koszty związane z przewozem towarów, narażają się na ryzyko przewrócenia się lub utraty kontroli nad pojazdem.

Nieprawidłowe obciążenie pojazdu może prowadzić do wielu zagrożeń dla bezpieczeństwa ruchu drogowego. Przede wszystkim, przekroczenie dopuszczalnej masy całkowitej pojazdu może prowadzić do obniżenia stabilności i hamulców, a w skrajnych przypadkach do wypadków drogowych. Przeciążenie pojazdu zwiększa zużycie paliwa oraz naraża na uszkodzenia mechaniczne i zużycie opon oraz może prowadzić do zmiany rozkładu masy na osiach, co z kolei wpływa na prowadzenie i sterowność pojazdu.

Nieprawidłowe utrzymanie pojazdu to kolejny poważny problem związany z omijaniem przepisów prawa transportowego przez kierowców zawodowych. Kierowcy, którzy nie dbają o stan techniczny swojego pojazdu, narażają się bezpośrednio na ryzyko awarii w trakcie jazdy, co może prowadzić do groźnych wypadków drogowych. Wadliwe hamulce, wycieki paliwa, zepsute opony czy niesprawne układy kierownicze to tylko niektóre z przykładów braków w utrzymaniu technicznym pojazdów, które mogą powodować poważne zagrożenia. Ponadto, nieprawidłowe utrzymanie pojazdu może prowadzić do wzrostu zużycia paliwa i emisji szkodliwych substancji do atmosfery, co jest szkodliwe dla środowiska naturalnego.¹¹

Przepisy prawa transportowego wymagają, aby kierowcy regularnie przeprowadzali przeglądy i naprawy swoich pojazdów, w celu zapewnienia ich bezpiecznego i sprawnego funkcjonowania na drodze. Niestety, niektórzy kierowcy ignorują te wymagania i dopuszczają się jazdy pojazdami w złym stanie technicznym, co stanowi poważne zagrożenie dla wszystkich użytkowników dróg. Dlatego też, egzekwowanie przepisów prawa transportowego w zakresie utrzymania pojazdów w dobrym stanie technicznym jest niezwykle ważne dla zapewnienia bezpieczeństwa na drodze.

Przekraczanie dopuszczalnej prędkości przez kierowców zawodowych stanowi poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu drogowego. Kierowcy, którzy nie przestrzegają limitów prędkości, mogą mieć trudności w zachowaniu kontroli nad pojazdem i reagowaniu na nieprzewidziane sytuacje na drodze. Przekroczenie dopuszczalnej prędkości zwiększa również ryzyko wypadków drogowych, a konsekwencje takich wypadków mogą być bardzo poważne, szczególnie w przypadku dużych pojazdów ciężarowych. Większa prędkość prowadzi do wydłużenia drogi hamowania, co oznacza, że kierowcy mają mniej czasu na reakcję w przypadku nagłej potrzeby zahamowania.

Ponadto, zgodnie z badaniami, im większa prędkość, tym większe ryzyko obrażeń i śmierci w przypadku wypadku drogowego. Wysoka prędkość prowadzi do większych sił uderzenia i może powodować większe uszkodzenia pojazdu i ciała ludzkiego. W związku

¹⁰ Łuczak A., Żużewicz K.: Zmęczenie kierowców a bezpieczeństwo pracy. Bezpieczeństwo pracy: nauka i praktyka, 4, 20-23, 2006.

¹¹ Wicher J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, WKŁ, ISBN 978-83-206-1835-8, 2012.

z tym, kierowcy zawodowi powinni przestrzegać limitów prędkości na drogach, a także dostosować prędkość do warunków atmosferycznych i drogowych, takich jak deszcz, śnieg, oblodzenie, ruch uliczny.

Kierowcy, którzy nie przestrzegają przepisów ruchu drogowego, takich jak np. przejazd na czerwonym świetle czy nieustąpienie pierwszeństwa, przekraczanie prędkości, ignorowanie znaków drogowych, zmienianie pasa ruchu bez sygnalizacji czy korzystanie z telefonu podczas jazdy, to tylko niektóre z zachowań, które narażają innych użytkowników drogi na niebezpieczeństwo i mogą prowadzić do wypadków drogowych. Nieprzestrzeganie przepisów ruchu drogowego wynika z braku odpowiedzialności kierowców oraz ich niskiej świadomości zagrożeń wynikających z takiego postępowania. Kierowcy zawodowi często są narażeni na presję czasu, co może prowadzić do podejmowania ryzykownych decyzji na drodze. Konsekwencje nieprzestrzegania przepisów ruchu drogowego przez kierowców zawodowych są poważne. Oprócz zagrożenia życia i zdrowia innych uczestników ruchu drogowego, kierowca może zostać ukarany mandatem, a w skrajnych przypadkach, może stracić uprawnienia do kierowania pojazdami lub nawet zostać skazany na karę pozbawienia wolności.

Ważne jest, aby kierowcy zawodowi przestrzegali przepisy ruchu drogowego, zarówno ze względu na bezpieczeństwo innych uczestników ruchu, jak i swoje własne. W przypadku presji czasu, kierowcy powinni zwracać uwagę na swoje zdrowie i umiejętności oraz dostosowywać prędkość do warunków drogowych. Należy także zachęcać kierowców do szkoleń z zakresu przepisów ruchu drogowego oraz edukacji dotyczącej bezpieczeństwa.

Przykłady łamania prawa w transporcie drogowym

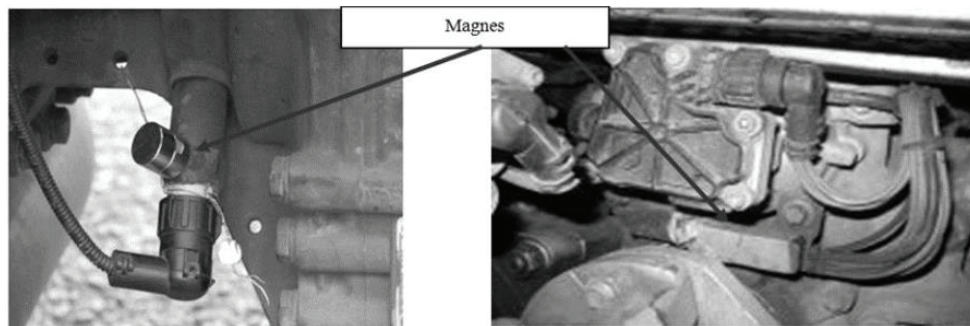
Wysokie wymagania dotyczące rejestracji i przestrzegania czasu pracy kierowców powodują, że niektórzy podejmują próby ich ominięcia. Przede wszystkim, jest to spowodowane chęcią zwiększenia korzyści materialnych, co prowadzi do działań mających na celu dokonywanie nielegalnych zmian w tachografach. W przypadku tachografów analogowych, które są stosunkowo prostymi urządzeniami, próby te często kończą się sukcesem. Przykładowo, pierwsze tachografy analogowe posiadały dość prostą budowę, która umożliwiała otwarcie przedniego panelu i wyciągnięcie wykresówki bez zaznaczania przez urządzenia tego zdarzenia. Podważenie i podtrzymanie obudowy powodowało, że elektromagnesy „puszczały”, a głowica pisząca nie rysowała tzw. „przecinka” na wykresówce. Umożliwiała to dokonywanie niedozwolonych zmian na wykresówce.¹²

Innym sposobem omijania ograniczeń w prowadzeniu pojazdu było stosowanie dwóch lub kilku wykresówek przez jednego kierowcę. Pojedynczy kierowca stosujący dwie wykresówki zmieniał je tak, jakby jechał z drugim kierowcą. Dzięki temu był w stanie przejechać znacznie dłuższy odcinek, co przekładało się na jego gratyfikacje finansowe. W przypadku tachografów analogowych stosowane są także uszkodzenia mechaniczne, takie jak wygięcie głowicy piszącej czy jej blokowanie, wygięcie rysika lub zmniejszenie napięcia zasilającego, które powodują nieprawidłowe wykreślanie czynności dokonywanych przez kierowcę w trakcie pracy. Bardziej zaawansowanym rozwiązaniem jest instalowanie tzw. magnesów

¹² Lizoń Z.: Czas pracy kierowcy i tachografy, Fundacja Akademii Transportu, Bydgoszcz, 2011.

na impulsatorach sygnałów ze skrzyni przekładniowej.¹³ Magnesy te stosuje się w celu zakłócania sygnału dochodzącego do tachografu, co uniemożliwia rejestrację przebytej drogi oraz prędkości. Zastosowanie magnesu zakłóca prawidłową pracę impulsatora, którego zadaniem jest przesyłanie odpowiednich impulsów przetwarzanych przez tachograf.

Miejsca zamontowania magnesów w tachografach cyfrowych pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Miejsca montowania magnesów w tachografach cyfrowych

Źródło: Opracowanie własne

Do zakłócania rejestracji tachografów wykorzystuje się także ich wyłączniki. Ich umiejscowienie powoduje, że często są niewidoczne dla kontroli, co powoduje ich okresowe włączenie.

Po przeanalizowaniu opisanych przykładów można zauważyć, że producenci tachografów, oprócz poprawy dokładności rejestracji i zwiększenia ich funkcjonalności, muszą także uwzględnić fakt, że niektórzy użytkownicy starają się manipulować przy ich pracy. Dlatego w nowszych modelach tachografów stosuje się rozwiązania wykorzystujące efekt hallotronowy oraz przekładnie wykonane z tworzyw sztucznych, które są odporne na działanie magnesów. Ponadto, producenci wyposażają tachografy w co najmniej dwa źródła zasilania, co utrudnia ich wyłączenie. Odpowiednio zakodowane oprogramowanie jest również kluczowe w tym procesie, ponieważ nieupoważnione osoby, które uzyskają do niego dostęp, mogą dokonać manipulacji wskazaniami tachografu.

Analiza czasu pracy kierowców na podstawie zapisów tachografu

Celem badania jest weryfikacja przestrzegania zasad czasu pracy kierowców przez korzystanie z zebranych danych z tachografów. Tachografy są urządzeniami, które rejestrują informacje o czasie jazdy, przerwach oraz odpoczynku kierowcy, a także prędkości i dystansie pokonanym przez pojazd. W ten sposób pozyskane dane umożliwiają ocenę, czy kierowcy przestrzegają limitów czasu jazdy oraz przerw, co wpływa na bezpieczeństwo na drogach oraz na jakość wykonywanej pracy.

¹³ Zagrodzka A., Filipiak Ł.: Czas pracy kierowcy i tachografy. Poradnik kierowcy i przewoźnika, Fundacja Akademii Transportu, Bydgoszcz, 2012.

Tachografy są obowiązkowe w większości krajów Unii Europejskiej dla pojazdów wykorzystywanych do transportu drogowego, których masa całkowita przekracza 3,5 tony oraz dla autobusów przewożących więcej niż 9 pasażerów wraz z kierowcą. Dane z tachografów są przechowywane przez okres minimum 28 dni i mogą zostać wykorzystane w przypadku kontroli drogowej oraz do celów badawczych.¹⁴ Analiza danych z tachografów jest ważnym narzędziem do zapewnienia bezpieczeństwa na drogach oraz do monitorowania wykonywania pracy przez kierowców zawodowych.

Program Tachospeed to narzędzie, które służy do analizy i przetwarzania danych z tachografów cyfrowych oraz kart kierowców. Jest to oprogramowanie, które pozwala na łatwe i szybkie przetwarzanie dużych ilości danych dotyczących czasu pracy kierowców, czasu jazdy, przerw, prędkości oraz dystansu pokonanego przez pojazd.

Dzięki Tachospeed możliwe jest wykonanie wielu rodzajów analiz, w tym ocena przestrzegania przepisów dotyczących czasu pracy kierowców, weryfikacja limitów czasu jazdy oraz przerw, monitorowanie prędkości i dystansu, a także analiza trendów i statystyk związanych z czasem pracy kierowców.

W przypadku badania przestrzegania zasad czasu pracy kierowców, program Tachospeed pozwala na przeanalizowanie danych z tachografów w celu weryfikacji, czy kierowcy przestrzegają limitów czasu jazdy oraz przerw określonych przez prawo transportowe. Dzięki temu można ocenić, czy dany kierowca przestrzega przepisów i czy jego praca nie stanowi zagrożenia dla bezpieczeństwa na drodze.

Poniższy rysunek 2 przedstawia wstęp i legendę do raportu, który został wygenerowany w programie Tachospeed i przedstawia czynności wykonane przez kierowcę w danym dniu.



2023-05-14 14:12

Podgląd pliku cyfrowego (karta kierowcy)

Imię i nazwisko: [REDACTED]

Raport wygenerowany dla czasu UTC/GMT

Wybrany okres:

Zakres danych:

od: n, 2017-01-01

od: pt, 2017-04-14

do: n, 2017-12-31

do: n, 2017-06-11

Legenda

Jazda 	Gotowość 	Nieznana
Praca inna 	Postój 	Zaloga

P - Prowadzi (karta w pierwszym słocie)

W - Karta włożona

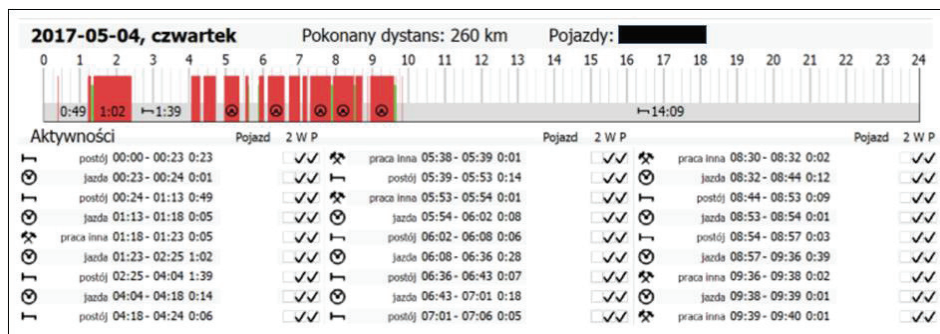
2 - Jazda w załodze

Rys. 2. Legenda raportu kontrolnego czasu pracy kierowcy

Źródło: opracowanie własne

¹⁴ Rycak M.: Czas pracy kierowców. Zagadnienia prawne i praktyczne, Wolters Kluwer Polska, 2016.

Rys. 3 przedstawia czynności wykonane przez kierowcę w danym dniu.



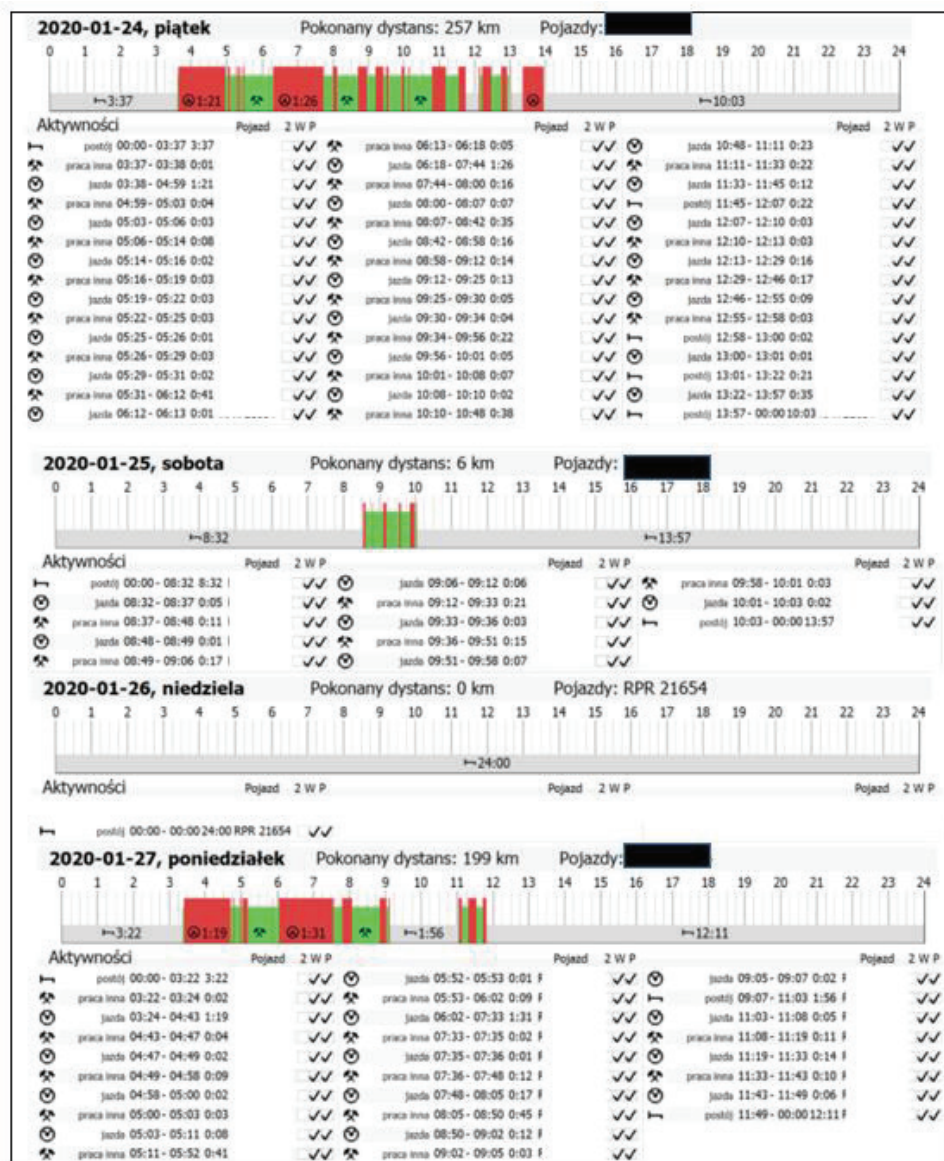
Rys. 3. Analiza czasu pracy z dnia 04.05.2017 roku

Z powyższego rysunku 3 wynika, że kierowca pracował od godziny 0:23 do 9:40. W tym czasie pokonał dystans 260 km. Kierowca prawidłowo zastosował przerwy pomiędzy okresami jazdy i nie doszło do naruszenia przepisów czasu pracy kierowcy. Jedyną wątpliwością jest okres od godziny 0:23 do 1:23 gdzie tachograf zarejestrował kilkuminutowy czas jazdy i innych czynności oraz przerwę trwającą 49 min. Prawdopodobnie był to czas, w którym wykonana została obsługa codzienna pojazdu i powinna zostać zarejestrowana jako czas innej pracy.

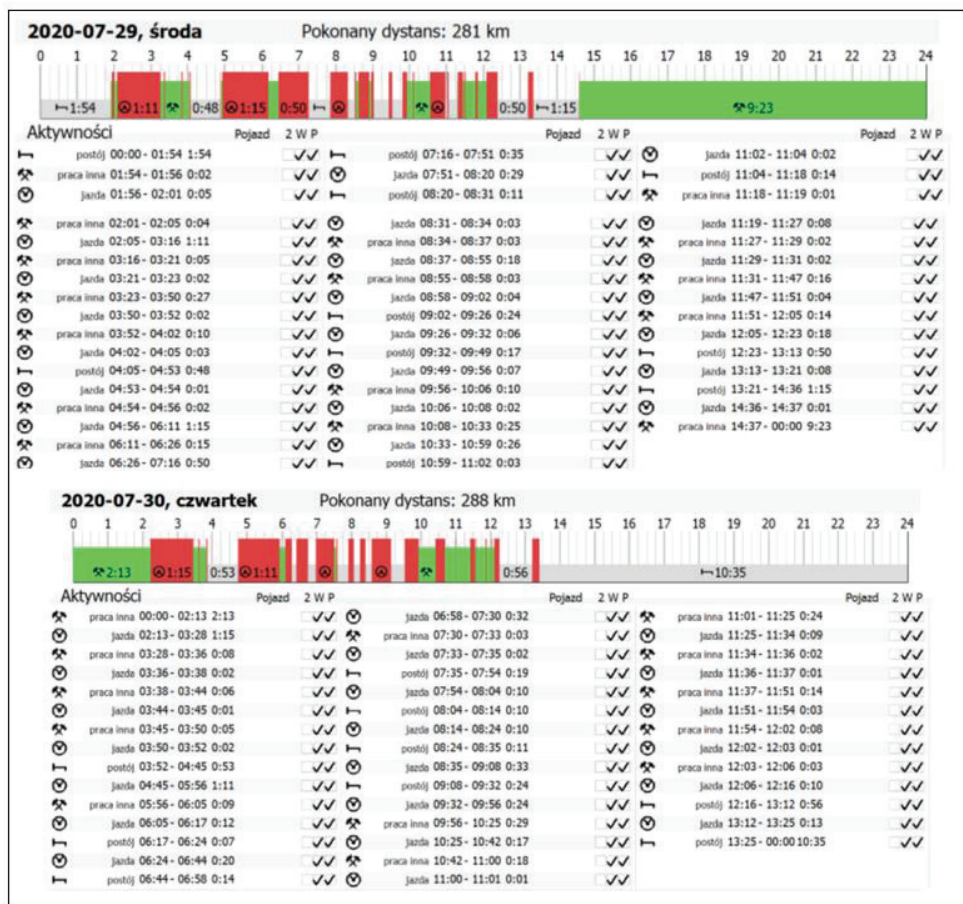
Rysunek 4 prezentuje czynności wykonane przez kierowcę z zastosowaniem odpoczynku tygodniowego.

W dniu 24.01.2020 roku kierowca rozpoczął pracę o godzinie 3:37. Przed rozpoczęciem jazdy zarejestrowano inną pracę trwającą minutę. Pokonał dystans 257 km w łącznym czasie 4 godzin 21minut. Na uwagę zwraca fakt, że kierowca rozpoczął odpoczynek tygodniowy o godzinie 13:57 dnia 24.01.2020 i w kolejnym dniu od godziny 8:32 do 10:03 wykonuje inne czynności przy pojeździe, tym samym skracając odpoczynek z wymaganych 45 godzin do 24 godzin. W tym przypadku kierowca ma obowiązek wykonania dodatkowych 21 godzin odpoczynku połączonych z odpoczynkiem dziennym lub tygodniowym w ciągu następnych trzech tygodni.

Rysunek 5 przedstawia przekroczenie przepisów o czasie pracy kierowców dotyczących odpoczynku dobowego.



Rys. 4. Analiza czasu pracy od dnia 24.01.2020 do 27.01.2020



Rys. 5. Analiza czasu pracy od dnia 29.07.2020 do 30.07.2020

Źródło: Opracowanie własne

Na powyższym rysunku można zauważyć, że kierowca rozpoczął pracę o godzinie 1:54 w środę 29.07.2020 i teoretycznie zakończył ją tego samego dnia o godzinie 14:37. Jednak wskazania tachografu wskazują, że po tym okresie kierowca wykonywał inną pracę do godziny 2:13 następnego dnia 30.07.2020 roku, po czym rozpoczął jazdę i kontynuował pracę do godziny 13:25. Kierowca poprzez niewłaściwą obsługę wskazań tachografu formalnie nie wykonał obowiązkowego odpoczynku dobowego. W wyniku niewłaściwej obsługi tachografu, kierowca formalnie nie spełnił obowiązku odbycia wymaganego odpoczynku dobowego. Chociaż w rzeczywistości mógł on faktycznie odpoczywać w tym czasie, naruszenie to stanowi powód do działań ze strony organów kontrolnych.

Podobny rodzaj przekroczenia przepisów został pokazany na rysunku 6.



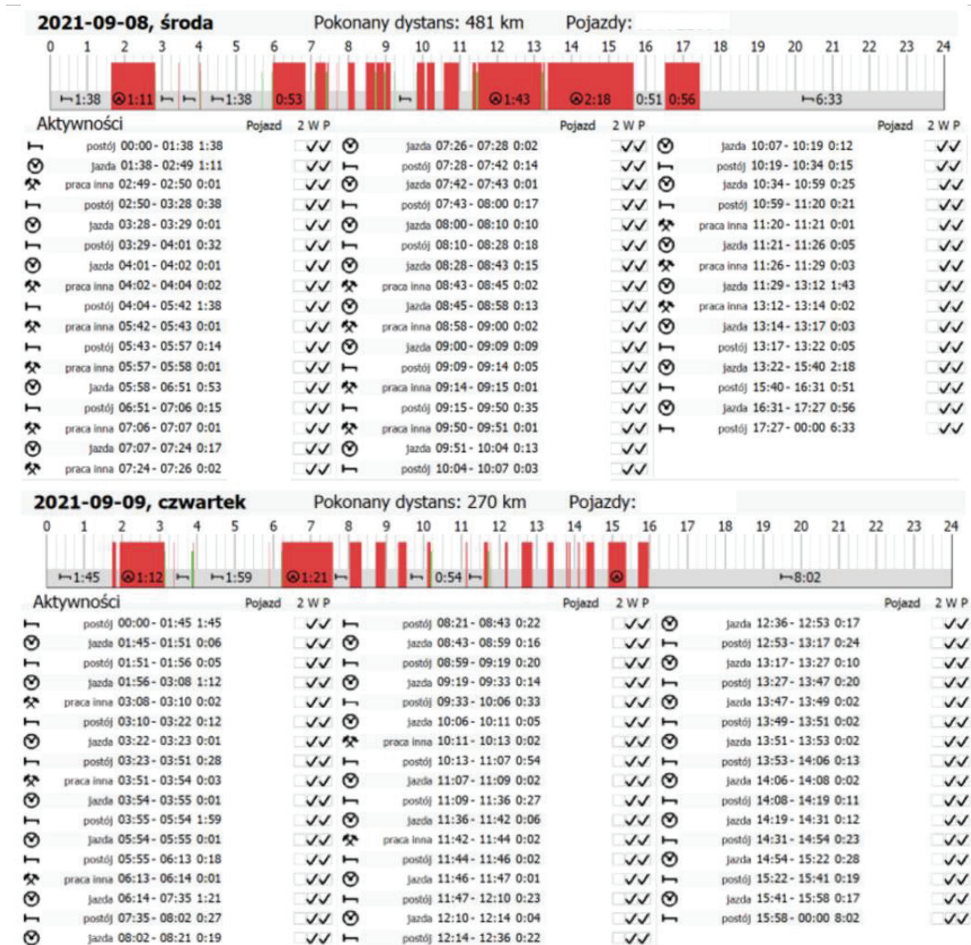
Rys. 6. Analiza czasu pracy od dnia 18.01.2019 do 21.01.2019

Na powyższym rysunku 6 widzimy kolejne naruszenie przepisów dotyczące niewłaściwej obsługi tachografu, w wyniku czego odpoczynek tygodniowy został zapisany jako inna praca. Dodatkowo tachograf zarejestrował błąd; typ 48, co oznacza koniec ważności karty kierowcy.

Od godziny 8:45 dnia 18.01.2019 do godziny 14:13 dnia 21.01.2019 urządzenie zarejestrowało jazdę oraz inną pracę bez wymaganych przerw.

Oba te naruszenia - nieprawidłowe zapisanie odpoczynku tygodniowego jako innej pracy oraz błąd typu 48 dotyczący karty kierowcy, wskazują na nieodpowiednie postępowanie kierowcy w zakresie przestrzegania przepisów dotyczących czasu pracy i odpoczynku. Organizacje kontrolne odpowiedzialne za monitorowanie i egzekwowanie przepisów mają obowiązek podjąć odpowiednie środki zaradcze wobec kierowcy.

Na rysunku 7 przedstawiono przykład naruszenia przepisów dotyczących odpoczynku dobowego przez kierowcę.



Rys. 7. Analiza czasu pracy od dnia 08.09.2021 do 09.09.2021

Zaczynając od godziny 1:38 dnia 8 września 2021 roku, kierowca rozpoczął swoją pracę, która trwała aż do godziny 17:27 tego samego dnia. Następnie rozpoczął odpoczynek dobowy, który trwał do godziny 1:45 dnia 9 września 2021 roku. Łączny czas odpoczynku kierowcy wyniósł 7 godzin i 18 minut.

Jeśli kierowca planował wykonanie skróconego odpoczynku dobowego trwającego 9 godzin, oznacza to skrócenie wymaganego odpoczynku o 1 godzinę i 42 minuty. Naruszenie to wynika z faktu, że kierowca nie odbył pełnego skróconego odpoczynku, który powinien wynosić przynajmniej 9 godzin.

W przypadku, gdy kierowca musi odbyć regularny odpoczynek dobowy trwający 11 godzin, naruszenie wynosi 3 godziny i 42 minuty. Oznacza to, że kierowca nie spełnił wymogu obowiązkowego odpoczynku dobowego, który powinien wynosić przynajmniej 11 godzin.

Naruszenie przepisów dotyczących czasu odpoczynku jest poważnym wykroczeniem, które ma na celu zapewnienie bezpieczeństwa kierowcy oraz innych uczestników ruchu drogowego.

Analiza czasu pracy kierowców na podstawie wydruków z tachografu cyfrowego

Wydruk z tachografu cyfrowego to dokument zawierający zapisy dotyczące czasu pracy kierowcy i danych związanych z pojazdem, które są rejestrowane przez tachograf cyfrowy. Tachograf cyfrowy to urządzenie stosowane w niektórych pojazdach, zwłaszcza w transporcie drogowym, które monitoruje i rejestruje czas pracy kierowcy, prędkość jazdy, odległość pokonaną przez pojazd oraz inne parametry związane z podróżą.

Wydruk z tachografu cyfrowego zawiera informacje takie jak:

- dane identyfikacyjne kierowcy i pojazdu,
- datę i godzinę rozpoczęcia i zakończenia pracy kierowcy,
- czas prowadzenia pojazdu,
- czas odpoczynku i przerw,
- przebyte dystanse i prędkości.

Wydruk z tachografu cyfrowego jest ważnym dokumentem kontrolnym, który może być wykorzystywany do monitorowania i kontroli przestrzegania przepisów dotyczących czasu pracy kierowców oraz bezpieczeństwa ruchu drogowego. Jest to także pomocne narzędzie przy analizie i raportowaniu czasu pracy kierowców oraz planowaniu tras i zadań związanych z transportem drogowym.¹⁵

Rysunek 8 przedstawia wydruk z tachografu cyfrowego, na którym zapisano czynności wykonane przez kierowcę dnia 15.03.2022 roku.

Dnia 15.03.2022 kierowca rozpoczął jazdę o godzinie 4:00. O godzinie 5:38 zarejestrowano przerwę trwającą 44 minuty, a następnie kontynuowano jazdę. Łączny czas jazdy kierowcy wyniósł 4 godziny 33 minuty. Naruszone zostały przepisy dotyczące przerwy oraz maksymalnego czasu prowadzenia pojazdu. Na rysunku widoczna jest także pieczętka i podpis osoby kontrolującej z Inspekcji Transportu Drogowego. Pomimo skrócenia wymaganej przerwy o 1 minutę oraz wydłużenia czasu jazdy o 3 minuty kontrola nie zakończyła się mandatem, ponieważ w okresie od 4 marca do 2 kwietnia 2022 roku wprowadzone zostały wyjątkowe przepisy dotyczące czasu prowadzenia pojazdów ciężarowych. Odstępstwa wynikały z kryzysu spowodowanego agresją wojskową Rosji na Ukrainę.

¹⁵ Rybiński Ł., Chojnacki D.: Analiza czasu pracy kierowców na podstawie wydruków z tachografu cyfrowego, Szkoła Policji w Katowicach, Katowice, 2018.



Rys. 8. Wydruk z tachografu cyfrowego

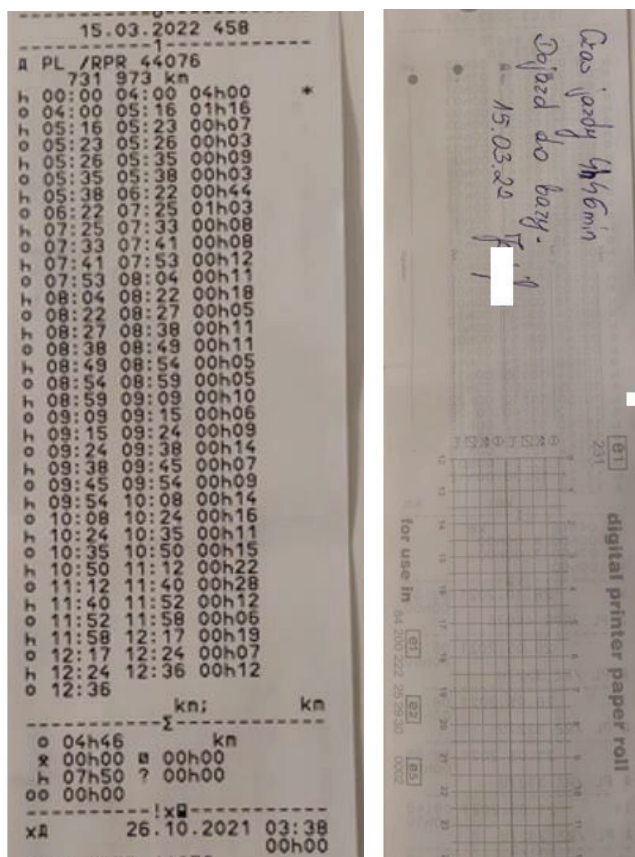
Główne zmiany, obowiązują od 4 marca do 2 kwietnia 2022 roku:

- Dzienny czas prowadzenia pojazdu nie może przekroczyć 11 godzin (odstępstwo od art. 6 ust. 1).
- Tygodniowy czas prowadzenia pojazdu nie może przekroczyć 60 godzin (odstępstwo od art. 2).
- Łączny czas prowadzenia pojazdu w ciągu dwóch kolejnych tygodni nie może przekroczyć 96 godzin (odstępstwo od art. 6 ust. 3).
- Po okresie prowadzenia pojazdu trwającym 5,5 godziny, kierowcy mają prawo do ciągłej przerwy trwającej co najmniej 45 minut (odstępstwo od art. 7).
- Kierowca, jeśli taka będzie jego decyzja, może również wykorzystać regularny tygodniowy okres odpoczynku wewnątrz pojazdu, pod warunkiem posiadania odpowiedniego miejsca do spania dla każdego kierowcy oraz zatrzymania pojazdu na postoju (odstępstwo od art. 8 ust. 8).¹⁶

¹⁶ Monitor Polski 2022 poz. 293.

W przypadku kierowców, którzy korzystają z powyższych odstępstw, istnieje obowiązek ręcznego wpisania powodów skorzystania z tych odstępstw na odwrocie wykresówki tachografu analogowego lub wydruku z tachografu cyfrowego. Ta praktyka jest rutynowo stosowana w sytuacjach awaryjnych i ma kluczowe znaczenie dla celów kontroli przestrzegania wspomnianych przepisów. Łączny czas jazdy w dniu 15.03.2022 to 4 godziny 46 minut. Kierowca po kontroli ITD wrócił do firmy i zakończył jazdę.

Na rysunku 9 przedstawiono sposób opisanie powodów odstępstw od przepisów.



Rys. 9. Wydruk z tachografu cyfrowego

Kierowca opisał na odwrocie wydruku z tachografu łączny czas jazdy, który wynosi 4 godziny i 46 minut, a jako powód przekroczenia czasu jazdy podał dojazd do bazy. Wydruk jest opisany datą i czytelnym podpisem kierowcy.

Podsumowanie i wnioski

Współczesny transport i logistyka wymuszają nieustanną optymalizację czasu transportu, powoduje to ryzyko naruszania przepisów, tak aby możliwe było sprostanie tym wymaganiom. Kluczową rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa odgrywa zatem właściwy nadzór nad ruchem drogowym, system kontroli czasu pracy kierowców oraz monitorowanie procesów transportowych, logistycznych i spedycyjnych.

Jak wynika z przeprowadzonych analiz, samochody ciężarowe, ze względu na regulacje związane z czasem pracy kierowców, odnotowują dobre statystyki pod względem bezpieczeństwa drogowego. Ograniczenia dotyczące czasu pracy kierowców mają na celu zapewnienie odpowiedniego odpoczynku i ograniczenie zmęczenia, co przyczynia się do zmniejszenia ryzyka wypadków drogowych.

Przestrzeganie regulacji dotyczących czasu pracy kierowców samochodów ciężarowych przyczynia się do zmniejszenia ryzyka wypadków drogowych związanych z zmęczeniem kierowców. Odpowiedni odpoczynek i ograniczenie nadmiernych godzin pracy mają bezpośredni wpływ na zdolność kierowców do utrzymania koncentracji, skutecznej reakcji na sytuacje na drodze i unikania błędów, które mogą prowadzić do wypadków.

W rezultacie, regulacje dotyczące czasu pracy kierowców samochodów ciężarowych mają korzystny wpływ na statystyki bezpieczeństwa drogowego, pomagając zmniejszyć liczbę wypadków i zwiększyć ochronę zarówno dla kierowców samochodów ciężarowych, jak i innych użytkowników dróg.

Pomimo obowiązujących przepisów oraz rozwiniętego systemu kar zdarzają się naruszenia przepisów dotyczących czasu pracy kierowców. Znaczna część tych naruszeń ma charakter losowy lub wynikający z ewidentnych błędów kierowcy. Niestety ciągle zdarzają się naruszenia świadome i celowe oraz wyjątkowo patologiczne przypadki ingerencji w systemy monitorowania i rejestracji czasu pracy kierowców. Te ostatnie powinny być eliminowane przez dalsze wzmacnianie systemu kar, gdyż nie tylko obniżają one bezpieczeństwo transportu, lecz także zaburzają zdrową konkurencję firm transportowych.

Bibliografia

- Bąk, J. Bąk-Gajda, D.: Psychologiczne czynniki bezpieczeństwa ruchu drogowego, Eksploatacja i Niezawodność, 2008.
- Jamroz K., Smolarek L.: Analiza wpływu zmęczenia kierowców na ryzyko na drogach krajowych, Drogownictwo, 4, 2012.
- Komenda Główna Policji, Warszawa, 2022
- Laskowska-Woś K., Prasolek Ł.: Czas pracy kierowców według nowych przepisów umowy AETR, Wiedza i Praktyka, Warszawa, 2015.
- Lizoń Z.: Czas pracy kierowcy i tachografy, Fundacja Akademii Transportu, Bydgoszcz, 2011.
- Łuczak A., Żużewicz K.: Zmęczenie kierowców a bezpieczeństwo pracy, Bezpieczeństwo pracy: nauka i praktyka, 4, 2006.
- Monitor Polski 2022 poz. 293.
- Nowak P., Kowalczyk M.: Regulacje prawne dotyczące czasu pracy kierowców w transporcie drogowym w Polsce, Studia Prawa Transportowego, 2019.
- Pałuch S.: Czas pracy kierowców w Polsce i UE, SPH Credo, Piła, 2013.

- Pałęga M.: Bezpieczeństwo ruchu drogowego w Polsce w świetle wypadków drogowych i ich skutków, Autobusy, 12, 2017.
- Prasolek Ł.: Czas pracy kierowców, C.H. Beck, Warszawa, 2013.
- Rybiński Ł., Chojnacki D.: Analiza czasu pracy kierowców na podstawie wydruków z tachografu cyfrowego, Szkoła Policji w Katowicach, Katowice, 2018.
- Rycak M.: Czas pracy kierowców. Zagadnienia prawne i praktyczne, Wolters Kluwer Polska, 2016.
- Staniewska E., Nonas B.: Wypadki drogowe i ich skutki w aspekcie bezpieczeństwa na polskich drogach, Gospodarka Materiałowa i Logistyka, 5, 2015.
- Wicher J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, WKŁ, 2012.
- Zagrodzka A., Filipiak Ł.: Czas pracy kierowcy i tachografy. Poradnik kierowcy i przewoźnika, Fundacja Akademii Transportu, Bydgoszcz, 2012.

Adres do korespondencji: g.dzieniszewski@pansp.pl

ORCID: Grzegorz Dzieniszewski 0000-0002-2712-1131

ORCID: Paweł Kielbasa 0000-0003-0249-8626

ORCID: Maciej Kuboń 0000-0003-4847-8743

WYBRANE PROBLEMY POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH I HYBRYDOWYCH

Grzegorz Dzieniszewski^{1,2}, Mikołaj Sajdak¹, Norbert Pedryc³

¹ Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu

² Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Rzeszowska

³ Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wprowadzenie

Szybki rozwój motoryzacji na początku lat 90 XX w. spowodował wzrost degradacji środowiska, dlatego reakcją producentów pojazdów z silnikami spalinowymi jest przede wszystkim opracowanie bardziej ekonomicznych aut oraz rozpowszechnianie napędów alternatywnych (elektrycznych, hybrydowych, gazowych).¹ To właśnie te układy napędowe „pomagają” środowisku, m.in. przez zmniejszenie spalania, ale bez ubytków w mocy. Co więcej dzięki napędowi elektrycznemu w układzie hybrydowym, otrzymujemy bardziej elastyczny zakres mocy.

Transport drogowy jest jednym z istotnych czynników rozwoju gospodarczego świata, jak również jednym z głównych źródeł emisji zanieczyszczeń powietrza stanowiących zagrożenie dla środowiska przyrodniczego, zdrowia, a nawet życia człowieka. Powszechnym źródłem skażenia środowiska są środki transportu i komunikacji. Większość pojazdów jest wyposażona w silniki spalinowe, które podczas pracy emitują do atmosfery szkodliwe substancje takie jak: tlenki węgla, tlenki azotu, sadze, metale ciężkie będące składnikami spalin i pyłów oraz węglowodory.²

W krajach Europy Zachodniej częściej można spotkać pojazdy napędzane silnikami elektrycznymi bądź hybrydowymi, niż w Polsce. Głównym czynnikiem powyżej opisanego zjawiska jest rozbudowana infrastruktura, szczególnie stacje do ładowania baterii akumulatorowych. Dobrym przykładem takiego rozwiązania jest stacja ładowania, zaprojektowana przez koncern Tesla, stacja ładowania nazywana Supercharger. Liczba zainstalowanych produktów w Niemczech, jest zdecydowanie wyższa niż tych znajdujących się na terenie Polski.

W polskich miastach coraz bardziej dotkliwy staje się problem smogu. Przyczyną powstawania tego zjawiska jest unoszenie się w powietrzu pyłów zawieszonych PM_{2,5} i PM₁₀, a także tlenków siarki, tlenków azotu, tlenku węgla, benzo(a)pirenu. Znaczący udział w powstawaniu smogu ma transport samochodowy. Zgodnie z raportem Światowej Organizacji

¹ Krzak J.: Samochody hybrydowe i elektryczne. Perspektywy rozwoju rynku w Polsce, BAS, Warszawa, 2012.

² Bojanowska M.: Zanieczyszczenia motoryzacyjne w środowisku, Autobusy 12, Radom, 2011.

Zdrowia (WHO) długotrwałe narażenie na działanie pyłu zawieszonego PM_{2,5} powoduje wzrost liczby zgonów z powodu chorób i nowotworów układu oddechowego i krążenia oraz wzrost ryzyka nagłych przypadków wymagających hospitalizacji, związanych z m.in. nasileniem objawów astmy, ostrej reakcji układu oddechowego, czy osłabienia czynności płuc.³

Samochody elektryczne wykorzystywane do jazdy w miastach (osobowe, dostawcze), a także autobusy elektryczne, mogą rozwiązać szereg problemów cywilizacyjnych i ekologicznych: zmniejszenie zużycia paliwa, zmniejszenie emisji gazów CO₂, Nx, znaczące obniżenie poziomu hałasu.⁴ Barierą ograniczającą postęp w wprowadzaniu napędów elektrycznych jest magazynowanie energii.⁵

Celem niniejszego opracowania jest analiza specyfiki konstrukcji pojazdów elektrycznych i hybrydowych w aspekcie wymagań eksploatacyjnych. Kluczowym elementem rozważań jest badanie stopnia świadomości użytkowników oraz wskazanie na potencjalne problemy podczas eksploatacji elektrycznych pojazdów ekologicznych.

Specyfika napędu elektrycznego

Wraz z rozwojem technologii w XXI wieku coraz większe znaczenie ma ekologia. Wiele firm i koncernów przechodzi na wykorzystywanie alternatywnych źródeł energii, chcąc być jak najbardziej przyjaznym środowisku. Dlatego też koncerny motoryzacyjne zaczynają zmieniać strukturę produkcji na zwiększoną liczbę pojazdów elektrycznych, począwszy od wózków widłowych, przez samochody ciężarowe, kończąc nawet na bolidach Formuły E.

Dzięki technologii fotowoltanicznej możliwe jest uzyskanie energii elektrycznej bezpośrednio ze słońca. Do zalet takiego rozwiązania należy jej „nieskończoność”, bezpłatność oraz technologia, która nie emituje żadnych szkodliwych substancji do atmosfery. Ograniczeniem jednak jest zmienność natężenia światła słonecznego w różnych porach dnia i warunkach meteorologicznych, jak również brak światła w nocy. Kolejną wadą jest dość duża powierzchnia paneli słonecznych. Pierwszym konstruktorem samochodu zasilanego przez energię słoneczną jest Alan Freeman z Rugby. Zbudował go w 1980r. Jak dotąd pojazdy słoneczne nie były projektowane do użytku codziennego. Zespół studentów z Netherlands Eindhoven University of Technology stworzył samochód Stella. Jest to pierwszy rodzinny samochód napędzany energią słoneczną, wyposażony w cztery fotele. Pojazd ma na swym koncie zwycięstwo w zawodach World Solar.⁶

Elektryczne źródła napędu zaczęły znajdować również zastosowanie w pojazdach sportowych i luksusowych. W większości są to jednak układy hybrydowe z silnikami spalinyowymi, gdzie napęd elektryczny pełni funkcję wspomagania silnika spalinowego przy większych obciążeniach a przy mniejszych (np. jazda miejska) jest jedynym źródłem napędu.

³ Szumska E., Pawełczyk M.: Ocena korzyści zastosowania napędów hybrydowych w pojazdach komunikacji miejskiej, Autobusy 6, Radom, 2017.

⁴ Gajewski J., Paprocki W., Pieriegud J.: Elektromobilność w Polsce na tle tendencji europejskich i globalnych, CMS, Warszawa, 2019.

⁵ Rudnicki T.: Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne Nr 80, PŚ, Gliwice, 2008.

⁶ Babula M., Pietruszczak D.: Wybrane aspekty ekologicznych pojazdów samochodowych, Autobusy 6, Radom, 2017.

Niemniej zdarzały się rozwiązania wyłącznie elektryczne, których przykładem może być zaprezentowany na targach IAA we Frankfurcie w 2011 chorwacki Rimac Concept One – supersamochód z czterema silnikami elektrycznymi (po jednym na każde koło) o łącznej mocy maksymalnej $N_{max} = 913\text{kW}$, maksymalnym momencie obrotowym $M_o = 1600\text{Nm}$ i osiągający prędkość maksymalną $V_{max} = 355\text{km/h}$.⁷

Ciągły rozwój układów napędowych pojazdów samochodowych spowodowany jest dążeniem do uzyskiwania coraz lepszych wskaźników pracy silnika przy jednoczesnym ograniczeniu skażenia środowiska naturalnego. Mimo dynamicznego rozwoju rynku pojazdów z układem napędu elektrycznego (w dalszej części określanych mianem pojazdów elektrycznych) w Europie, w Polsce odnotowuje się niewielkie zainteresowanie tego typu pojazdami.⁸

Niewątpliwymi zaletami napędu elektrycznego są:

- Moment obrotowy dostępny od najniższego zakresu pracy, co umożliwia płynne ruszanie w każdym warunkach,
- Cicha praca oraz brak emisji spalin,
- Brak skrzyni biegów, mało ruchomych mechanizmów,
- Mniej części zastosowanych,
- Wysoka sprawność.

Oprócz wielu zalet pojazdy elektryczne mają również swoje wady. Największą z nich jest zasięg poruszania się, który bardzo rzadko w praktyce pokrywa się z zasięgiem deklarowanym przez producenta. Do tego dochodzi też większa masa pojazdu spowodowana przez akumulatory

W pojazdach elektrycznych są stosowane silniki synchroniczne oraz silniki asynchroniczne.

Zgodnie ze światowymi i europejskimi trendami do produkcji samochodów osobowych, dostawczych oraz autobusów używa się silników synchronicznych z magnesami trwałymi (PMSM z ang. *Permanent-Magnet Synchronous Motor*). W porównaniu z silnikami asynchronicznymi posiadają wiele zalet. Należy do nich duża sprawność, duży moment obrotowy od niskich prędkości obrotowych, energooszczędności oraz niezawodność.⁹

Na rysunku 1 przedstawiona jest charakterystyka pracy tego typu silnika.

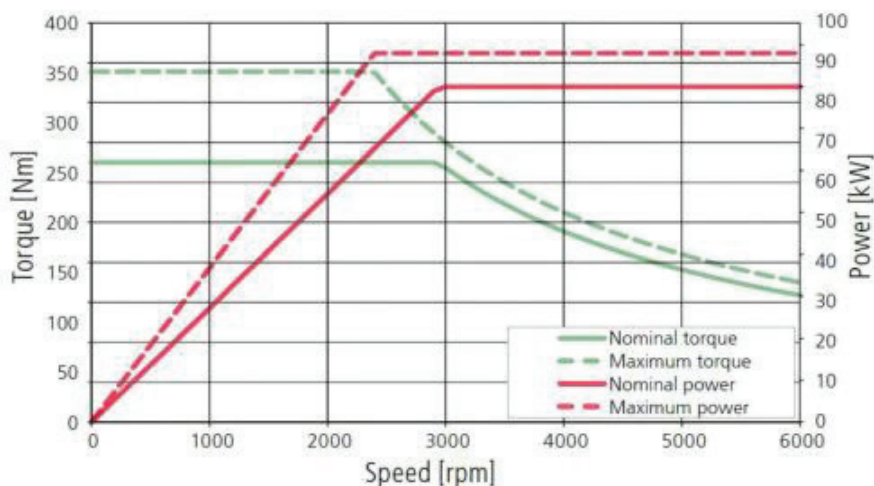
Silniki te mają swoją zasadę działania. Choć mają dużo wspólnych cech, różnią się od siebie. Silniki asynchroniczne, inaczej nazywane indukcyjnymi, bazują na stojanie i wirniku. Uzwojenia będące na stojanie tworzą obracające się pole magnetyczne. Prędkość wirnika jest zależna od ilości cewek oraz od częstotliwości źródła zasilania AC. Natomiast silnik synchroniczny z magnesami trwałymi, wykorzystuje magnesy do tworzenia pola magnetycznego. Dzięki takiemu zabiegowi mogą generować moment już od najniższych prędkości. Konstrukcja ich opiera się na wirniku z magnesami i stojanie z uzwojeniami. Dzięki temu ich praca jest płynniejsza.¹⁰

⁷ Hennek K.: Perspektywy rozwoju i wykorzystania pojazdów elektrycznych, Autobusy, 6, 2018.

⁸ Merksiz J., Pielecha I.: Układy elektryczne pojazdów hybrydowych, Politechnika Poznańska, Poznań, 2015.

⁹ Małek A.: Napędy pojazdów elektrycznych i hybrydowych Tom 2, WSEiI, Lublin, 2021.

¹⁰ Małek A.: Napędy pojazdów elektrycznych i hybrydowych Tom 2, WSEiI, Lublin, 2021.



Rys. 1. Charakterystyka silnika typu PMSM

Źródło: (Malek, 2021)

Aktualnie, coraz częściej, zamiast silników komutatorowych stosowane są silniki BLDC (ang. *brushless direct-current motor*) – bezszczotkowe silniki prądu stałego o magnesach trwałych, które wymagają stosowania komutatora elektronicznego zbudowanego z w pełni sterowalnych łączników energoelektronicznych i czujników określających położenie wirnika.¹¹

Obecnie producenci samochodów wykorzystują te rozwiązania konstrukcyjne w zależności od pojazdu. Jednak oba te silniki mogą być wykorzystywane w jednym samochodzie. Tesla w modelu S od 2017 zastosowało połączenie tych silników w jeden napęd. Silnik z tyłu działa jako silnik główny a silnik z przodu jako pomocniczy. Poprawiło to walory jezdne w różnych warunkach pogodowych.

Napędy elektryczne można podzielić na dwie główne klasy - napędy centralne i napędy bezpośrednie w piastach kół.¹²

Systemy bezpieczeństwa w pojazdach elektrycznych mają takie samo zastosowanie jak w zwykłych samochodach spotykanych na co dzień. Pewne obawy budzi bezpieczeństwo w razie wypadku.auta elektryczne bądź hybrydowe mają inne procedury w przypadku wypadku niż w aucie spalinowym. Jest to spowodowane przez układy elektryczne. Najsłabszym punktem są baterie litowo-jonowe. Są one bardzo czułe na przeładowania oraz wysoką temperaturę, która może być powodowana w wyniku przeciążenia lub zwarcia.

Samochody elektryczne w dalszym ciągu są także „za drogie” dla przeciętnego nabywcy, ich cena jest zazwyczaj około dwukrotnie wyższa od odpowiednika z silnikiem spalinowym. W Polsce w 2014 roku zarejestrowano łącznie 95 samochodów z napędem wyłącznie elektrycznym,

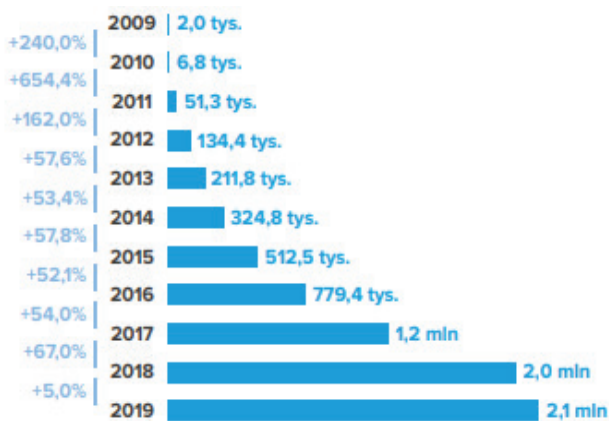
¹¹ Grzesiak L., Ufnalski B., Kaszewski A.: Sterowanie napędów elektrycznych Analiza, modelowanie, projektowanie, PWN, Warszawa, 2016.

¹² Dąbała K., Dudziński J.: Prace Instytutu Elektrotechniki, zeszyt 260, PW, Warszawa, 2012.

a dla porównania w Norwegii około 22 tysiące. Duży wpływ na wielkość sprzedaży pojazdów elektrycznych ma zamożność społeczeństwa, ale także zachęty ze strony państwa.¹³

Na rysunku 2 przedstawiono ilość sprzedanych pojazdów elektrycznych na przestrzeni lat 2009-2019.

Największe zagrożenie w przypadku aut elektrycznych jest pożar baterii. Spowodowane jest to liczbą ogniw w tych pojazdach, które w przypadku pożaru powodują małą reakcję łańcuchową. Powodem tego są wybuchy ogniw jedno po drugim. Pożar w takim wypadku może trwać nawet po kilka dni. W przypadku pożaru auta elektrycznego najlepiej sprawuje się kontener z wodą do którego jest umieszczane auto.



Rys. 2. Wykres przedstawia liczbę sprzedanych pojazdów elektrycznych

Źródło: file:///C:/Users/Sajdu%C5%9B/Desktop/studia/materia%C5%82y/kompendium_elektromobilnosci_raport_2020_S.pdf

Na rysunku 3 ukazane jest auto elektryczne, zniszczone w wyniku pożaru po wypadku.



Rys. 3. Pojazd elektryczny po pożarze w wypadku

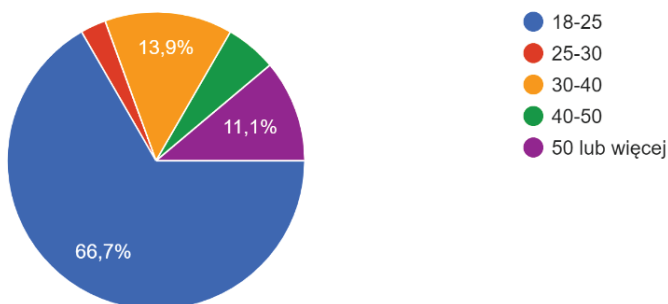
Źródło: <https://motowahacz.pl/2017/06/richard-hammond-wypadek/>

¹³ Śliwka M., Łyko P., Pomykała R.: Aspekty ekonomiczne i ekologiczne wybranych alternatywnych źródeł zasilania samochodów osobowych, AGH, Kraków, 2015.

Problemy pojazdów elektrycznych i hybrydowych

Celem określenia społecznej świadomości dotyczącej pojazdów elektrycznych i hybrydowych zostało przeprowadzone badanie ankietowe. W ankiecie wzięła udział grupa osób 36 osób w różnych przedziałach wiekowych.

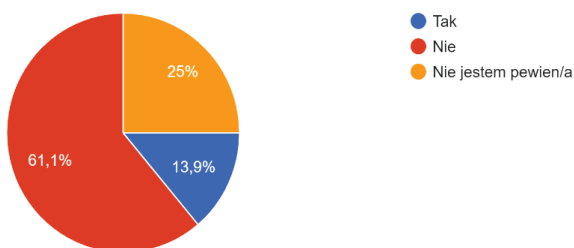
Na rysunku 4 przedstawiono przedział wiekowy respondentów.



Rys. 4. Przedział wiekowych badanych uczestników ankiety

Z analizy danych przedstawionych na rysunku 4 wynika, że największą grupą biorącą udział w badaniu były osoby w wieku 18-25.

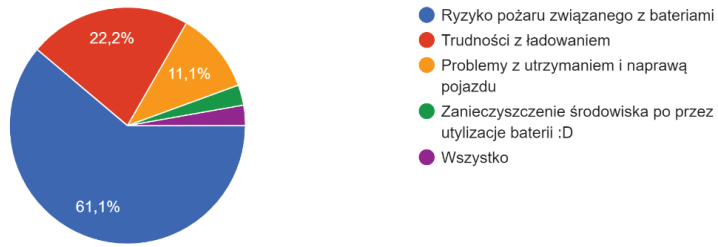
Na rysunku 5 przedstawiono rozkład odpowiedzi dotyczących porównania bezpieczeństwa między pojazdami z układami elektrycznymi a spalinowymi.



Rys. 5. Podział odpowiedzi na pytanie o bezpieczeństwo pojazdów elektrycznych i hybrydowych

Z powyższego wykresu wynika, że większość ankietowanych uważa auta elektryczne i hybrydowe nie są bardziej bezpieczne od standardowych aut spalinowe.

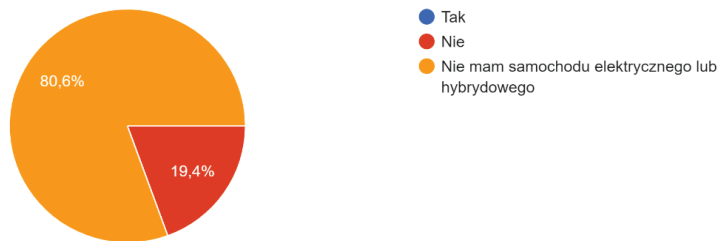
Na rysunku 6 można zobaczyć odpowiedzi na temat zagrożeń pojazdów elektrycznych i hybrydowych.



Rys. 6. Wykres kołowy zagrożeń związanych z pojazdami elektrycznymi i hybrydowymi

Według ankietowanych największym zagrożeniem związanym z użytkowaniem samochodów elektrycznych i hybrydowych jest ryzyko pożaru związanego z bateriami. Na drugim miejscu respondenci podali problemy z ładowaniem. Ankietowani wskazywali również trudności z utrzymaniem pojazdu i jego naprawą, zanieczyszczenie środowiska związanego z utylizacją baterii oraz wszystkie opcję wymienione w ankiecie.

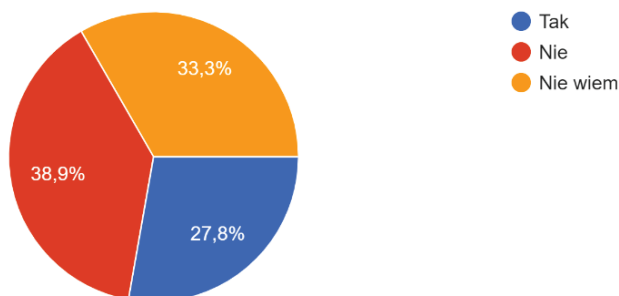
Na rysunku 7 przedstawiono odpowiedzi dotyczące uszkodzenia baterii w pojeździe elektrycznym lub hybrydowym.



Rys. 7. Odpowiedzi na temat uszkodzenia baterii w samochodzie elektrycznym lub hybrydowym

Większość z ankietowanych nie jest w posiadaniu auta elektrycznego lub hybrydowego, a osoby posiadające nigdy nie uszkodziły baterii w ich samochodzie.

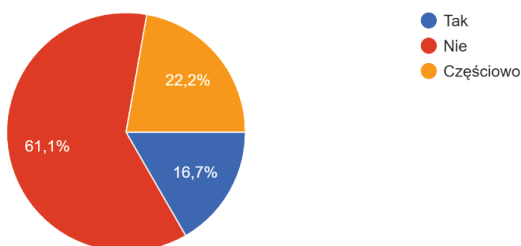
Na rysunku 8 przedstawiono podział odpowiedzi dotyczącej utylizacji pojazdu elektrycznego lub hybrydowego.



Rys. 8. Podział odpowiedzi na temat wiedzy o utylizacji pojazdów elektrycznego lub hybrydowego

Z wykresu wynika, że mniej niż 28 % ankietowanych wie jak przebiega proces utylizacji baterii w samochodzie elektrycznym i hybrydowym.

Na rysunku 9 ankietowani odpowiadali na pytanie dotyczące postępowania w przypadku wypadku z pojazdem elektrycznym lub hybrydowym.

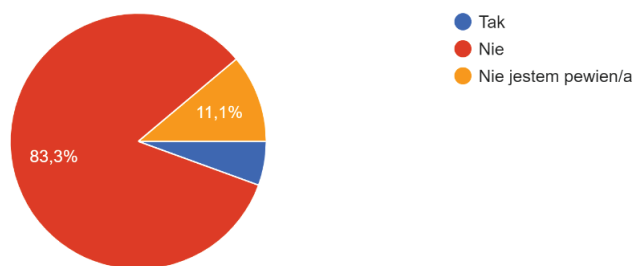


Rys. 9. Wykres kołowy odpowiedzi na temat postępowania w wypadku z pojazdem elektrycznym lub hybrydowym

Zdecydowana większość ankietowanych nie wie, jak postępować w przypadku wypadku z udziałem samochodu elektrycznego i hybrydowego

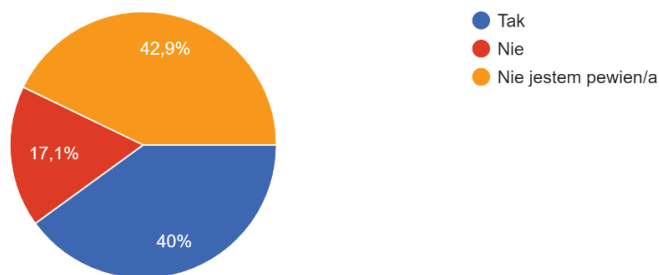
Na rysunku 10 zapytano respondentów na temat wiedzy oraz świadomości dotyczącej bezpieczeństwa w pojazdach wyposażonych w silniki elektryczne.

Około 84% ankietowanych nie posiada odpowiedniej wiedzy na temat bezpieczeństwa na temat samochodów hybrydowych i elektrycznych.



Rys. 10. Wykres kołowy do pytania na temat wiedzy na temat bezpieczeństwa w pojazdach elektrycznych i hybrydowych

Na rysunku 11 podany jest rozkład odpowiedzi na temat wprowadzenia bardziej rygorystycznych przepisów dotyczących bezpieczeństwa samochodów elektrycznych i hybrydowych.

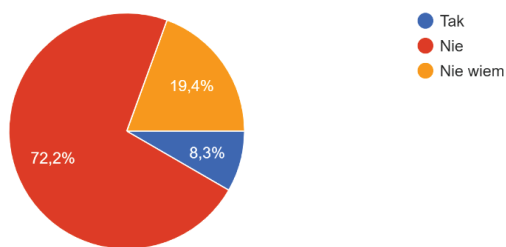


Rys. 11. Podział odpowiedzi w związku z wprowadzeniem bardziej rygorystycznych przepisów dotyczących bezpieczeństwa samochodów elektrycznych i hybrydowych

Respondenci mają podzielone zdanie na temat wprowadzenia bardziej rygorystyczne przepisów dotyczących samochodów elektrycznych i hybrydowych.

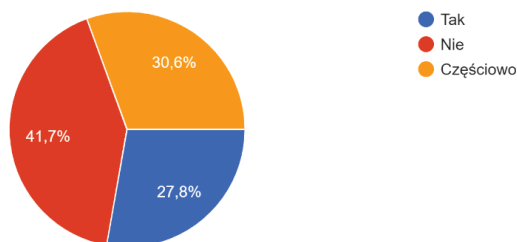
Na rysunku 12 zapytano ankietowanych, czy ze względu na bezpieczeństwo kupiliby pojazd elektryczny lub hybrydowy.

Kwestia zakupu auta elektrycznego lub hybrydowego ze względu na jego bezpieczeństwo dla większości ankietowanych nie jest głównym czynnikiem, na który zwracają uwagę przy zakupie takiego pojazdu.



Rys. 12. Podział odpowiedzi na pytanie dotyczące zakupu samochodu elektrycznego lub hybrydowego ze względu na jego bezpieczeństwo

Na rysunku 13 przedstawiono rozkład odpowiedzi na temat różnic w bezpieczeństwie między pojazdami elektrycznymi a hybrydowymi.

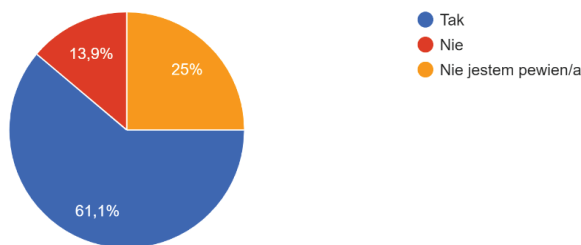


Rys. 13. Rozkład odpowiedzi na temat różnic w bezpieczeństwie między pojazdami elektrycznymi a hybrydowymi

Okolo 28% ankietowanych wie jakie są różnice w bezpieczeństwie między tymi typami pojazdów

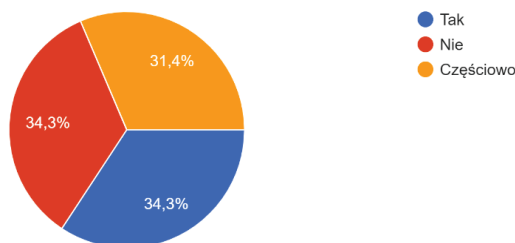
Na rysunku 14 zapytano się ankietowanych, czy samochody elektryczne i hybrydowe posiadają odpowiednie systemy bezpieczeństwa.

Ponad 60% osób biorących udział w badaniu uważa, że auta te posiadają odpowiednie systemy bezpieczeństwa.



Rys. 14. Odpowiedzi na pytanie o ilość systemów bezpieczeństwa w pojazdach elektrycznych i hybrydowych

Na rysunku 15 przedstawiono wykres dotyczący świadomości ludzi w kwestii problematyki związanej z zagrożeniami ładowania pojazdu elektrycznego lub hybrydowego w domu bądź na stacji ładowania.

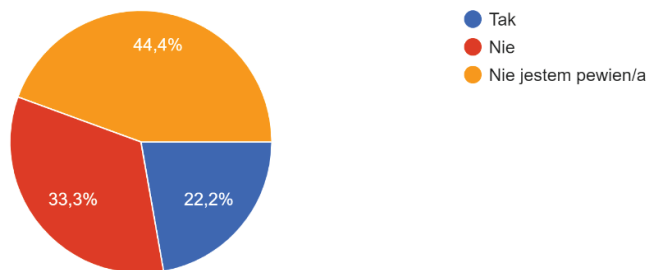


Rys. 15. Wykres przedstawia podział opinii dotyczący znajomości ryzyka związanego z ładowaniem aut elektrycznych i hybrydowych

Kwestie ładowania samochodów elektrycznych i hybrydowych najbardziej podzieliły osoby ankietowane; 34,3 % badanych wiedzą z jakim ryzykiem może się wiązać ładowanie samochodu elektrycznego lub hybrydowego w domu. Taka sama grupa osób nie wie są ryzyka związane z ładowaniem. Natomiast 31,4 % respondentów tylko częściowo jest świadoma ryzyka.

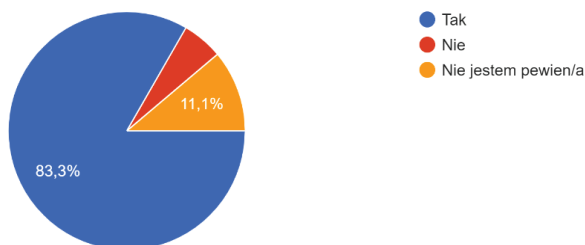
Na rysunki 16 zapytano ankietowanych na temat zaostrzenia przepisów dotyczących ładowania pojazdów z napędami ekologicznymi.

Na temat wprowadzenie rygorystycznych przepisów dotyczących ładowania, ankietowani nie są do końca zdecydowani czy takie przepisy powinny być wprowadzone.



Rys. 16. Podział odpowiedzi na temat wprowadzenia bardziej rygorystycznych przepisów dotyczących ładowania.

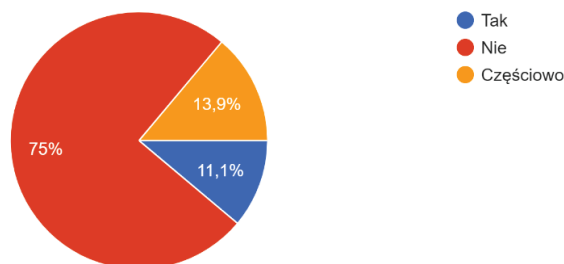
Na rysunku 17 przedstawiono odpowiedzi na temat wpływu bezpieczeństwa na rozwój rynków pojazdów elektrycznych i hybrydowych w przyszłości.



Rys. 17. Wpływ bezpieczeństwa na rozwój rynków samochodów elektrycznych i hybrydowych

Natomiast większość ankietowanych jest zgodna, że kwestie bezpieczeństwa w autach elektrycznych i hybrydowych będzie miało wpływ na rozwój ich rynków w przyszłości

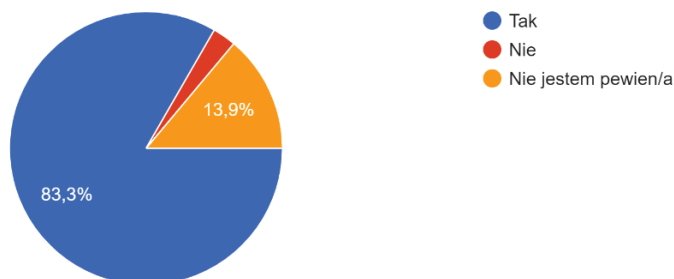
Na rysunku 18 zapytano się respondentów na temat świadomości dotyczącej procedur bezpieczeństwa w przypadku awarii baterii w samochodzie elektrycznym lub hybrydowym.



Rys. 18. Wiedza na temat bezpieczeństwa w przypadku awarii baterii w samochodzie elektrycznym lub hybrydowym

Jak wynika z wykresu 75% ankietowanych nie wie, jakie są procedury bezpieczeństwa związane w przypadku awarii baterii w samochodach elektrycznych i hybrydowych.

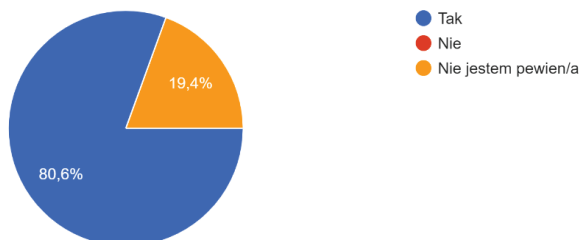
Na rysunku 19 zapytano się ankietowanych, o to czy konsumenci powinni być bardziej świadomi na temat zagrożeń związanych z bezpieczeństwem na temat pojazdów elektrycznych i hybrydowych.



Rys. 19. Świadomość konsumentów dotycząca zagrożeń związanych z bezpieczeństwem samochodów hybrydowych i elektrycznych

Większa część osób ankietowanych jest zgodna, że konsumenci powinni wiedzieć więcej o bezpieczeństwie aut elektrycznych i hybrydowych

Na rysunku 20 przedstawiono podział odpowiedzi dotyczących udostępniania większej ilości informacji dotyczących bezpieczeństwa przez koncerny produkujące pojazdy elektryczne i hybrydowe.



Rys. 20. Struktura odpowiedzi na temat udostępniania większej ilości informacji dotyczących bezpieczeństwa pojazdów elektrycznych i hybrydowych

Niecałe 85% ankietowanych odpowiedziało, że producenci powinni udostępniać więcej informacji na temat bezpieczeństwa ich pojazdów elektrycznych i hybrydowych.

Jak wynika z badania, potencjalnie największym zagrożeniem związanym z użytkowaniem pojazdu elektrycznego lub hybrydowego jest ryzyko związane z pożarem.

Według danych podawanych przez Państwową Straż Pożarną w przedziale 2020-2023 roku doszło łącznie do 12 pożarów aut elektrycznych oraz 52 hybrydowych. Jest to niski

wskaźnik, jednakże mało obiektywny, ze względu na niewielką ilość eksploatowanych pojazdów elektrycznych oraz na fakt, że są to w większości pojazdy nowe o niskim stopniu zużycia.

Posiadanie auta elektryczne ma też swoje plusy:

- możliwość jazdy po buspasach,
- darmowe parkowanie w centrach miast,
- wjazd do stref czystego transportu,
- niższe koszty serwisu,
- cicha praca,
- brak emisji spalin,
- dofinansowanie.

Auta elektryczne nie rzadko stają się lepszą opcją do zakupu bądź leasingu. W Polsce od 2021 roku istnieje program „Mój elektryk”, który został stworzony przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Realizowany jest on od 12 lipca 2021 roku do 30 września 2025 roku. Ma on na celu promocję aut elektrycznych. W ramach tego programu można korzystać z dopłaty do zakupu takiego samochodu. Obecnie udział mogą wziąć w tylko osoby fizyczne. Kwoty dofinansowania wynosi 18750 zł lub dla posiadaczy Karty Dużej Rodziny maksymalnie 27000 zł.

Według danych podanych pod koniec marca 2023r. w Polsce jest zarejestrowanych jest 67127 pojazdów hybrydowych i elektrycznych, z czego 33263 pojazdy to są elektryczne a 33864 pojazdy hybrydowe. Od samego początku roku przybyło 5500 samochodów o wyżej wymienionych napędach, co jest wynikiem o 84% lepszym porównując do podobnego okresu w 2022 roku.

Podsumowanie

Pojazdy zasilane wyłącznie energią elektryczną stały się symbolem transformacji w przemyśle motoryzacyjnym. Wysoka wydajność i ekologiczne zalety elektrycznych silników napędowych sprawiły, że samochody elektryczne stały się realną alternatywą dla pojazdów spalinowych. Postęp w technologii baterii umożliwił znaczne zwiększenie zasięgu pojazdów elektrycznych, eliminując jednocześnie większość obaw dotyczących ich ograniczonej autonomii. Dzięki temu, coraz więcej osób decyduje się na zakup samochodu elektrycznego jako ekologiczną i oszczędną alternatywę dla tradycyjnych pojazdów.

Bardzo popularne hybrydy stanowią połączenie tradycyjnych silników spalinowych i silników elektrycznych. Te samochody wykorzystują zalety obu technologii, oferując większą efektywność paliwową i ograniczając emisję szkodliwych substancji. Dzięki systemowi rekuperacji, energia wydzielana podczas hamowania lub zwalniania może być odzyskiwana i wykorzystywana do ładowania baterii pojazdu. Dlatego hybrydy są szczególnie popularne w przypadku pojazdów o większej masie, takich jak SUV-y, gdzie większe silniki spalinowe są wspierane przez silniki elektryczne, przyczyniając się do zmniejszenia emisji i zużycia paliwa.

Jak wynika z przeprowadzonego badania, większa część ankietowanych nie uznaje samochodów elektrycznych i hybrydowych za bardziej bezpieczne niż standardowe pojazdy

z jednostkami spalinowymi. Powodem tego może być ryzyko związane z pożarem auta wykorzystującego układy elektryczne lub hybrydowe. Może to być związane z niewystarczającą infrastrukturą związaną z ładowaniem oraz z brakiem odpowiedniej wiedzy na ten temat. Ponad 80% ankietowanych nie posiada lub nie posiadało nigdy pojazdu hybrydowego lub elektrycznego. Z tego też może wynikać fakt, że tylko nie całe 30 % badanych wie jak wygląda utylizacja pojazdu elektrycznego lub hybrydowego, a niecałe 17 % wie, jak zachowywać się z takim pojazdem w przypadku wypadku. Jednak respondenci w większości zgodnie odpowiadają, że wiedza oraz świadomości ludzi dotycząca tego typu samochodów jest nie wystarczająca.

Przeprowadzone badanie dowiodło, że nie ma jednoznacznej odpowiedzi dotyczącej wprowadzenia bardziej rygorystycznych przepisów dotyczące bezpieczeństwa pojazdów elektrycznych i hybrydowych. Prawie 73% respondentów zgodnie uważa, że względ bezpieczeństwa nie jest brany pod uwagę w kwestii zakupu takiego pojazdu. Jednocześnie 61% ankietowanych uważa, że pojazdy z tych kategorii posiadają odpowiednie systemy bezpieczeństwa. Również są zgodni w kwestii udostępniania przez producentów większe ilości informacji dotyczących bezpieczeństwa pojazdów elektrycznych i hybrydowych. Jest to też powód tego, aby konsumenci byli bardziej świadomi zagrożeń związanych z ładowaniem, bezpieczeństwem oraz użytkowaniem pojazdu z napędem elektrycznym lub hybrydowym.

Nie można jednoznacznie stwierdzić, który z napędów stosowanych w motoryzacji jest lepszy, a który gorszy. Każdy z nich ma swoje wady i zalety. Chociaż teoretycznie jest to oczywiste, każdy potencjalny klient ma swoje preferencje. Biorąc pod uwagę różne kryteria (ekonomiczne, ekologiczne, praktyczne), można podjąć decyzję o zakupie konkretnego pojazdu. Jeden kupujący wybierze diesla, bo nie interesuje go ekologia, a daleki zasięg na jednym tankowaniu. Drugi ponad wszystko woli osiągi 12-cylindrowego benzyniaka, a trzeci jest eko i kupi elektryka.¹⁴

Bibliografia

- Babula M., Pietruszczak D.: Wybrane aspekty ekologicznych pojazdów samochodowych, Autobusy 6, Radom, 2017.
- Bojanowska M.: Zanieczyszczenia motoryzacyjne w środowisku, Autobusy 12, Radom, 2011.
- Dąbała K., Dudziński J.: Prace Instytutu Elektrotechniki, zeszyt 260, PW, Warszawa, 2012.
- Gajewski J., Paprocki W.: Pieriegud J., Elektromobilność w Polsce na tle tendencji europejskich i globalnych, CMS, Warszawa, 2019.
- Grzesiak L., Ufnalski B.: Kaszewski A., Sterowanie napędów elektrycznych Analiza, modelowanie, projektowanie, PWN, Warszawa, 2016.
- Hennek K.: Perspektywy rozwoju i wykorzystania pojazdów elektrycznych, Autobusy 6, 2018.
- Jamróz A., Wiktor M.: Wady i zalety użytkowania samochodów osobowych w zależności od stosowanego napędu, AGH, Kraków, 2021.
- Krzak J.: Samochody hybrydowe i elektryczne. Perspektywy rozwoju rynku w Polsce, BAS, Warszawa, 2012.
- Małek A.: Napędy pojazdów elektrycznych i hybrydowych Tom 2, WSEII, Lublin, 2021.

¹⁴ Jamróz A., Wiktor M.: Wady i zalety użytkowania samochodów osobowych w zależności od stosowanego napędu, AGH, Kraków, 2021.

- Merkisz J., Pielecha I.: Układy elektryczne pojazdów hybrydowych, Politechnika Poznańska, Poznań, 2015.
- Rudnicki T.: Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne Nr 80, PŚ, Gliwice, 2008.
- Szumski E.: Pawełczyk M., Ocena korzyści zastosowania napędów hybrydowych w pojazdach komunikacji miejskiej, Autobusy, 6, Radom, 2017.
- Śliwka M., Łyko P., Pomykała R.: Aspekty ekonomiczne i ekologiczne wybranych alternatywnych źródeł zasilania samochodów osobowych, AGH, Kraków, 2015.

Adres do korespondencji: g.dzieniszewski@pansp.pl

ORCID: Grzegorz Dzieniszewski 0000-0002-2712-1131

ORCID: Norbert Pedryc 0000-0001-5482-5057

KONTROLA TEMPERATURY W CHŁODNICZYM ŁAŃCUCHU DOSTAW

Tomasz Jakubowski¹, Paulina Wrona¹

¹ Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych,
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wprowadzenie

Chłodniczy transport żywności regulowany jest konwencją ATP (*Accord Relatif aux Transports Internationaux de Denrées Périssable et aux Engins Spéciaux a Utiliser pour ces Transports*) będącą międzynarodową umową w zakresie przewozu towarów szybko psujących się¹. Konwencja ta określa również formę specjalnych środków transportu dopasowanych do tego rodzaju przewozów a w szczególności reguluje wymagania odnoszące się do: temperatury, w której należy przechowywać towar, wyposażenia i warunków termicznych jakie musi spełniać pojazd, kontroli zgodności z normami środków transportu i urządzeń chłodniczych oraz procedur i metod wg których te pomiary mają być przeprowadzane.

Przeznaczeniem zatem Konwencji ATP jest polepszenie warunków jakościowych, w ujęciu międzynarodowym, szybko psujących się artykułów żywnościowych w czasie ich przewozu - przy czym umowa ta ma zastosowanie do każdego przewozu artykułów żywnościowych głęboko zamrożonych lub zamrożonych. Konwencja ATP spełnia przede wszystkim swoją rolę w odniesieniu do żywności w aspekcie jej zdrowotnego bezpieczeństwa².

Przekroczenie granicznych parametrów fizycznych (temperatury, wilgotności powietrza) działających na produkt spożywczy, czasu jego alokacji czy nieodpowiedni dobór środka transportu może prowadzić do niekorzystnych zmian jakościowych produktu, w tym biochemicznych. Proces przechowywania transportowanych środków spożywczych w otoczeniu obniżonej temperatury niweluje oddziaływanie szkodliwych mikroorganizmów, spowalnia utlenianie tłuszczu, lecz nie zapobiega naturalnemu ubytkowi wody i powstawaniu uszki. Oczywiście wielkość i zakres tych zmian uzależniony jest od wielu czynników, jak zastosowanego opakowania, postaci produktu, sposobu jego przetworzenia czy warunków zachowania łańcucha chłodniczego. Transport chłodniczy (kołowy, szynowy czy wodny) realizowany jest przeważnie przez środki transportu chłodzone mechanicznie (pozwalające na obniżanie

¹ Umowa o międzynarodowych przewozach szybko psujących się artykułów żywnościowych i o specjalnych środkach transportu przeznaczonych do tych przewozów (ATP), przyjęta w Genewie dnia 1 września 1970 r.

² Brzeziński M.: Logistyka w przedsiębiorstwie, Wyd. Bellona, Warszawa, 2006.

temperatury i jej utrzymanie w przedziale od $+12^{\circ}\text{C}$ do -20°C) oraz izolowane ciepłnie co ogranicza wymianę ciepła z otoczeniem^{3,4}.

Celem pracy była analiza zmian temperatury i wilgotności zachodzących we wnętrzu środka transportowego przeznaczonego do przewozu żywności w warunkach jego pracy.

Zakres pracy i metoda badań

Obiektem badań był środek transportu wyposażony w indywidualne urządzenie chłodnicze. Nadwozie pojazdu przygotowane było do schładzania wnętrza (w przedziale temperatur od $+12$ do -10°C) przy maksymalnej temperaturze powietrza na zewnątrz $= +30^{\circ}\text{C}$ oraz do utrzymania wymaganej temperatury przez cały okres przewozu towaru (klasa B środka transportu). Badaniami objęto 3 przejazdy chłodni wykonane w maju 2022 roku, trasa mieszana (miasto-poza miastem) w temperaturze otoczenia $19-24^{\circ}\text{C}$, dystans $26-34$ km, czas trwania $2,5-4,5$ godziny, liczba przystanków (rozładunków) $5-11$ (tab. 1). Badania realizowano w województwie małopolskim^{5,6}.

Przewożonym materiałem były produkty zwierzęce (tab. 2) zabezpieczone w plastikowych opakowaniach transportowych (rys. 1). Materiał pobierano bezpośrednio z magazynu chłodni w którym panowała temperatura $0-2^{\circ}\text{C}$, łączny czas, w którym odbywał się transport i załadunek towaru trwał nie dłużej niż 10 min. Opakowania transportowe wraz z materiałem lokowano we wnętrzu chłodni transportowej w temperaturze $0-1^{\circ}\text{C}$.

Tabela 1. Charakterystyka badanych przejazdów.

Nr trasy przejazdu	Dystans (km)	Czas przejazdu (min)	Liczba rozładunków	Temperatura otoczenia ($^{\circ}\text{C}$)
I	26	150	5	19
II	34	270	11	23
III	29	215	7	24

Źródło: (obliczenia własne)

Tabela 2. Maksymalne dopuszczalne temperatury dla transportowanych produktów mięsnych

Przewożony produkt	Dopuszczalna maksymalna temperatura
Gotowe produkty mięsne	$+2^{\circ}\text{C}$
Mielone mięso i wszelkie jego przetwory	$+2^{\circ}\text{C}$ (lub widniejąca na etykiecie/innych dokumentach przewozowych)
Podroby i wszelkie ich przetwory	$+3^{\circ}\text{C}$

Źródło: (Stajniak i n., 2016)

³ Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J.: Zarządzanie logistyczne, PWE, Warszawa, 2007.

⁴ Krzewińska A., Matyszek K., Wymagania stawiane środkom transportu żywności, Autobusy, 5, 240-246, 2012.

⁵ Stajniak M., Konecka S., Szopik-Depczyńska K.: Transport produktów spożywczych w temperaturze kontrolowanej. Autobusy, 11, 164-167, 2016.

⁶ Bieńczak K., Rochata T., Stachowiak A., Zwierzycki W., Kaczmarek R.: Uwarunkowania technologiczne w transporcie chłodniczym wybranych produktów spożywczych. Chłodnictwo, 10, 28-34, 1997.



Rys. 1. Sposób transportu i zabezpieczenia przewożonego towaru

Źródło: (<https://thermocars.pl>)

Pomiar temperatury i wilgotności

Jako narzędzie pomiarowe zastosowano termohigrometry (rejestratory LB-518) stanowiące główną część bezprzewodowego systemu kontroli warunków transportu Trans-Logger-B firmy LAB-EL. System wyposażony był w czujniki temperatury i wilgotności względnej powietrza, urządzenie raportujące warunki przewozu na drukarkę (raporty CSV i PDF), transmitter GSM do serwera LBX oraz dedykowaną aplikacją dla systemu Android^{7,8,9}.



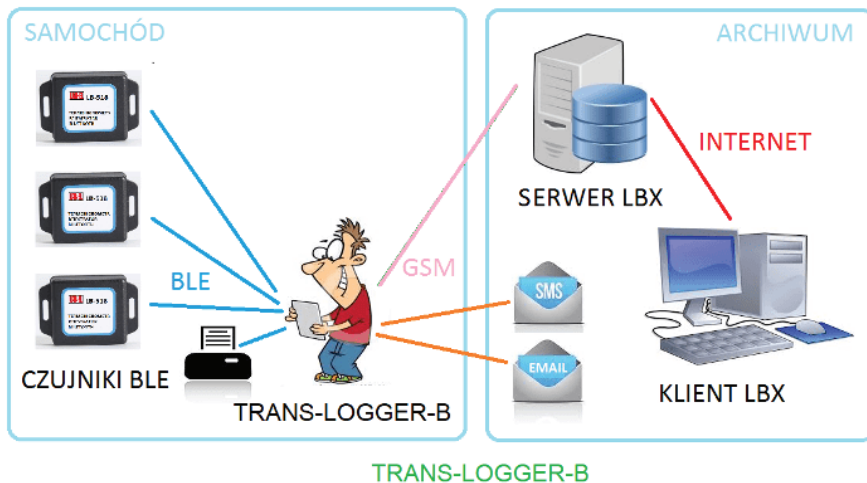
Rys. 2. Wykorzystany w badaniach rejestratory LB-518 i jego pozycja w systemie Trans-Logger-B

Źródło: (<https://www.label.pl/po/kontrola-temperatury-w-transportcie-ble.html>)

⁷ <https://www.label.pl/po/kontrola-temperatury-w-transportcie-ble.html>

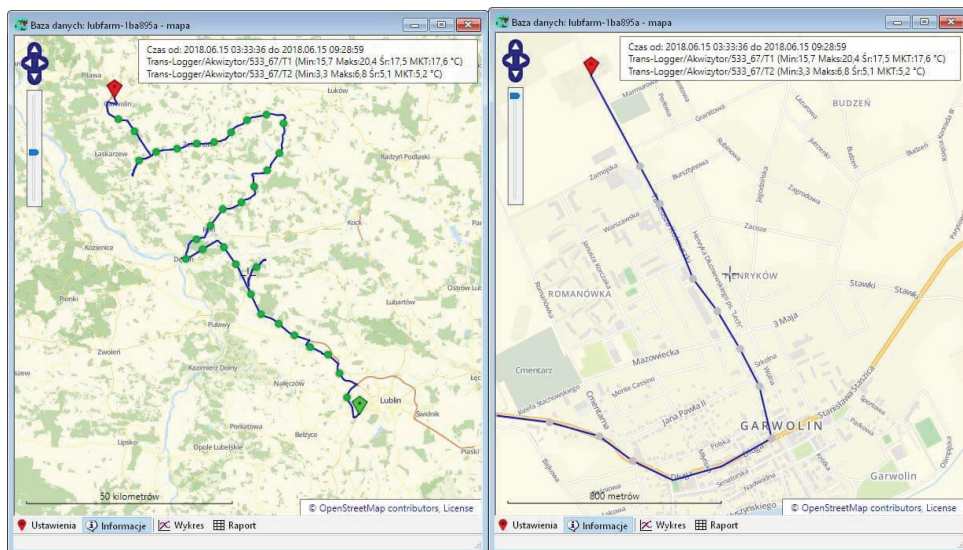
⁸ <https://www.label.pl/po/rejestrator-lb510.html>

⁹ <https://thermocars.pl>



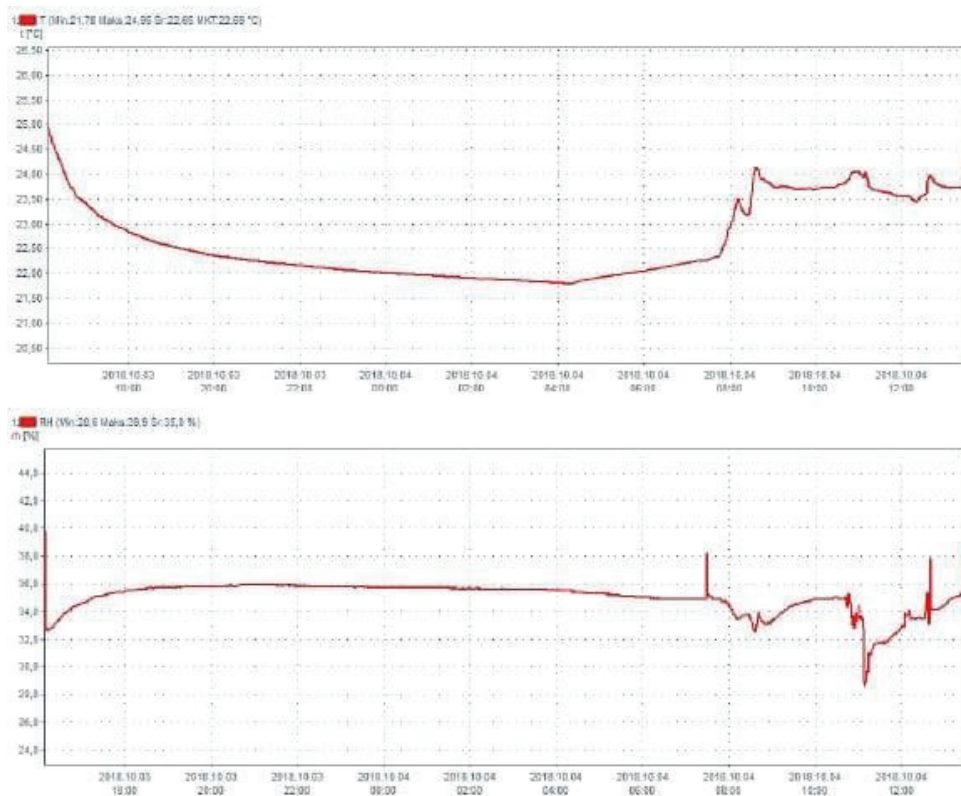
Rys. 3. System kontroli warunków transportu Trans-Logger-B

Źródło: (<https://www.label.pl/po/kontrola-temperatury-w-transportcie-ble.html>)



Rys. 4. Wizualizacja trasy przejazdu środka transportu wykonana poprzez system Trans-Logger-B

Źródło: (<https://www.label.pl/po/kontrola-temperatury-w-transportcie-ble.html>)



Rys. 5. Graficzna prezentacja mierzonych parametrów w systemie Trans-Logger-B

Źródło: (<https://www.label.pl/po/rejestrator-lb510.html>)

Analiza statystyczna wyników

Analizie poddano dane dotyczące wartości temperatury i wilgotności względnej powietrza we wnętrzu chłodni transportowej (zmiennie zależne). Jako zmienne niezależne przyjęto kolejne przejazdy z uwzględnieniem przebytego dystansu, czasu jego trwania oraz liczbą przystanków¹⁰. Zastosowano analizę wariancji efektów głównych poprzedzoną badaniem normalności rozkładu w populacji danych (test K-S) oraz jednorodności wariancji w próbach (test Levene'a). Określono wartość statystyki F-Snedecora – założono poziom prawdopodobieństwa testowego $\alpha = 0.05$. Dla statystycznie istotnych predyktorów jakościowych określono grupy homogenicznych zmiennych (test Duncana). Analizę statystyczną wykonano w programie STATISTICA v. 13.1.

¹⁰ Piekarska J., Kondratowicz J.: Wykorzystanie technologii chłodniczej w transporcie żywności. Chłodnictwo, 4, 44-47, 2011.

Wyniki badań i ich omówienie

Wyniki testów K-S i Levene'a pozwoliły na zastosowanie parametrycznej wersji ANOVA. Wartość Test-F Snedecora wskazała na istotny wpływ wykonanych przejazdów na przynajmniej jedną z badanych zmiennych zależnych. Wynik wielokrotnych porównań post-hoc (test Duncana) pozwolił na doprecyzowanie, że wykonane przejazdy istotnie modyfikują wartości względnych temperatur i wilgotności we wnętrzu środka transportu. Analiza danych wskazuje, że bez względu na warunki przejazdu nie została przekroczona maksymalna dopuszczalna temperatura (+2°C) dla transportowanych produktów mięsnych. Wskazuje to, że zachowane zostały warunki łańcucha chłodniczego we wszystkich badanych przejazdach. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzić można, że w przejeździe nr II odnotowano, we wnętrzu chłodni transportowej, wartość temperatury najbliższą do maksymalnej dopuszczalnej. Temperatury najdalszą od maksymalnej dopuszczalnej stwierdzono w przejeździe nr I. Przejazdy I i II różniły się znacznie w zakresie przebytego dystansu, czasu przejazdu i liczby rozładunków¹¹.

Tabela 2. Wynik analizy wariancji - wpływ wykonanego przejazdu na wartość względną temperatury i wilgotności we wnętrzu środka transportu

Zmienna niezależna	Test-F Snedecora	Poziom prawdopodobieństwa testowego (p)
Wyraz wolny	27432,441	0,000
Przejazd	408,141	0,000

Tabela 3. Układ grup homogenicznych (wynik testu Duncana) - wartość względnej temperatury we wnętrzu środka transportu w zależności od wykonanego przejazdu

Przejazd	Temperatura (°C)	Grupy jednorodne		
		1	2	3
I	1,60	****		
III	1,72		****	
II	1,91			****

Tabela 5. Układ grup homogenicznych (wynik testu Duncana); wartość względnej wilgotności we wnętrzu środka transportu w zależności od wykonanego przejazdu

Przejazd	Wilgotność (%)	Grupy jednorodne		
		1	2	3
I	95,11	****		
III	94,43		****	
II	93,20			****

¹¹ Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia. Dz.U. 2006 nr 171 poz. 1225.

Podsumowanie

W przeprowadzonym doświadczeniu zachowana została ciągłość łańcucha chłodniczego we wszystkich badanych przejazdach. Bez względu na warunki przejazdu nie została przekroczona maksymalna dopuszczalna temperatura dla transportowanych produktów mięsnych. Zmiana parametrów fizycznych we wnętrzu chłodni transportowej determinowana była głównie poprzez liczbę rozładunków w zaplanowanej trasie przejazdu.

Bibliografia

- Bieńczyk K., Rochata T., Stachowiak A., Zwierzycki W., Kaczmarek R.: Uwarunkowania technologiczne w transporcie chłodniczym wybranych produktów spożywczych. *Chłodnictwo*, 10, 28-34, 1997.
- Brzeziński M.: *Logistyka w przedsiębiorstwie*, Wyd. Bellona, Warszawa, 2006.
- Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J.: *Zarządzanie logistyczne*, PWE, Warszawa, 2007.
- Krzewińska A., Matysek K., Wymagania stawiane środkom transportu żywności, *Autobusy*, 5, 240-246, 2012.
- Kontrola temperatury w transporcie (on-line): Pozyskano z: <https://www.label.pl/po/kontrola-temperatury-w-transporcie-ble.html>.
- Pojazdy chłodnicze (on-line): Pozyskano z: <https://thermocars.pl>
- Piekarska J., Kondratowicz J.: Wykorzystanie technologii chłodniczej w transporcie żywności. *Chłodnictwo*, 4, 44-47, 2011.
- Rejestrator LB510 (on-line): Pozyskano z: <https://www.label.pl/po/rejestrator-lb510.html>
- Stajniak M., Konecka S., Szopik-Depeczyńska K.: Transport produktów spożywczych w temperaturze kontrolowanej, „Autobusy”, 11, 164-167, 2016.
- Umowa o międzynarodowych przewozach szybko psujących się artykułów żywnościowych i o specjalnych środkach transportu przeznaczonych do tych przewozów (ATP), przyjęta w Genewie dnia 1 września 1970 r, (Dz. U. z 1984 r. Nr 49, poz. 254).
- Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia. Dz.U. 2006 nr 171 poz. 1225.

Adres do korespondencji: tomasz.jakubowski@urk.edu.pl

ORCID: Tomasz Jakubowski 0000-0002-5141-2705

ORCID: Paulina Wrona 0000-0001-8788-5566

ERGONOMICZNA OCENA DRGAŃ OGÓLNYCH WYBRANYCH SAMOCHODÓW OSOBOWYCH Z NAPĘDEM 4X4

Paweł Kielbasa¹, Anna Miernik¹, Paweł Pysz¹, Akinniyi Akinsunmade¹, Piotr Bidas¹, Grzegorz Dzieniszewski^{2,3}

¹ Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

² Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu

³ Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Rzeszowska

Wprowadzenie

Interakcja systemów technicznych z systemami biologicznymi jest przedmiotem badań wielu autorów. Znaczna część prac dotyczy zagadnień geometrii stanowiska pracy¹², poprzez środowisko akustyczne³⁴ i skupia się głównie na kwestiach obciążenia psychicznego⁵⁶. Jednak drgania mechaniczne, pomimo stosowania nowoczesnych rozwiązań, nadal stanowią istotne zagrożenie. Źródłem drgań mechanicznych są środki pracy wykorzystywane podczas wykonywania pracy - instalacje, pojazdy, maszyny, narzędzia, przyrządy. Podczas pracy ze sprzętem (źródłem drgań) są one bezpośrednio przenoszone na organizm ludzki. Wibracje są jednym z najczęstszych zagrożeń dla zdrowia dla pracowników w środowisku pracy⁷. Skutkiem długotrwałego narażenia na uciążliwe warunki pracy są dolegliwości mięśniowo-szkieletowe⁸. Oceniając wpływ drgań mechanicznych na organizm ludzki, należy wziąć pod

¹ Kielbasa P., Juliszewski T., Cieślowski B., Bąba K.: Ergonomiczna ocena geometrii stanowiska pracy wybranych ciągników rolniczych. *Logistyka*, 4, 2015.

² Juliszewski T., Cieślowski B., Kielbasa P., Bąba S.: Ergonomiczna charakterystyka urządzeń sterowniczych we współczesnych ciągnikach rolniczych o mocy od 130kW do 165kW. *Logistyka*, 6, 2014.

³ Kielbasa P., Szelański T.: Ergonomic evaluation of acoustic environment in the livestock building converted for industrial purposes. *Agricultural Engineering*, 4(148), 2013.

⁴ Cieślowski B., Kielbasa P. Poprawa klimatu akustycznego hali montażu. *Technika Transportu Szybowego*, 12, 2015.

⁵ Kielbasa P., Juliszewski T., Chachłowska M.: Analiza obciążenia fizycznego o charakterze statycznym pracowników warsztatowych, wykonujących wybrane czynności naprawcze typowego parku maszynowego. *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, nr 6, 2016.

⁶ 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*, nr 12, 2015.

⁷ Dziurdź J. Zagrożenia człowieka w środowisku pracy. Drgania i hałas. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2011.

⁸ Konarska M.: Ergonomia w dyrektywach i normach, *Bezpieczeństwo pracy*, nr 1, 2007.

uwagę m.in. fizjologiczne, fizyczne i psychologiczne cechy człowieka, częstotliwość drgań własnych narządów wewnętrznych. Zakres częstotliwości, w którym badane i oceniane są drgania ogólne mieści się w przedziale 0,7 Hz - 90Hz, natomiast zakres częstotliwości, w którym badane i oceniane są drgania wnikaające do organizmu człowieka przez kończyny górne mieści się w przedziale 5,6 Hz - 1400Hz⁹. W zakresie 5,6 - 20 Hz występuje największa wrażliwość ludzkiego ciała na lokalną aktywność wibracyjną¹⁰. Częstotliwości drgań własnych większości narządów człowieka mieszczą się w zakresie 2 Hz - 25 Hz, np. częstotliwości drgań własnych głowy wynoszą 5 Hz i 25 Hz, szczęki 6 Hz - 8 Hz, narządów klatki piersiowej 5 Hz - 8 Hz, kończyn górnych 3 Hz, narządów jamy brzusznej 4,5 Hz - 1 Hz, pęcherza moczowego 10 Hz - 18 Hz, kończyn dolne 5 Hz¹¹. Badania środowiska wibracyjnego w miejscu pracy człowieka są niezwykle istotne i prowadzone w Polsce w oparciu o następujące normy¹²¹³¹⁴¹⁵. Normy te zostały wdrożone do polskiego prawodawstwa na podstawie Dyrektywy 2002/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady i zgodnie z tą Dyrektywą określono aktualne wartości NDN. Analizując zagrożenia związane z wibracjami i hałasem w trzynastu badanych pojazdach stwierdzono, że ryzyko zawodowe związane z tymi czynnikami tylko w jednym przypadku (samochód ciężarowy skrzyniowy) okazało się wysokie (przekraczające NDN) i w 12 przypadkach było co najwyżej średnie (przekraczające 0,5 NDN)¹⁶. W innym przypadku, analizując chwilowe widma wpływu wibracji na kierowcę i pasażera samochodu osobowego stwierdzili, że przy prędkości 50 km/h i przy częstotliwości około 23,4 Hz dla lokalnych drgań działających na pasażera w kierunku X, wartości skuteczne przyspieszenia drgań były wystarczająco wysokie, aby spowodować rezonans np. gałki ocznej lub dłoni¹⁷. Brytyjski instytut badawczy w Tatcham wraz z filią badawczą związku niemieckich firm ubezpieczeniowych UDV w 2009 roku przeprowadzili badania dotyczące bezpieczeństwa foteli kierowcy, w wyniku crash – testu doszło do jednoznacznych wniosków¹⁸ (online). W kwestii wysokości elementu oparcia siedziska stwierdzono, że im jest on wyższy tym bezpieczniejszy podczas jazdy. W teście wzięło udział 192 rodzajów foteli, zauważono z roku na rok tendencję wzrostową w kwestii rozwoju geometrii siedziska

⁹ Wykowska M.: Ergonomia. Uczelniane Wydawnictwa AGH, Kraków, 1994.

¹⁰ Kotoń J.: Drgania mechaniczne. Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa, 2000.

¹¹ Engel Z., Kowal J.: Sterowanie procesami wibroakustycznymi. Wydawnictwa AGH Kraków, 1995.

¹² PN-EN ISO 5349 – 1: 2004 Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 1: Wymagania ogólne.

¹³ PN-EN ISO 5349 – 2: 2004 Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 2: Praktyczne wytyczne do wykonywania pomiarów na stanowisku pracy.

¹⁴ PN-EN 14253+A1: 2011 Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczenia zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia – Wytyczne praktyczne.

¹⁵ PN-EN ISO 8041: 2008 Drgania mechaniczne działające na człowieka. Mierniki.

¹⁶ Kowalski P.: Drgania i Hałas w pojazdach drogowych. Bezpieczeństwo pracy, nr 5, 10-13, 2007.

¹⁷ Schabek M., Łazarz B., Czech P., Matyja T., Witaszek K.: Oddziaływanie drgań miejscowych na kierowcę i pasażerów poprzez kierownicę i uchwyty w samochodach osobowych – cz. 1. Technika transportu szynowego, nr 12., 1355-1360, 2015.

¹⁸ https://team.landrover.pl/storage/Ur58razYBKMNk8RBMEkZp55/Katalog_DefenderL663_20MY_PL.pdf

kierowcy i uznano, że 36% z nich ma poprawną regulację oraz precyzję ustawienia. Warto zaznaczyć, iż w ubiegłym roku wynik wskazał 28%, a dwa lata wstecz zaledwie 19%. Najczęściej wynikiem działań drgań o charakterze ogólnym jest wystąpienie chorób w układzie kostnym, gdzie operator pojazdu zmagając się z bólem w lędźwiowej części pleców, ponadto wyniknąć mogą również dolegliwości w narządach wewnętrznych, które charakteryzują się objawami zaburzenia prawidłowego funkcjonowania układu pokarmowego, narządów klatki piersiowej oraz narządów rozrodczych.

Ocenę narażenia człowieka na drgania o ogólnym oddziaływaniu na jego organizm, występujące na stanowisku roboczym, w zależności od charakteru zmienności drgań, rodzaju ich oddziaływania na człowieka przeprowadza się jedną z trzech metod:

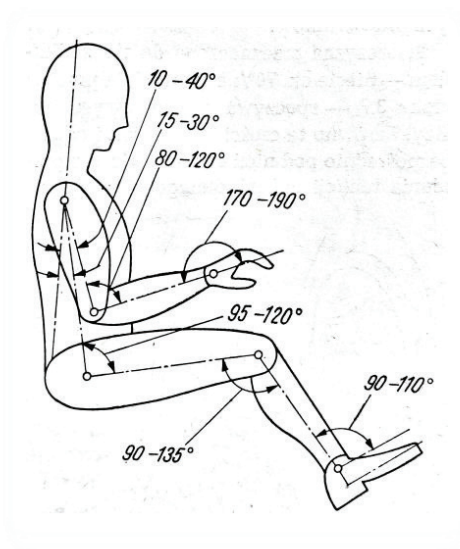
- metodą widmową
- metodą ważoną
- metodą dozymetryczną

Metodę oceny dozymetrycznej, jest zalecana podczas narażenia na drgania o nieregularnym, przerywanym działaniu w czasie zmiany roboczej. W tej metodzie ocena polega na analizie wartości przyspieszeń drgań bądź sumie wektorowej wartości przyspieszeń drgań dla poszczególnych wektorów X , Y , Z , a także określenie czasu w którym został wyznaczony również współczynnik szczytu drgań. Wynikiem wykorzystania metody dozymetrycznej formułuje się w ciągu 480min (zmiany roboczej) ocenę narażenia na oddziaływania kontrolowanych drgań w całym obszarze częstotliwości oraz zakresie czasu. Wybranie odpowiedniej metody wiąże się z przynależnością do odpowiedniego charakteru drgań, a także ekspozycji jak i aparatury pomiaru.

Metodę oceny ważonej stosuje się podczas całej zmiany roboczej, gdzie drgania skierowane są na organizm człowieka przy działaniu regularnie przerywanym lub ciągłym. Właściwościami, które są oceniane w metodzie to średniokwadratowa wartość ważona przyspieszeń drgań, suma wektorowa średniokwadratowych wartości ważonych przyspieszeń drgań dla wektorów X , Y , Z , a także pomiar współczynnika szczytu oraz czasu wpływu drgań.

Metodę oceny widmowej stosuje się do określenia dla jakich prędkości jazdy V dla ruchomego stanowiska pracy oraz dla których stacjonarnych odcinków czasowych występują największe narażenia na drgania na badanych stanowiskach pracy a także dla których trzecjowych pasm częstotliwości występują największe przyspieszenia

W ergonomii przyjmuje się, że aby organizm człowieka nie męczył się nadnormatywnie w przypadku pozycji siedzącej konieczne jest zachowanie tzw. kątów komfortu (rys. 1). Zawieszenia samochodu spełnia dwie ważne funkcje – zapewnia komfort jazdy i bezpieczeństwo związane z utrzymywaniem potencjału uzyskania wysokich wartości sił stycznych (wzdłużnych i poprzecznych). Dobierając parametry elementów zawieszenia jest problem w postaci parametrów takich jak sztywność elementów sprężystych i tłumienie elementów dyssypacyjnych jakimi są na ogół hydrauliczne tłumiki drgań. Trudność wynika ze sprzecznych obszarów uzyskiwania optymalnego wpływu dobranych parametrów na komfort i bezpieczeństwo. Komfort oceniany jest najczęściej na podstawie przyspieszeń drgań na nadwoziu lub na siedzisku pojazdu adekwatnie do miejsca styku danych części ciała z drgającymi elementami pojazdu.



Rys. 1. „Kąty komfortu” pomiędzy częściami ciała kierowcy pojazdu mechanicznego

Źródło: (Zalewski, Pleszyński 1985)

Cel, zakres i metodyka badań

Celem badań była ergonomiczna ocena środowiska wibracyjnego (drgań ogólnych) uwzględniając analizę widmową wybranych samochodów osobowych posiadających napęd na cztery koła, które mogą być wykorzystywane do jazdy terenowej oraz szosowej.

Pomiary zostały wykonane za pomocą miernika Svantek SVAN 958. Za pomocą programu komputerowego SvanPC+ wygenerowano analizy charakterystyk drgań mechanicznych (rys.2), w tym wielkości: wartość skuteczna (RMS), chwilowa wartość szczytowa (PEAK), chwilowa wartość międzyszczytowa (P-P) wartość międzyszczytowa (P-P) i maksymalna wartość skuteczna (MAX).



Rys. 2. Interfejs aplikacji SVAN PC+

Dla każdej oddzielnej czynności wykonywanej przez operatora, zmierzono wartości ważonych przyspieszeń drgań w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach: a_{wxi} ; a_{wyi} ; a_{wzi} - dla drgań ogólnych. Wszystkie pomiary i przeliczenia wykonano zgodnie z obowiązującymi normami^{19,20}. Całkowity czas ekspozycji pracownika na drgania podczas zmiany roboczej t (min), będący sumą czasów trwania t_i (min) i-tej czynności, obliczono zgodnie z zależnością (1):

$$t = \sum_{i=1}^n t_i \quad (1)$$

gdzie:

- t_i – liczba czynności wykonywanych z narażeniem na wibracje na kontrolowanym stanowisku pracy

Podczas oceny drgań ogólnych określa się dominujące ważne przyspieszenie drgań. Jest to najwyższa wartość skorygowanego przyspieszenia drgań wybrana spośród trzech składowych kierunkowych, co w praktyce oznacza jedną składową. Do oceny krótkotrwałego narażenia na drgania ogólne, których czas ekspozycji nie przekracza 30 minut, wybiera się wartość dominującą a_{wmax} , spośród n określonych skutecznych skorygowanych przyspieszeń drgań a_{wli} , z uwzględnieniem odpowiednich współczynników ($1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, a_{wz}), wyznaczonych zgodnie z zależnością (2):

$$a_{wmax} = \max\{a_{wli}\} = \max\{a_{wl1}, a_{wl2}, \dots, a_{wln}\} \quad (2)$$

gdzie:

- a_{wli} – efektywne ważne wartości przyspieszenia drgań, mierzone dla kierunku l ($l = x$ lub $l = y$ lub $l = z$) na stanowisku pracy, podczas wykonywania i -tej czynności ($m \cdot s^{-2}$).

Jeśli całkowity czas narażenia pracownika na wibracje ogólne t przekracza 30 minut, w analizie wykorzystuje się wielkość zwaną 8-godzinną ekspozycją na wibracje określona dla każdego kierunku oddzielnie, zgodnie z zależnością (3):

$$A(8)_l = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n a_{wli}^2 \cdot t_i} \quad (3)$$

gdzie:

- n – liczba czynności wykonywanych w narażeniu na wibracje,
 i – liczba czynności wykonywanych w narażeniu na wibracje,
 l – kierunek drgań (x , y lub z),

¹⁹ PN-EN ISO 5349 – 1: 2004 Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 1: Wymagania ogólne.

²⁰ PN-EN ISO 5349 – 2: 2004 Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 2: Praktyczne wytyczne do wykonywania pomiarów na stanowisku pracy.

- t_i – czas wykonywania i-tej czynności (min),
 T – 480 minut,
 a_{wli} – skorygowana wartość przyspieszenia drgań, mierzona w kierunkach x, y i z dla i-tej czynności w ekspozycji na drgania ($m \cdot s^{-2}$).

Do pomiaru drgań przenoszonych na organizm ludzki w sposób ogólny (podczas pracy w pozycji siedzącej) punkt pomiarowy zlokalizowano na siedzisku kierowcy samochodu zgodnie z wymaganiami normatywnymi²¹. Pomiar drgań wykonany został w trzech samochodach terenowych, w których punkt pomiarowy został zlokalizowany na siedzisku. Pojazdy poruszały się z prędkością $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Badania zostały przeprowadzone na pojazdach terenowych UAZ 469 (rys.3a), Nissan Pathfinder (rys.3b), Daihatsu Terios (rys.3c). Operator obsługiwał pojazd, ponadto realizował wszystkie czynności sterownicze konieczne do poprawnej realizacji przejazdu po zadanym odcinku drogi.



Rys. 3. Pojazdy użyte w doświadczeniu: a - UAZ 469, b - Nissan Pathfinder, c - Daihatsu Terios

Dane techniczne samochodu Uaz 469

- Rok produkcji: 1996r.
- Całkowita masa samochodu: 1630 kg
- Maksymalna prędkość przy maksymalnym obciążeniu – 100-105 km/h
- Silnik benzynowy gaźnikowy górnozaworowy, pojemność skokowa: 2445 cm^3
- Spalanie: 16 l/100 km na drodze, 28 l/100 km w terenie
- skrzynia 4 biegowa
- Napęd 4x4 (dołączany przedni most)
- Moment obrotowy: 17,2 kGm – 172 Nm przy 2200-2500 obr./min
- Moc: 70 KM przy 4000 obr./min
- Użyteczne obciążenie dla wszystkich rodzajów dróg – 7 osób + 100 kg

Dane techniczne samochodu Nissan Pathfinder:

- Rok produkcji: 2006r.
- Masa własna: 2235kg
- Pojemność silnika: 2488 cm^3 (diesel)

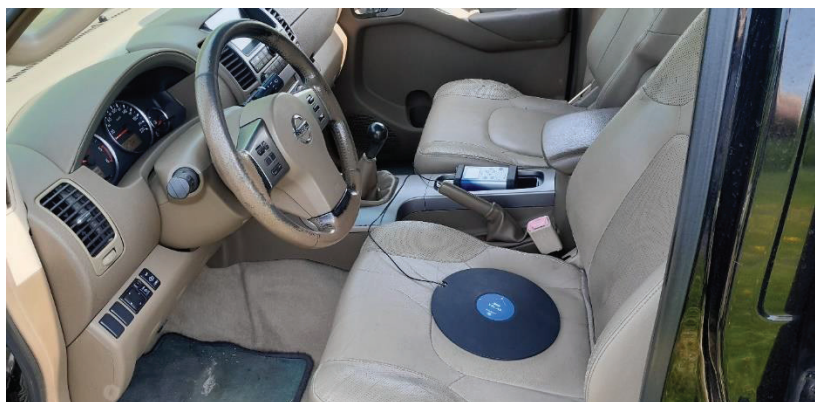
²¹ PN-EN 14253+A1: 2011 Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczenia zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia – Wytyczne praktyczne.

- Moc silnika: 174KM (128kW) przy 4000obr.
- Moment obrotowy: 403nM przy 2000obr.
- Rodzaj nadwozia: SUV/Off-road
- Skrzynia biegów: ręczna 6 biegowa
- Rodzaj napędu: Na cztery koła – selektywny
- Prędkość maksymalna: 175km/h
- Spalanie: 9,0 l/100km na drodze, 24l/100km w terenie

Dane techniczne samochodu Daihatsu Terios:

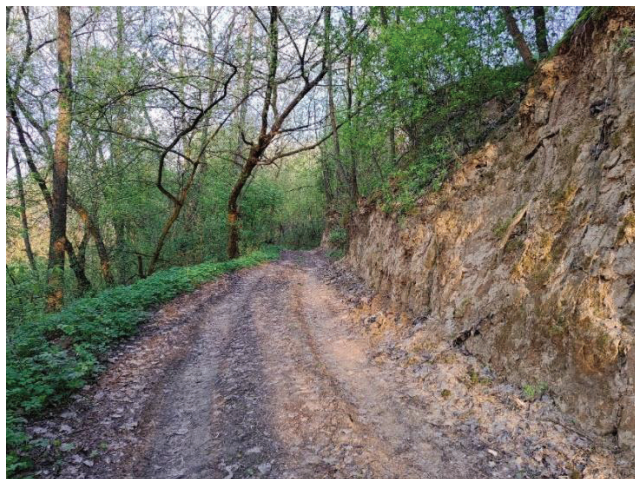
- Rok produkcji: 2005r.
- Pojemność silnika: 1.3 (benzyna)
- Moc silnika 86 KM (63 kW) przy 6000 obr/min
- Maksymalny moment obrotowy 120 Nm przy 3200 obr/min
- Rodzaj skrzyni: ręczna 5 biegowa
- Prędkość maksymalna: 145 km/h
- Spalanie: 6.5 l/100km na drodze, 15l/100km w terenie
- Masa własna pojazdu: 1250kg
- Rodzaj napędu: 4x4

Punkt pomiarowy zlokalizowany został w miejscu, w którym ciało człowieka (plecy i pośladki) ma kontakt z pojazdem terenowym, w tym przypadku drgań ogólnych jest to siedzisko samochodu (rys.4)



Rys. 4. Punkt pomiarowy zlokalizowany na siedzisku

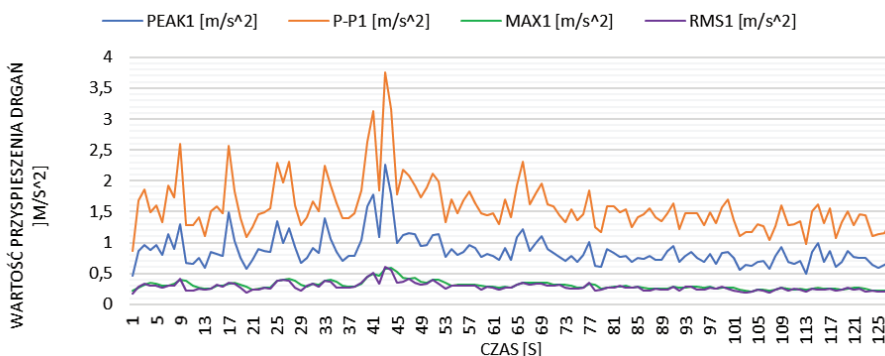
Przejazdy samochodami zostały wykonane na trasie o zróżnicowanym podłożu, których charakterystyka miała odzwierciedlać warunki terenowe o niewielkim stopniu skomplikowania (rys.5).



Rys. 5. Punkt pomiarowy zlokalizowany na siedzisku

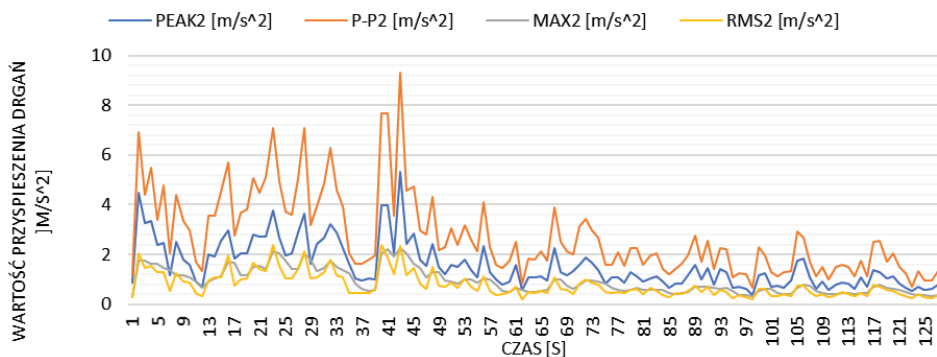
Wyniki badań

Rozpatrując wszystkie wartości przyspieszenia drgań wygenerowane dla samochodu terenowego marki UAZ 469 dla kanalu 1 (rys.6): wartość skuteczną (RMS), chwilową wartość szczytową (PEAK), chwilową wartość międzyszczytowa (P-P) oraz maksymalną wartość skuteczną (MAX). Zaobserwowano, że najniższa wartość skuteczna przyspieszenia drgań (RMS) wynosiła $0,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, najwyższa wartość międzyszczytowa była równa (P-P) $3,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Należy zaznaczyć, że maksymalna wartość szczytowa przyspieszenia drgań wynosiła $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Oznacza to znaczne zróżnicowanie środowiska drganiowego dla pierwszego kanału pomiarowego w czasie jazdy na odcinku pomiarowym.



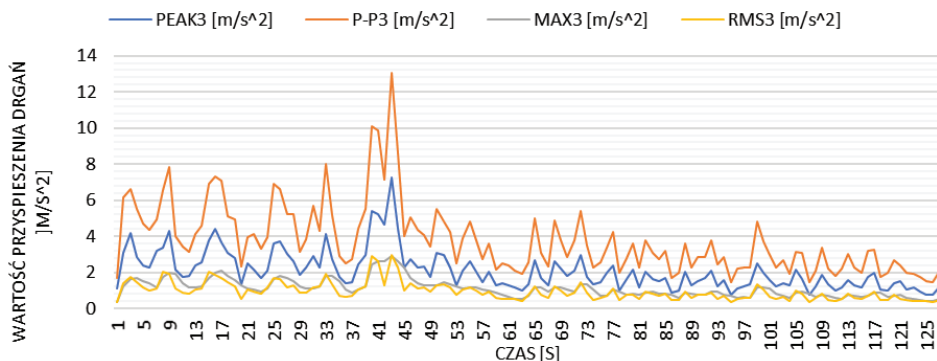
Rys. 6. Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań (PEAK), skutecznej (RMS), wartości międzyszczytowej przyspieszenia drgań (P-P) oraz maksymalnej wartości przyspieszeń drgań dla kanału pierwszego samochodu marki UAZ 469

Uwzględniając wszystkie wygenerowane wartości przyspieszeń drgań dla kanalu drugiego przejazdu samochodem (rys.7): wartość skuteczna (RMS), chwilowa wartość szczytowa (PEAK), chwilowa wartość międzyszczytowa (P-P) oraz maksymalna wartość skuteczna (MAX), które zostały zmierzone na siedzisku samochodu terenowego marki UAZ 469 poruszającego się po odcinku pomiarowym (rys. 7), stwierdzono że największa wartość międzyszczytowa (P-P) przyspieszenia drgań wyniosła aż $9,33 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Z kolei maksymalna wartość skuteczna wynosiła w $2,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Należy zaznaczyć, że przypadku analizowanego kanału zakres zmienności drgań mechanicznych o działaniu ogólnym był znacznie większy był w przypadku kanału pierwszego.



Rys. 7. Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań (PEAK), skutecznej (RMS), wartości międzyszczytowej przyspieszenia drgań (P-P) oraz maksymalnej wartości przyspieszeń drgań dla kanału drugiego samochodu marki UAZ 469

W przypadku trzeciego kanału pomiarowego (trzeciego kierunku oddziaływania drgań mechanicznych) zmierzonych na siedzisku kierowcy pojazdu UAZ 469 (rys.8), zaobserwowano, że chwilowa wartości międzyszczytowa (P-P) w jednym z pików osiągnęła poziom $12,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. W przypadku wartości szczytowej przyspieszenia drgań zaobserwowano, że wartość maksymalna wynosiła ok $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

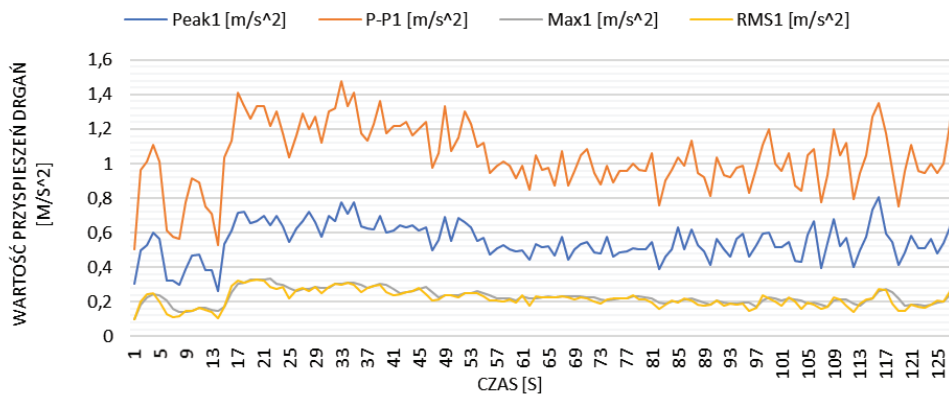


Rys. 8. Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań (PEAK), skutecznej (RMS), wartości międzyszczytowej przyspieszenia drgań (P-P) oraz maksymalnej wartości przyspieszeń drgań dla kanału trzeciego samochodu marki UAZ 469

Należy zaznaczyć, że pierwsza część trasy charakteryzowała się wyższymi wartościami przyspieszenia drgań, natomiast w drugiej części trasy poziom odnotowywanych drgań mechanicznych był o 30% niższy w stosunku do jej pierwszej części.

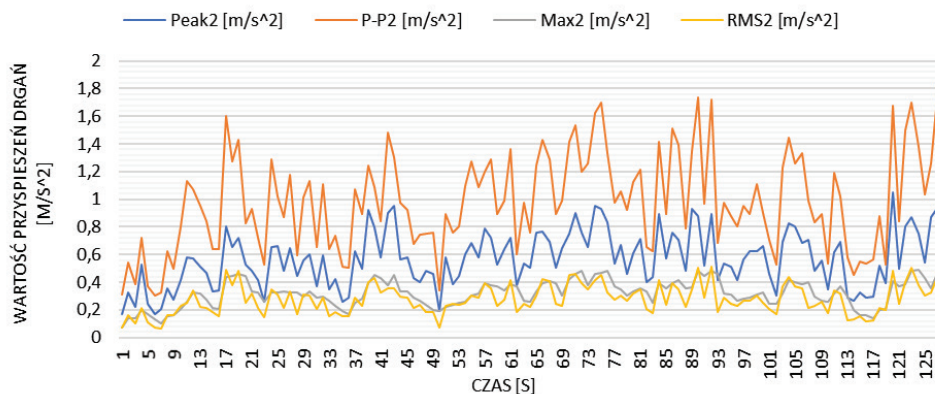
Biorąc pod uwagę wszystkie wygenerowane wartości szczytowe przyspieszeń drgań (PEAK) dla trzech kanałów wartość średnia wynosiła $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Z kolei najwyższa wartość wyniosła $7,24 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, dla kanału trzeciego, najniższa wartość szczytowa wynosząca $0,38 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ odnotowano w przypadku kanału drugiego. Analizując wartość międzyszczytową przyspieszeń drgań (P-P) dla trzech kanałów najwyższą wartość wynoszącą $13,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, odnotowano dla kanału trzeciego a najmniejsza wartość wynosząca $0,65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ odnotowano w przypadku kanału drugiego. Charakteryzując wartość międzyszczytową przyspieszenia drgań należy zaznaczyć, że wartości oscylowały najczęściej między $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ a $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, natomiast wartość średnia wynosiła $2,71 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Analizując zmierzone wartości skuteczne przyspieszeń drgań (RMS) stwierdzono, że najmniejsza wartość była równa $0,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, którą odnotowano w przypadku pierwszego, z kolei największa wartość przedmiotowej wielkości wynosząca $2,98 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, którą odnotowano w kanale trzecim. Średnia wartości skuteczne przyspieszenia drgań (RMS) ogólnych odnotowanych na siedzisku samochodu UAZ 469 wyniosła $0,67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Analizując parametry drgań ogólnych samochodu terenowego Nissan Pathfinder dla kanału pierwszego (rys. 9) opisanych wartościami: wartości skuteczne przyspieszenia drgań (RMS), chwilową wartość szczytową (PEAK), chwilową wartość międzyszczytową (P-P) oraz maksymalna wartość skuteczna (MAX). W przypadku wartości międzyszczytowej drgań najwyższa odnotowana wartość wynosiła $1,47 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, natomiast średnia wartość międzyszczytowa w ciągu całego pomiaru oscylowała w granica ok $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Analizując wartość skuteczną przyspieszenia drgań ogólnych zaobserwowano znaczne wyrównanie tego parametru oscylującego wokół $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, natomiast minimalna wartość skuteczna drgań wynosiła $0,09 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Wartość szczytowa drgań w czasie pomiaru mieściła się granicach od $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ do $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.



Rys. 9. Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań (PEAK), skutecznej (RMS), wartości międzyszczytowej przyspieszenia drgań (P-P) oraz maksymalnej wartości przyspieszeń drgań dla kanału pierwszego samochodu marki Nissan Pathfinder

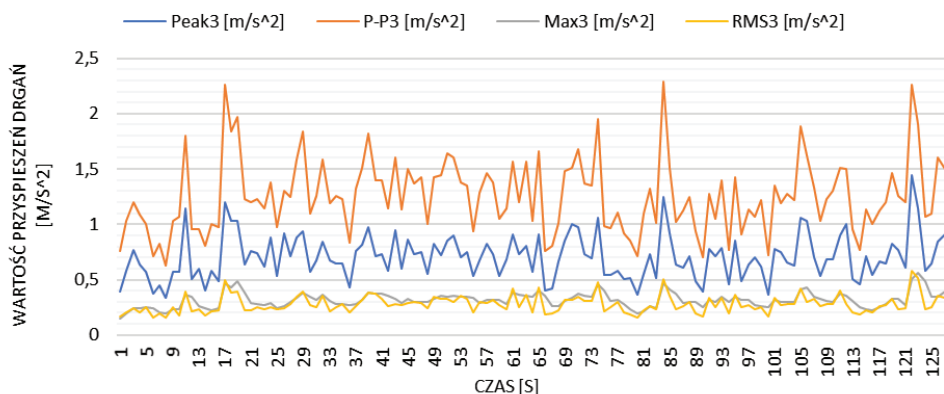
Biorąc pod uwagę poziom drgań mechanicznych dla kanału drugiego (rys. 10) wyrażonej parametrami: wartości skutecznej przyspieszenia drgań (RMS), chwilowej wartości szczytowej (PEAK), chwilowej wartości międzyszczytowej (P-P) oraz maksymalnej wartości skutecznej (MAX) odnotowano znacznie wyższe zróżnicowanie niż w przypadku drgań mechanicznych zidentyfikowanych dla kanału pierwszego. W przypadku wartości międzyszczytowej przyspieszenia drgań stwierdzono, że wartości maksymalne nie przekraczały $1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, natomiast zakres oscylacji przedmiotowej wartości wynosił ok $1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Równie zróżnicowana była wartość szczytowa przyspieszenia drgań której zmienność mieściła się w granicach od $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ do $1,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.



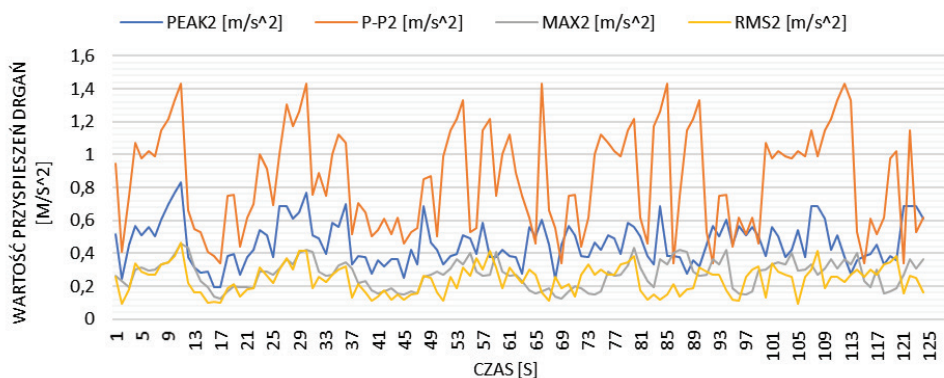
Rys. 10. Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań (PEAK), skutecznej (RMS), wartości międzyszczytowej przyspieszenia drgań (P-P) oraz maksymalnej wartości przyspieszeń drgań dla kanału drugiego samochodu marki Nissan Pathfinder

Rozpatrując wybrane wartości przyspieszeń drgań ogólnych dla kanału trzeciego samochodu terenowego Nissan Pathfinder (rys.11), zauważono że spośród wartości skutecznej przyspieszenia drgań (RMS), chwilowej wartości szczytowej (PEAK), chwilowej wartości międzyszczytowej (P-P) oraz maksymalnej wartości skutecznej (MAX) najwyższą wartość międzyszczytową przyspieszeń drgań (P-P) wynosiła $2,29 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Najniższą wartość przyspieszenia drgań wynosiła $0,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ i była charakterystyczna dla skutecznej wartości przyspieszeń drgań (RMS).

Na rysunku 12 przedstawiono wykres wartości wybranych parametrów drgań (wartości szczytowej przyspieszenia drgań (PEAK), skutecznej (RMS), wartości międzyszczytowej przyspieszenia drgań (P-P) oraz maksymalnej wartości przyspieszeń drgań (MAX)) mechanicznych dla drugiego kanału pomiarowego mierzonych na siedzisku samochodu terenowego Daihatsu Terios. Najwyższe wartości drgań mechanicznych odnotowano dla międzyszczytowej wartości (P-P), która wynosiła $1,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, z kolei najniższe wynoszące $0,09 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ odnotowano w przypadku wartości skutecznych przyspieszenia drgań (RMS).

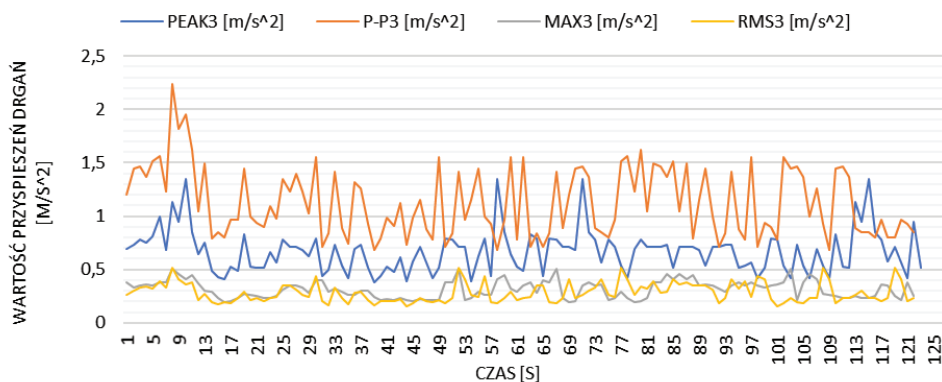


Rys. 11. Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań (PEAK), skutecznej (RMS), wartości międzyszczytowej przyspieszenia drgań (P-P) oraz maksymalnej wartości przyspieszeń drgań dla kanału trzeciego samochodu marki Nissan Pathfinder



Rys. 12. Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań (PEAK), skutecznej (RMS), wartości międzyszczytowej przyspieszenia drgań (P-P) oraz maksymalnej wartości przyspieszeń drgań (MAX) dla kanału drugiego samochodu marki Daihatsu Terios

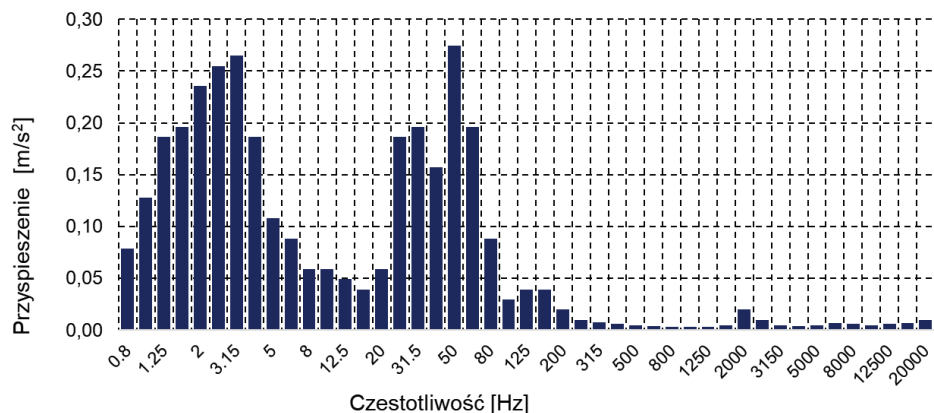
Rozpatrując wygenerowane wartości drgań mechanicznych dla kanału trzeciego (rys. 13) kolejno wartości szczytowej przyspieszenia drgań (PEAK), skutecznej (RMS), wartości międzyszczytowej przyspieszenia drgań (P-P) oraz maksymalnej wartości przyspieszeń drgań (MAX), stwierdzono że maksymalna wartość międzyszczytowa przyspieszenia drgań mechanicznych wynosiła $2,23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, natomiast najniższa wartość wynosząca $0,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ była charakterystyczna dla wartości skutecznej przyspieszenia drgań.



Rys. 13. Rozkład wartości szczytowej przyspieszenia drgań (PEAK), skutecznej (RMS), wartości międzyszczytowej przyspieszenia drgań (P-P) oraz maksymalnej wartości przyspieszeń drgań (MAX) dla kanału trzeciego samochodu marki Daihatsu Terios

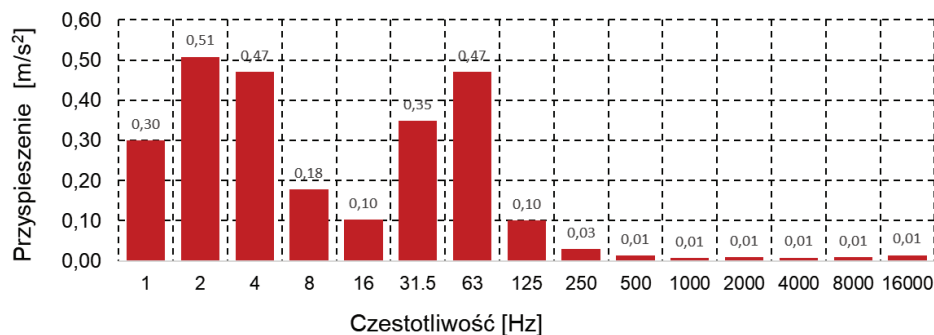
Uwzględniając szczytowe wartości przyspieszeń drgań (PEAK) dla trzech kierunków drgań ogólnych mierzonych na siedzisku samochodu Daihatsu Terios określono największą i najmniejszą wartość wynoszącą odpowiednio $0,19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ i $1,34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Pierwszą z w/w wartości odnotowano w kanale drugim, natomiast drugą odnotowano w przypadku kanału trzeciego. Średnia wartość szczytowa przyspieszenia drgań wynosiła $0,55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, warto zwrócić również uwagę na wartości najczęściej występujące, które oscylowały w obrębie od $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ do $0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. W przypadku wartości międzyszczytowych przyspieszeń drgań (P-P) najwyższą wartość odnotowano w trzecim kanale pomiarowym wynosząc $2,23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, natomiast najniższą wynoszącą $0,33 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ w kanale drugim. Należy jednak zaznaczyć, że wartość międzyszczytowa w przeważającym stopniu oscylowała wokół $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Analizując maksymalne wartości przyspieszeń drgań dla pojazdu terenowego Daihatsu Terios stwierdzono, że najwyższa wartość wynosząca $0,51 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ była charakterystyczna dla kanału trzeciego a najniższą równą $0,12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ dla kanału drugiego. Biorąc pod uwagę wartości skutecznych przyspieszeń drgań zaobserwowano, że najwyższa wartość równą $0,51 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ odnotowano dla kanału trzeciego, z kolei najniższa wartość równa $0,09 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ odnotowana w kanale drugim. Należy zaznaczyć, że znaczna większość danych oscyluje w okolicy $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ a średnia wartość wynosiła $0,23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Na rysunku 14 przedstawiono wykres pasma tercjowego (stosunek częstotliwości wartości skutecznych przyspieszeń drgań (RMS) pojazdu Uaz, największa wartość przyspieszeń drgań wynosiła $0,27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ przy częstotliwości 50 Hz, na szczególną uwagę zasługują również wartość przyspieszenia drgań $0,26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, która odnotowana jest przy częstotliwości 3,15 Hz. Obie te wartości są jednakowo najwyższe, w związku z czym w takiej częstotliwości drgania są najbardziej odczuwalne. Z kolei przy częstotliwościach powyżej 315 Hz wartości przyspieszeń drgań są zbliżone do siebie i nie przekraczają $0,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.



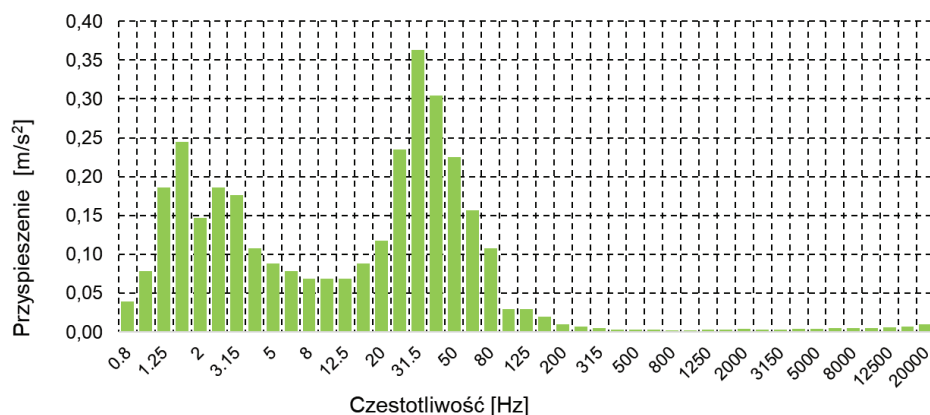
Rys. 14. Wynik analizy widmowej (tercje) wartości skutecznych przyspieszeń drgań (RMS) na siedzisku w samochodzie Uaz

Analizując widma drgań pasma oktawowego (stosunek częstotliwości 2:1) należy zwrócić uwagę na dwie jednakowe wartości przyspieszeń drgań $0,47 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, które należą do grupy najwyższych przyspieszeń RMS i zaliczają się do częstotliwości 63 Hz oraz 4 Hz (rys.15). Natomiast najwyższe wartości wynoszące $0,51 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, odnotowano przy częstotliwości 2 Hz. Warto zwrócić uwagę na częstotliwości powyżej 500 Hz, dla których przyspieszenia drgań były równomierne.



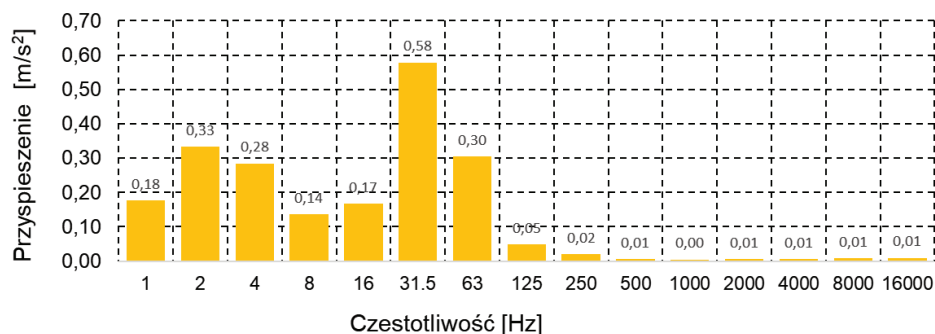
Rys. 15. Wynik analizy widmowej (oktawy) wartości skutecznych przyspieszeń drgań (RMS) na siedzisku w samochodzie Uaz

Na rysunku 16 przedstawiono wynik analizy widmowej pasma tercjowego skutecznych wartości przyspieszeń drgań, najwyższa z nich wynosi $0,36 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ i jest to wartość najwyższa spośród trzech badanych samochodów dla pasma tercji, która odnotowana została przy częstotliwości równej 31,5 Hz. Należy zwrócić uwagę, że od tej częstotliwości do 315 Hz jest tendencja spadkowa wartości RMS, w związku z czym odczuwalność drgań będzie coraz słabsza.



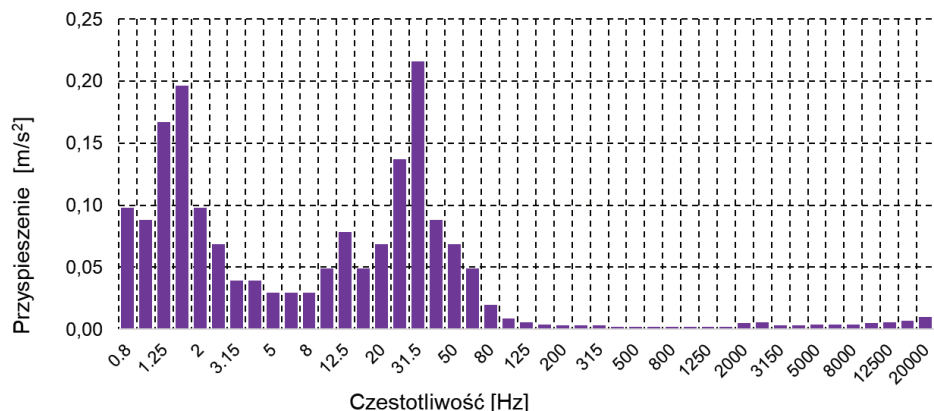
Rys. 16. Wynik analizy widmowej (tercje) wartości skutecznych przyspieszeń drgań (RMS) na siedzisku w samochodzie Terios

Analizując widmo drgań pasma oktawowego skutecznych przyspieszeń drgań dla samochodu Daihatsu Terios zaobserwowano, że jest to pojazd z najwyższą wartością RMS w tym paśmie częstotliwości i wynosi $0,58 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ przy 31,5 Hz (rys.17). Należy zwrócić uwagę na duże odchylenie pomiędzy najwyższym przyspieszeniem, a kolejno drugim co do wielkości, ponieważ różnica wynosi $0,20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, z czego wynika zróżnicowana odczuwalność drgań.



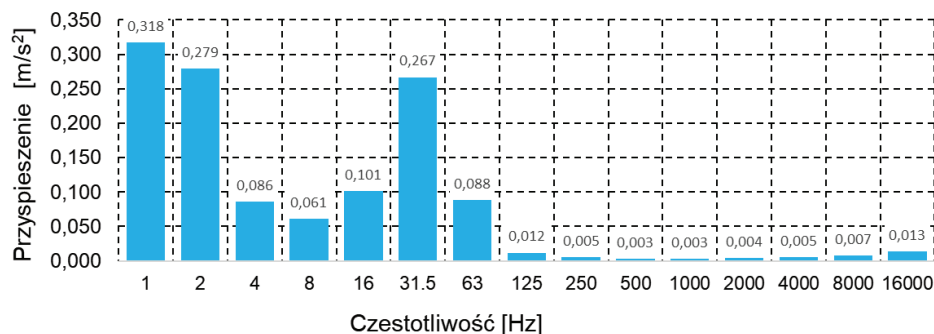
Rys. 17. Wynik analizy widmowej (oktawy) wartości skutecznych przyspieszeń drgań (RMS) na siedzisku w samochodzie Daihatsu Terios

Biorąc pod uwagę wykres widma drgań pasma tercjowego Nissana Pathfinder (rys.18) wartości skutecznych przyspieszeń drgań odnotowano dwie najwyższe wartości RMS bardzo zbliżone, różnica pomiędzy nimi to ok $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ i wynoszą kolejno $0,20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ oraz $0,21 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ przy czym zostały odnotowane dla częstotliwości 1,25 Hz i 31,5 Hz. Należy zaznaczyć, że są to wartości RMS najniższe spośród wszystkich badanych samochodów, z czego wynika najmniejsza odczuwalność drgań w tym paśmie.



Rys. 18. Wynik analizy widmowej (tercje) wartości skutecznych przyspieszeń drgań (RMS) na siedzisku w samochodzie Nissan Pathfinder

Na rysunku 19 przedstawiono wykres wartości skutecznej przyspieszeń drgań pasma oktawowego samochodu Nissan Pathfinder, odnotowano najwyższą wartość przyspieszeń drgań na poziomie $0,31 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, która została zmierzona dla częstotliwości 1 Hz, jest to jedyny pojazd spośród trzech, który przy początkowej częstotliwości ma największe przyspieszenie drgań. Kolejne wartości zaraz po najwyższym odchyleniu są bardzo zbliżone do siebie, ponieważ wynoszą kolejno $0,27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ oraz $0,26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, z kolei idąc w kierunku coraz mniejszych wygenerowanych przyspieszeń można zauważyć sporą różnicę w przyspieszeniach RMS i jest to ok $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Dodatkowo biorąc pod uwagę badane samochody, są to najniższe odnotowane wartości jest chodzi o pasmo oktawowo.



Rys. 19. Wynik analizy widmowej (oktawy) wartości skutecznych przyspieszeń drgań (RMS) na siedzisku w samochodzie Nissan Pathfinder

Podsumowanie

Stwierdzono, że w przypadku drgań ogólnych o charakterze poziomym wartość skuteczna RMS w przypadku samochodu terenowego UAZ wynosiła średnio nieco ponad $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, natomiast w przypadku drgań pionowych wartość skuteczna przyspieszenia drgań nie przekraczała $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Stwierdzono, że w przypadku samochodu osobowego Nissan Pathfinder wartość skuteczna przyspieszenia drgań ogólnych o charakterze poziomym i pionowym była zbliżona mieszcząc się w granicach od $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ do $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, charakteryzując się tym samym niewielką zmiennością pomimo zróżnicowanego pod względem nawierzchni odcinka drogi na którym przeprowadzono doświadczenie. Podobne wartości skuteczne przyspieszenia drgań odnotowano w przypadku samochodu marki Daihatsu Terios, jednak w przypadku tego pojazdu drgania o charakterze poziomym wyraźnie różniły się od drgań o charakterze pionowym.

Stwierdzono, że pod względem drgań ogólnych oddziałujących na kierowcę najlepszym spośród badanych samochodów był Nissan Pathfiner a najmniej tłumiącym drgania mechaniczne był samochód UAZ, co jest wynikiem innej konstrukcji zawieszenia w obu tych samochodach.

Analizując wartość skuteczną przyspieszenia drgań z uwzględnieniem częstotliwości odnotowano, że w przypadku samochodu UAZ najwyższe wartości występowały przy częstotliwościach 2-5 Hz oraz 70-80 Hz, natomiast w przypadku pozostałych częstotliwości wartości skuteczne przyspieszenia drgań były znacznie niższe. Nieco inną charakterystykę widmową drgań ogólnych stwierdzono w przypadku samochodu Daihatsu Terios, gdzie najwyższe wartości skuteczne przyspieszenia drgań odnotowywano przy częstotliwości 40 Hz. W przypadku samochodu marki Nissan Pathfinder najwyższe wartości skuteczne odnotowano dla częstotliwości 2 Hz oraz 35 Hz.

Stwierdzono, że tłumienie drgań mechanicznych w analizowanych pojazdach powinno być skoncentrowane w obrębie częstotliwości od 2 Hz do 5 Hz oraz od 35 Hz do 70 Hz, które stanowią realne zagrożenie dla kierowcy, szczególnie przy wystąpieniu zjawiska rezonansu.

Bibliografia

- Cieślowski B., Kielbasa P.: Poprawa klimatu akustycznego hali montażu. Technika Transportu Szybnego, nr 12, 2015.
- Dziurdź J.: Zagrożenia człowieka w środowisku pracy. Drgania i hałas. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011.
- Brzeziński M.: Logistyka w przedsiębiorstwie, Wyd. Belona, Warszawa, 2006.
- Engel Z., Kowal J.: Sterowanie procesami wibroakustycznymi. Wydawnictwa AGH Kraków, 1995.
- Juliszewski T., Cieślowski B., Kielbasa P., Bąba S.: Ergonomiczna charakterystyka urządzeń sterowniczych we współczesnych ciągnikach rolniczych o mocy od 130KW do 165KW. Logistyka, nr 6, 2014.
- Kielbasa P., Juliszewski T., Chachłowska M.: Analiza obciążenia fizycznego o charakterze statycznym pracowników warsztatowych, wykonujących wybrane czynności naprawcze typowego parku maszynowego. Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, nr 6, 2016.

- Kiełbasa P., Juliszewski T., Cieślowski B., Bąba K.: Ergonomiczna ocena geometrii stanowiska pracy wybranych ciągników rolniczych. *Logistyka*, nr 4, 2015.
- Kiełbasa P., Juliszewski T., Kądzioła D.: Wpływ rodzaju czynności umysłowej związanej z pracą informatyka na zmęczenie psychiczne i stopień obciążenia fizjologicznego pracą, *Technika Transportu Szynowego*, nr 12, 2015.
- Kiełbasa P., Szeląg T.: Ergonomic evaluation of acoustic environment in the livestock building converted for industrial purposes. *Agricultural Engineering*, Z4, 148, 2013.
- Konarska M.: Ergonomia w dyrektywach i normach, *Bezpieczeństwo pracy*, 1, 2007.
- Kotoń J.: Drgania mechaniczne. Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa, 2000.
- Kowalski P.: Drgania i Hałas w pojazdach drogowych. *Bezpieczeństwo pracy*, 5, 10-13, 2007.
- Schabek M., Łazarz B., Czech P., Matyja T., Witaszek K.: Oddziaływanie drgań miejscowych na kierowcę i pasażerów poprzez kierownicę i uchwyty w samochodach osobowych – cz. 1. *Technika transportu szynowego*, 12., 1355-1360., 2015.
- Wykowska M.: Ergonomia. Uczelniane Wydawnictwa AGH, Kraków, 1994.
- PN-EN ISO 5349 – 1: 2004 Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 1: Wymagania ogólne.
- PN-EN ISO 5349 – 2: 2004 Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 2: Praktyczne wytyczne do wykonywania pomiarów na stanowisku pracy.
- PN-EN 14253+A1: 2011 Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczenia zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia – Wytyczne praktyczne.
- PN-EN ISO 8041: 2008 Drgania mechaniczne działające na człowieka. Mierniki.

Adres do korespondencji: pawel.kielbasa@urk.edu.pl

ORCID: Paweł Kiełbasa 0000-0003-0249-8626

ORCID: Anna Miernik 0000-0003-0394-9185

ORCID: Paweł Pysz 0000-0001-7083-1078

ORCID: Akinniyi Akinsunmade 0000-0002-1602-1741

ORCID: Grzegorz Dzieńszewski 0000-0002-2712-1131

ORGANIZACJA PROCESU MAGAZYNOWEGO A EFEKTYWNOŚĆ ZAŁADUNKU TOWARÓW – STUDIUM PRZYPADKU

Edmund Lorencowicz¹, Krystian Materek¹, Milan Koszel¹, Stanisław Parafiniuk¹

¹ Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania Procesami Produkcyjnymi, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wprowadzenie

W przedsiębiorstwach produkcyjnych posiadających magazyny produktów gotowych występuje powiązanie procesów magazynowych oraz transportu wewnętrznego i zewnętrznego. Proces magazynowy to proces przepływu materiałów i informacji wykonywany przez ludzi i urządzenia¹. Transport wewnętrzny jest niezbędny w procesach pobierania i magazynowania gotowych produktów oraz realizacji i wydawania zamówień. Transport zewnętrzny realizowany jest przez odbiorców zamówień (klientów)². Transport wewnętrzny definiowany jest jako przemieszczanie, pakowanie i magazynowanie materiałów w każdej postaci w obszarze zakładu³ (rys.1). Jak podkreśla Dohn⁴ „Zagadnienia transportu wewnętrznego z uwagi na krytyczność i istotność dla procesu produkcyjnego są tematyką bardzo ciekawą oraz wymagającą racjonalnego podejmowania decyzji.” Nieprawidłowości w funkcjonowaniu transportu wewnątrzzakładowego mogą doprowadzić do zakłóceń zarówno w realizacji procesu produkcyjnego jak i dystrybucji gotowych wyrobów^{5,6}. Ważne jest nie tylko odpowiednie przemieszczanie towarów przez odpowiednie techniki, metody ale i jego organizacja. Istotne

¹ Ambroziak T., Lewczuk K.: Problematyka buforowania przepływów materiałów w aspekcie harmonogramowania procesów transportu wewnętrznego, *Logistyka*, 4, CD, 2010.

² Kulsz M., Dudak A.: Zarządzanie magazynem na przykładzie procesu komisjonowania towarów w hurtowni produktów spożywczych, w: Knosala R. (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, tom 2, Oficyna Wydawnicza PTZP, Opole, 22-31, 2018.

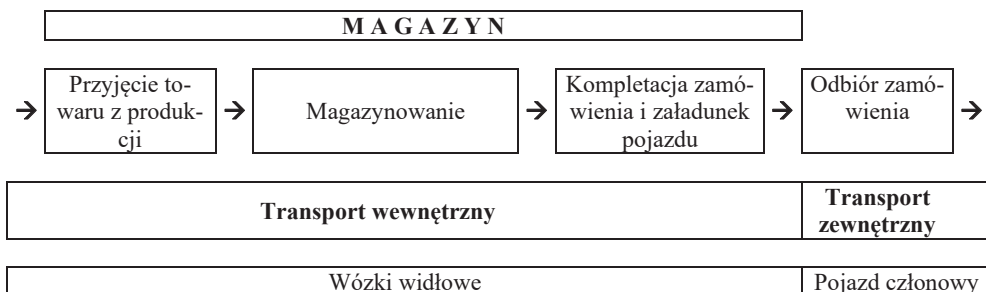
³ Krystek J., Alszer S.: Analysis and Simulation of Internal Transport in the High Storage Warehouse, w: Mazur D. et al. (eds.), *Analysis and Simulation of Electrical and Computer Systems*, Lecture Notes in Electrical Engineering, 452, 407-420, 2018.

⁴ Dohn K.: Organizacja procesów transportu wewnętrznego - studia przypadków, PN Politechniki Warszawskiej - Transport, 70, 47-58, 2009.

⁵ Karwasz A., Skuza D.: Doskonalenie transportu wewnętrznego w wybranym przedsiębiorstwie, w: Knosala R. (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, t.1, OW PTZP, Opole, 723-735, 2018.

⁶ Topolski M.: Zarządzanie inteligentnym transportem wewnętrznym przez komputerowe algorytmy probabilistyczne, *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, 6, 968-972, 2018.

jest zwiększanie efektywność wewnętrznego transportu magazynowego, aby cała operacja przebiegła sprawnie, a produkt jak najszybciej trafił do konsumentów⁷⁸.



Rys.1. Schemat blokowy operacji transportowych realizowanych w magazynie

Źródło: Opracowanie własne

Zwiększanie efektywności transportu wewnętrznego wpływa na efektywność procesu odbioru towaru (transport zewnętrzny)⁹. Dlatego też w niniejszej pracy przedstawiono proces załadunku i realizacji zamówień zarówno z perspektywy pracowników magazynowych, jak i kierowców pojazdów członowych odbierających towar.

Cel, zakres i materiał badań

Celem pracy jest przedstawienie organizacji prac magazynowych i analiza efektywności transportu wewnętrznego (magazynowego) i zewnętrznego (odbioru towarów/realizacji zamówień) w wybranej firmie zajmującą się produkcją wody butelkowanej.

Zakres pracy obejmuje:

1. Charakterystykę magazynów.
2. Charakterystykę wykorzystywanych środków technicznych.
3. Charakterystykę ładunków.
4. Analizę efektywności transportu wewnętrznego i zewnętrznego w oparciu o opracowane współczynniki i wskaźniki.

Dane gromadzone były z kilku różnych źródeł. Z przedsiębiorstwa uzyskano następujące dane:

1. Ogólne charakterystyki dotyczące realizacji zamówień z programu SAP (System Applications and Products) - asortymenty wody, miejsca z których zabierany jest towar.

⁷ Gu J., Goetschalckx M., McGinnis L.F.: Research on warehouse operation: A comprehensive review, *European Journal of Operational Research*, 177, 1-21, 2007.

⁸ Rokicki T.: Technologie transportu wewnętrznego – uwarunkowania techniczno-organizacyjne i ekonomiczne, Wyd. SGGW, Warszawa, 2020.

⁹ Lorencowicz E., Jarmuł R., Koszel M., Przywara A.: Analiza wykorzystania czasu pracy kierowców, *Problemy Transportu i Logistyki*, 2(38), 27-38, 2017.

2. Parametry techniczne wózków widłowych (z ksiąg serwisowych).
3. Szczegółowe informacje związane z liczbą załadowanych pojazdów w miesiącu, w tym:
 - czas rozpoczęcia i zakończenia załadunku przez operatora wózka (wózkowego),
 - średni czas załadunków,
 - czas całego procesu począwszy od zameldowania się kierowcy w budynku ochrony do wyjechania z terenu firmy.

Metodą autorejestracji¹⁰ i pomiarów własnych uzyskano następujące dane:

- czasy dowożenia towaru na rampy załadunkowe i załadunków naczep,
- czasy i odległości przy przewożeniu towaru z linii produkcyjnej do magazynu.

Dodatkowo metodą wywiadu z pracownikami (operatorzy wózków i koordynatorzy/kierownicy zmian) uzupełniono dane o takie informacje jak:

- liczba palet odebranych z linii produkcyjnej,
- liczba palet wstawionych z linii produkcyjnej do magazynu wysokiego składowania,
- liczba palet pobranych z magazynu wysokiego składowania,
- odległości przejechana przez wózki widłowe podczas realizacji zamówień i przewożenia towarów z linii produkcyjnej,
- czasy pobytu pojazdów członowych na terenie przedsiębiorstwa.

Zgromadzone dane wprowadzono do arkusza kalkulacyjnego Excel, na podstawie którego określono parametry analizowanych procesów, m.in.:

- liczba załadowanych naczep – Z_n ,
- czas realizacji zamówienia – T_{rz} ,
- czas załadunku – T_z ,
- czas oczekiwania kierowcy na załadunek – T_o ,
- czas odbioru dokumentów kierowcy – T_{od} ,
- czas cyklu transportu wewnętrznego – T_{cw} ,
- czas cyklu transportu zewnętrznego – T_{cz} ,

Dane gromadzono w dwóch wybranych tygodniach w kwietniu 2022 roku¹¹.

Wskaźniki charakteryzujące analizowane procesy transportowe

Wskaźniki charakteryzujące efektywność transportu wewnętrznego oparte są o parametry czasowe¹². Analizowano nakłady i czasy związane z procesem transportu wewnętrznego w magazynie (wewnętrznym) i procesem zewnętrznym realizowanym przez kierowcę, który pobiera ładunek na terenie zakładu.

Cykl transportu wewnętrznego (T_{cw}), zależy od czasu realizacji zamówienia (dostarczenia wody z magazynu na rampę) i czasu załadunku.

¹⁰ Żurek, J., Ciszak, O., Cieślak, R., Suszyński, M.: Metody badania czasu pracy w procesach montażu. *Technologia i Automatyzacja Montażu*, 3, 43-46, 2006.

¹¹ Materek K.: Ocena efektywności transportu wewnętrznego na przykładzie wybranej firmy, maszynopis, UP w Lublinie, 2022.

¹² Lewczuk K.: Organizacja procesu magazynowego a efektywność wykorzystania zasobów pracy, *Logistyka*, 4, 563-570, 2011.

$$T_{cw} = T_{rz} + T_z \quad (1)$$

gdzie:

- T_{cw} – czas cyklu transportu wewnętrznego mierzony od zeskanowania pierwszej palety z wybranego pola w magazynie do zeskanowania ostatniej palety załadowanej na naczepę (min),
 T_{rz} – czas realizacji zamówienia – dostarczania wody z magazynu na rampę (min),
 T_z – czas załadunku palet z rampy na naczepy (min).

Cykl transportu zewnętrznego (kierowcy) – T_{cz} , liczony był od momentu zgłoszenia się kierowcy „na bramie” w budynku ochrony do momentu opuszczenia przedsiębiorstwa. Uwzględnia czas załadunku oraz dodatkowo czasy oczekiwania na załadunek,

$$T_{cz} = T_o + T_z + T_{od} + T_{wz} \quad (2)$$

gdzie:

- T_{cz} – czas cyklu transportu zewnętrznego (min),
 T_o – czas oczekiwania na załadunek (min),
 T_{od} – czas odbioru dokumentów (min),
 T_{wz} – czas wyjazdu z przedsiębiorstwa (min).

Nakład pracy magazynowej - N_{pm} , określono w roboczogodzinach (rbh) jako sumę nakładów pracy na poszczególnych zmianach. Stąd określono jednostkowy nakład pracy przypadające na załadowaną naczepę – N_{jpm}

$$N_{jpm} = \frac{N_{pm}}{Z_n} \quad (3)$$

gdzie:

- N_{jpm} – jednostkowy nakład pracy magazynowej (rbh/szt.),
 N_{pm} – nakład pracy magazynowej badanym okresie (rbh),
 Z_n – liczba załadowanych naczep w badanym okresie (szt.).

Charakterystyka ogólna magazynów

W przedsiębiorstwie wykorzystywane są dwa magazyny – materiałów do produkcji oraz wyrobów gotowych (wody). Magazyn materiałów do produkcji posiada 4 rampy przeładunkowe i przechowuje materiały potrzebne do wyprodukowania produktu gotowego. Znajdują się w nim: puste palety, preformy PET z zakrętkami, etykiety, folia. Magazyn znajduje przy hali produkcyjnej co ułatwia dostarczanie surowców na odpowiednie linie produkcyjne.

Magazyn wyrobów gotowych o powierzchni około 11 100 m² i wysokości mierzącej 13 m posiada 9 ramp przeładunkowych. Wewnątrz jest 90 pól, na każdej z nich można postawić 80 palet. Łącznie w polach magazynu mieści 7 200 palet. Lokalizacje produktów są wyznaczone gatunkiem i asortymentem wody oraz datą ważności. W magazynie znajdują się również regały wysokiego składowania o wysokości 12 m, które łącznie mają 63 rzędy po 5 pól każdy. W rzędzie mieści się 47 palet, a cały regał jest w stanie pomieścić 14 805 palet. Ładowność magazynu wody wynosi 22 005 palet. Podłoga magazynu jest betonowa.

Od marca do października wykorzystywany jest namiot, który ma powierzchnię około 2800 m² i posiada 7 lokalizacji wód, z których każda jest w stanie pomieścić 1200 palet. Łączna pojemność tego magazynu namiotu wynosi 8 400 palet. W namiocie znajdują się dwie rampy przeładunkowe, a samochody są ładowane bezpośrednio z tych lokalizacji. Podłożem w namiocie jest kostka brukowa.

Maksymalna pojemność magazynów wynosi łącznie 30 405 palet w podziale na:

- magazyn płaski - 7 200 palet,
- magazyn wysokiego składowania - 14 805,
- hala namiotowa – 8 400 palet.

Rampy przeładunkowe firmy Hörmann o maksymalnym dopuszczalnym obciążeniu 6000 kG niwelują różnice wysokości między naczepą, a powierzchnią magazynu, dzięki czemu towar jest przeładowywany na samochód na jednym poziomie. Typowy wymiar platformy wynosi 2000x2500 mm o wardze wychylnej maksymalnie do 400 mm. Stalowa konstrukcja odporna na odkształcenia umożliwia wyrównanie wysokości w przypadku nierówno rozłożonego ciężaru w naczepie. Rampy te są zabezpieczone przed niespodziewanymi manewrami. Wyposażone są w siłowniki blokujące rampę, gdyby np. gdyby kierowca zbyt wcześnie odjechał od rampy. Bramy magazynów uszczelnione są gumowymi fartuchami czołowymi i bocznymi dzięki temu chronią przeładowywane towary przed wpływem czynników atmosferycznych. Fartuchy te są elastyczne i odporne na rozdarcia. Uszczelnianie bram zapobiega powstawaniu przeciągów podczas załadunku, skutkuje to mniejszą zachorowalnością w zespole podczas ładowania naczep w zimne dni.

W magazynie wody w sezonie zatrudnionych jest około 50 operatorów wózków widłowych, a poza sezonem około 40. Rocznie średnio z firmy wyjeżdża 15 000 załadowanych zestawów członowych. Jeden załadowany samochód to najczęściej 30 palet. W paletce mieszczą się średnio 84 zgrzewki wody pakowane po 6 sztuk a jedna paleta mieści średnio 504 butelki wody. Rocznie z firmy wyjeżdża około 22 680 000 butelek wody. Poza kilkoma dniami świątecznymi praca w magazynie wykonywana jest cały rok w systemie trzymianowym.

Charakterystyka ogólna użytkowych wózków widłowych

W magazynach wykorzystywane są trzy typy elektrycznych wózków widłowych: Linde R14; Still RX20-16 i Still RX60-30. Różnią się one parametrami technicznymi i wynika to ze specyfiki wykonywanych prac magazynowo-ładunkowych (tab. 1). Największy maksymalny udźwig i wagę posiada Still RX60-30, który ma możliwość przewożenia dwóch palet jednocześnie. Największą wysokość podnoszenia – do 10 m, posiada wózek Linde R14 przeznaczony jest do obsługi regałów wysokiego składowania. Z uwagi na bezpieczeństwo pracowników maksymalna prędkość wózków w przedsiębiorstwie została obniżona do 10 km/h.

Tabela 1. Podstawowe parametry techniczne wózków widłowych wykorzystywanych w magazynie

Lp.	Model	Maks. udźwig (kg)	Maks. wysokość podnoszenia (mm)	Napięcie (V)	Masa baterii (kg)	Masa własna (kg)	Długość wideł (mm)
1.	Linde R14	1400	10100	48	1134	3213	1200
2.	Still RX20-16	1600	4620	48	1014	2916	1100
3.	Still RX60-30	3500	7390	80	1084	5104	1100

Źródło: Opracowanie własne

Charakterystyka przewożonych ładunków i organizacji pracy

Ładunki umieszczone były na europaletach (EPAL, wg normy EN 13698-1) o wymiarach 120x80 cm i masie własnej ok. 25 kg. Po uwzględnieniu nośności palety, wagi zgrzewek wody i ograniczeń technologicznych, można na niej umieścić 84 zgrzewki w 4 warstwach po 21 sztuk - łącznie 504 butelki wody po 1,5 litra. Masa pustej butelki PET to ok. 0,2 kg, natomiast z wodą ok. 1,7 kg. Łączna masa ładunku wynosiła ok. 856,8 kg, a załadowanej palety 881,8 kg.

Towar ładowany był na pojazdy członowe składające się z ciągnika siodłowego i naczepy kurtynowej. Naczepy dysponowały powierzchnią załadunku o wewnętrznych wymiarach wynoszących: długość - 1362 cm; szerokość - 245 cm. Na pojazdy ładowano 28, 29 lub 30 palet (uzależnione jest to od wielkości i asortymentu zamówienia) (tab.1, rys.3).

Tabela 2. Rodzaje załadunku

Liczba załadownych palet	Masa całkowita ładunku (kg)	Łączna długość ładunku (cm)	Układ palet na naczepie
28	24 690,4	1 280	4 palety ładowane po szerokości - 320 cm 8 rzędów palet po 3 w rzędzie ładowane po długości - 960 cm
29	25 572,2	1 240	2 palety ładowane po szerokości - 160 cm 9 rzędów palet po 3 w rzędzie ładowane po długości - 1 080 cm
30	26 454,0	1 320	3 palety ładowane po szerokości - 240 cm 9 rzędów palet po 3 w rzędzie ładowane po długości - 1 080 cm

Źródło: Opracowanie własne

Pracownicy magazynowi rozdzieleni byli na cztery zespoły, których celem było:

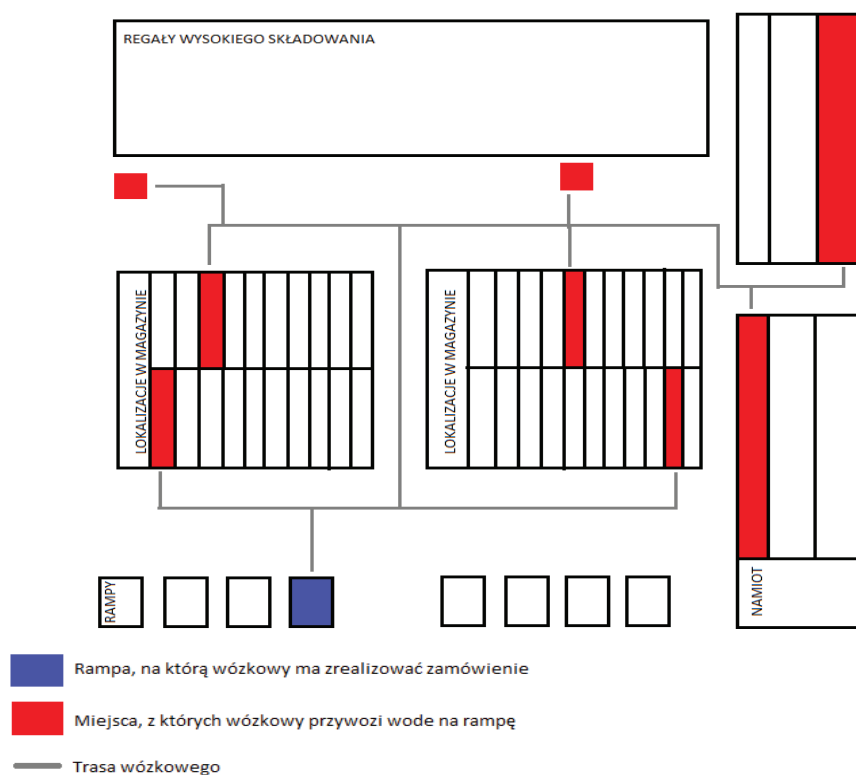
- A. Odbiór palet z linii produkcyjnej.
- B. Zdejmowanie palet z regału wysokiego składowania.
- C. Dostarczanie palet na rampy.
- D. Załadunek pojazdów/naczep.

Zadaniem pracowników na stanowisku A był odbiór palet z linii produkcyjnej, która jest w stanie wyprodukować średnio 400 palet na jedną zmianę (8 godzin). Pracownik ten wykorzystywał wózek podwójny Still RX60-30, ponieważ palety z linii produkcyjnej zjeżdżają parami. Pracownik musiał odbierać na bieżąco palety z linii i dopilnować, żeby linia produkcyjna się nie zatrzymała. Linia produkcyjna zatrzymuje się po osiągnięciu stanu przepełnienia, czyli 16 palet. Palety z wodą wózkowy może zawieźć w wyznaczone pole w magazynie, namiocie bądź do regału wysokiego składowania, gdzie kolejny pracownik wózkiem wysokiego składowania wstawi je do regału. Istnieje możliwość dostarczenia palet bezpośrednio na rampę załadunkową, gdzie pracownik na stanowisku D wózkiem ładującym załaduje palety na naczepę. Pracownik liniowy pokonuje wózkiem widłowym od 20 km do nawet 50 km dziennie w zależności od tego jak daleko palety z wodą musi dostarczyć.

Zadaniem pracownika na stanowisku B było zdejmowanie i wywożenie palet wody z magazynu wysokiego składowania. Wykorzystywany jest wózek Linde R14 przystosowany do

pracy przy regale wysokiego składowania. Pracownik w komputerze zamontowanym w wózku otrzymuje informację o liczbie palet i ich lokalizacji. Operator zachowując szczególną ostrożność wyciąga palety z regału i ustawia je parami obok. Inni pracownicy widząc wózkowego wyciągającego palety z regału muszą dopilnować aby znajdowali się w bezpiecznym miejscu np. kiedy pracownik wyciąga paletę z wysokości 10 metrów inni pracownicy powinni się znajdować w odległości 10 metrów od niego.

Zadaniem pracownika na stanowisku C było dostarczenie wybranego asortymentu wody na rampę załadunkową z różnych lokalizacji w magazynie, namiotu oraz z okolic regału wysokiego składowania (rys.2). Pracownik ten wykorzystuje duży wózek podwójny Still RX60-30.



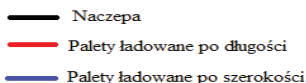
Rys.2. Schemat realizacji wybranego zamówienia

Źródło: Opracowanie własne

Palety które są w okolicach regału wysokiego składowania zostają wcześniej ściągnięte przez innego pracownika (B) poruszającego się wózkiem regałowym Linde R14. Pracownik dostarczający towar na rampy w swoim komputerze zainstalowanych w wózku widzi status

Zadaniem pracownika na stanowisku D jest załadunek oraz rozładunek samochodów. Wykorzystywany jest do tego wózek Still RX20-16. Pracownik poruszający się małym wózkiem musi dopilnować, aby wszystkie palety które zostały przywiezione przez innego wózkowego, poruszającym się wózkiem podwójnym, były zgodne ze specyfikacją zamówienia. Pracownik D powinien ładować naczepę w zależności od zamówienia zgodnie ze standardowym schematem (rys.3).

Zadaniem pracownika na stanowisku D jest załadunek oraz rozładunek samochodów. Wykorzystywany jest do tego wózek Still RX20-16. Pracownik poruszający się małym wózkiem musi dopilnować, aby wszystkie palety które zostały przywiezione przez innego wózkowego, poruszającym się wózkiem podwójnym, były zgodne ze specyfikacją zamówienia. Pracownik D powinien ładować naczepę w zależności od zamówienia zgodnie ze standardowym schematem (rys.3).



Rys.3. Schemat ładowania nacze

Źródło: Opracowanie własne

Podczas załadunku wózkowy ma zadanie dopilnować, aby cała procedura przebiegała bezpiecznie, ponieważ kierowca zestawu członowego, stojąc w wyznaczonym miejscu, uczestniczy w załadunku. Średni czas załadunku wynosi 24 minuty. Pracownik poruszający się wózkiem Still RX20-16 ładuje średnio od 7 do 11 naczep dziennie.

Całością prac na zmianie zarządza koordynator.

Analiza wskaźników efektywności załadunku i prac magazynowych

Przykład organizacji pracy w wybranym dniu (4.04.2022).

Trzecia zmiana 00:00-8:00

Załoga na trzeciej zmianie składała się z jedenastu wózkowych, przez całą zmianę aktywne były trzy linie produkcyjne, które zostały obsadzone przez trzech wózkowych, którzy wozili towar w wyznaczone pola w magazynie. Trzech wózkowych zajmowało się załadunkiem naczep. Czterech wózkowych dostarczało wodę na rampy, a jeden wózkowy zajmował się wyciąganiem palet z regału wysokiego składowania. Całą zmianą zarządzał jeden koordynator.

Załadowane naczepy: 26 szt.

Średni czas załadunku: 22 minuty

Najdłuższy czas cyklu zewnętrznego (od zameldowania się kierowcy na stanowisku ochrony firmy aż do opuszczenia zakładu) wyniósł 87 minut.

Pierwsza zmiana 8:00-16:00

Załoga na pierwszej zmianie składała się z dwunastu wózkowych, przez całą zmianę aktywne były dwie linie produkcyjne, które zostały obsadzone przez trzech wózkowych - jeden z nich woził towar w wyznaczone pola w magazynie, a drugi w wyznaczone pola w regale wysokiego składowania, gdzie trzeci wózkowy wstawiał przywieziony towar do regału. Czterech wózkowych zajmowało się załadunkiem naczep. Czterech wózkowych dostarczało wodę na rampy i jeden wózkowy zajmował się wyciąganiem palet z regału wysokiego składowania. Całą zmianą zarządzało dwóch koordynatorów.

Załadowane naczepy: 40 szt.

Średni czas załadunku: 24 minuty

Najdłuższy czas cyklu zewnętrznego wyniósł 234 minuty.

Druga zmiana 16:00-24:00

Załoga na drugiej zmianie składała się z trzynastu wózkowych, a przez całą zmianę aktywne były trzy linie produkcyjne, które zostały obsadzone przez pięciu wózkowych. Dwóch z nich wozilo towar w wyznaczone miejsce w namiocie, jeden z nich dostarczał towar na rampy załadunkowe, kolejny woził towar w wyznaczone pola w regale wysokiego składowania, gdzie piąty wózkowy wstawiał przywieziony towar do regału. Trzech wózkowych zajmowało się załadunkiem aut, a trzech zajmowało się dostarczaniem wody na rampy. Jeden wózkowy zajmował się wyciąganiem palet z regału wysokiego składowania. Całą zmianą zarządzało dwóch koordynatorów.

Załadowane naczepy: 24 szt.

Średni czas załadunku: 24 minuty

Najdłuższy czas cyklu zewnętrznego wyniósł 229 minut.

W analizowanym dniu w ciągu trzech zmian wyjechało z firmy 90 załadowanych samochodów.

Analiza załadunków w badanych tygodniach

W pierwszym tygodniu z firmy wyjechało 429 załadowanych zestawów członowych. Średni czas załadunku w analizowanych dniach wynosił 22 minuty 23 sekundy, a średni czas realizacji zamówienia wynosił 16 minut 42 sekundy.

W drugim tygodniu z przedsiębiorstwa wyjechały 602 załadowane pojazdy. Średni czas załadunku wynosił 23 minuty 17 sekund, a średni czas realizacji zamówienia wynosił 18 minut 45 sekund.

Na pierwszej zmianie (8:00-16:00) przyjeżdża na załadunek najwięcej pojazdów, natomiast w weekendy jest mniej załadunków niż w tygodniu. Średnio w ciągu zmiany w analizowanych tygodniach załadowywano od 20,4 do 28,6 naczepy.

Analiza wielkości dziennej produkcji i zapelnienia magazynu

Przedsiębiorstwo posiada trzy linie produkujące wodę w układzie trzech ośmiogodzinnych zmian. Linia L1 – średnia zdolność produkcyjna wynosi 420 palet/zmianę, L2 – średnio 380 palet/zmianę i L3 – średnio 240 palet/zmianę. Na każdej linii produkuje się ten sam gatunek wody niegazowanej 1,5 litrowej PET, której na jednej palecie mieści się 504 sztuki, czyli 84 zgrzewki. W ciągu doby wielkość produkcji wyglądała następująco: – L1 – 1260 palet, czyli 635 040 butelek, – L2 – 1140 palet, czyli 574 560 butelek i L3 – 720 palet, czyli 362 880 butelek. Łącznie przez 24 godziny linie produkcyjne w zakładzie razem mogą wyprodukować 3120 palet, czyli 1 572 480 butelek.

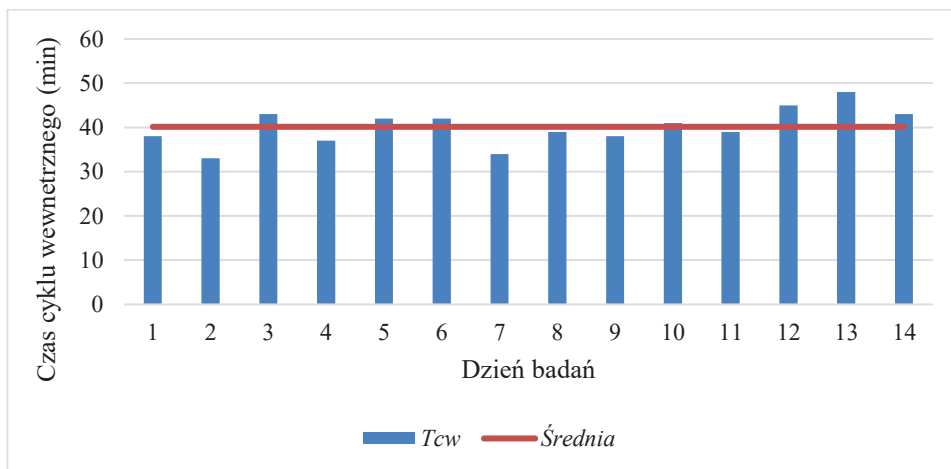
Maksymalna ładowność magazynów wraz z regałem wysokiego składowania i namiotem wynosi 30 405 palet, czyli 15 324 120 butelek.

Produkując wodę na trzech liniach przez 24 godziny można uzyskać zapelnienia magazynowego w 10,26%.

Analiza cykli transportu wewnętrznego - T_{cw}

Wpływ na czas cyklu transportu wewnętrznego ma liczba wózkowych na zmianie i liczba pojazdów oczekujących na załadunek oraz aktywność linii produkcyjnych.

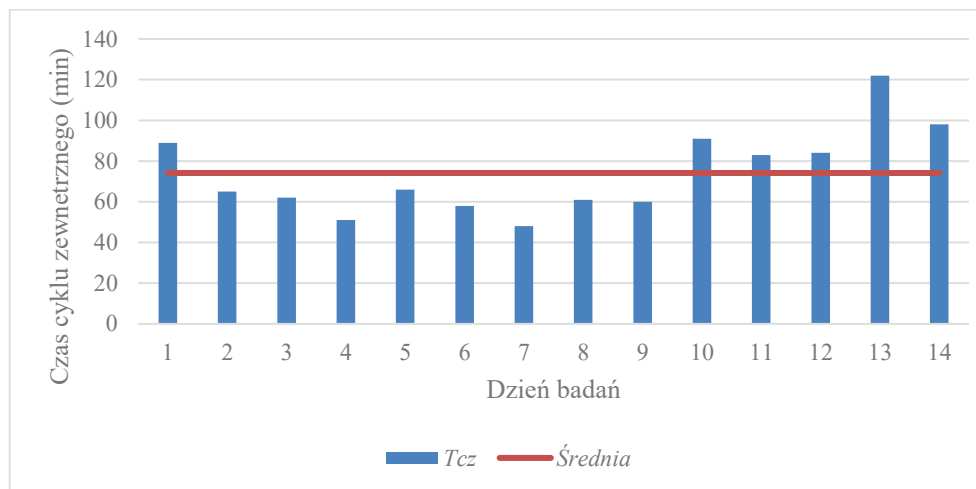
Średni czas cyklu transportu wewnętrznego w okresie badań wyniósł 40,1 min. Wahał się od 33 do 48 minut. Największą sprawność załadunku osiągnięto 5 kwietnia 2022, kiedy to średni czas mierzony od zeskanowania pierwszej palety z wybranego pola w magazynie do zeskanowania ostatniej palety załadowanej na naczepę wyniósł 33 minuty (Rys.4). Tego dnia pracowało 33 wózkowych a z firmy wyjechało 78 załadowanych naczep.

Rys.4. Średnie dzienne czasy cykli transportu wewnętrznego (T_{cw})*Źródło: Opracowanie własne*

Analiza cykli transportu zewnętrznego - T_{cz}

Wpływ na czas cyklu transportu zewnętrznego ma nie tylko liczba wózków na zmianie, ale także liczba pojazdów oczekujących na załadunek oraz czas odbioru dokumentów przez kierowcę.

Cykl zewnętrzny (kierowcy) w okresie badań wyniósł średnio 74 minuty i wahał się od 48 do nawet 122 minut. Wartość minimalna czasu cyklu zewnętrznego – 48 minut, uzyskana została 7 kwietnia 2022 (rys.5). Tego dnia pracowało 34 wózków a z firmy wyjechało 88 załadowanych naczep.



Rys.5. Średnie dzienne czasy cykli transportu zewnętrznego (cykl kierowcy) (*Tcz*)

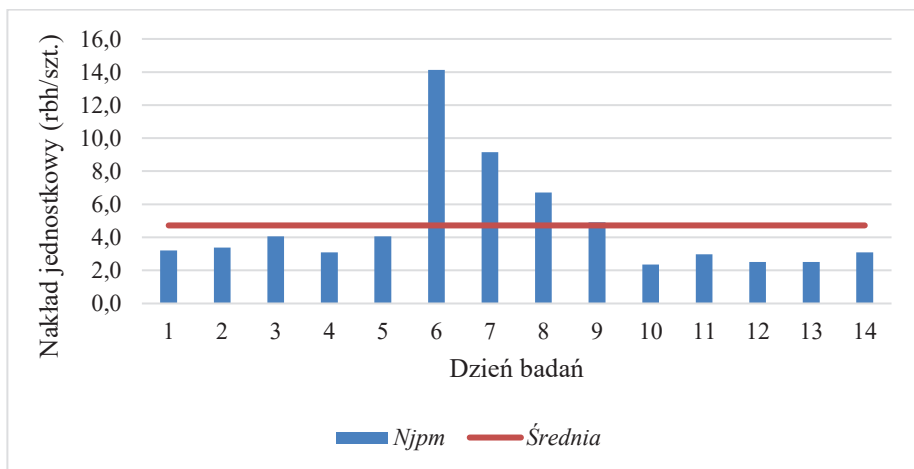
Źródło: Opracowanie własne

Nakłady pracy magazynowej – *Npm* w badanym okresie

Główny wpływ na nakład pracy ma liczba wózków wykorzystywanych na zmianie i liczba aktywnych linii produkcyjnych, do których często jest przypisana połowa wózków. Pracownicy liniowi nie zajmują się załadunkiem pojazdów. Jedynie sporadycznie realizują zamówienia w przypadku, gdy asortyment realizowanego zamówienia jest zgodny z wyrobem opuszczającym linię produkcyjną.

Najniższy łączny nakład pracy był w dniu 25 kwietnia 2022, kiedy to z firmy wyjechało 119 załadowanych pojazdów. W tym dniu pracowało łącznie 35 operatorów wózków widłowych na 3 zmianach, a jednostkowy nakład pracy wyniósł 2,35 rbh/szt. (rys.6).

Analiza zbiorcza określonych wskaźników charakteryzujących efektywność transportu ciężarowego (tab.3) wskazuje na dużą zmienność parametrów. Współczynniki zmienności poszczególnych wskaźników wahają się od 28,2% do nawet 68,0%. Najniższa wartość dotyczy wskaźnika wykorzystania czasu pracy, co świadczy o równomiernym rozplanowaniu tras, załadunków i sprawnie działającej spedycji. Najwyższa zmienność – 69% dotyczy pracy przewozowej. Wiąże się to ze zróżnicowaniem asortymentu ładunków, mas i odległości przewozu.

Rys.6. Średnie dzienne jednostkowe nakłady pracy (N_{jpm})

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 3. Zestawienie wartości analizowanych wskaźników (dzienne)

Wskaźniki	Sym-bol	Jedn.	Średnia dzienna	Mini- mum	Maksi- mum	Me- diana	Odch. stand.	Wsp. zmien. (%)
Czas cyklu transportu wewnętrznego (załadunku)	T_{cw}	min	40,1	33,0	48,0	40,0	4,0	9,9
Czas cyklu transportu zewnętrznego (kierowcy)	T_{cz}	min	74,1	48,0	122,0	65,5	20,2	27,2
Jednostkowy nakład pracy na obsługę maga- zynu i wydanie towaru	N_{jpm}	rbh/szt.	4,7	2,4	14,1	3,3	3,2	67,1

Źródło: Opracowanie własne

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy można sformułować następujące wnioski:

1. Dobowe nakłady pracy wahały się od 208 do 304 rbh. Zależały głównie od liczby pracowników, która zmieniała się w zależności od przewidywanej liczby załadunków. Jednostkowy nakład pracy wahał się od 2,35 do 14,11 rbh na naczepę. Wysoka wartość tego parametru wynika z faktu uwzględniania wszystkich prac magazynowych, a nie tylko tych związanych z załadunkiem naczepy.
2. Proces realizacji zamówienia T_{rz} - przywożenie wody z pól magazynowych na rampę załadunkową - wykonywany jest szybciej niż załadunek naczepy. Średni czas realizacji

- zamówienia wynosi od 16,7 do 18,7 minuty, a średni czas załadunku od 22,3 do 23,2 minuty.
3. Cykl transportu wewnętrznego - T_{cw} czyli bezpośredniego załadunku naczepy stojącej przy rampie zawsze jest blisko połowę mniejszy niż cykl kierowcy - T_{cz} czyli czasu jego zaangażowania od momentu zgłoszenia swojej obecności ochronie obiektu do opuszczenia przedsiębiorstwa załadowanym pojazdem. W celu zwiększenia efektywności transportu zewnętrznego konieczna jest redukcja czasów oczekiwania na załadunek, odbioru dokumentów i wyjazdu z przedsiębiorstwa.

Bibliografia

- Ambroziak T., Lewczuk K.: Problematyka buforowania przepływów materiałów w aspekcie harmonogramowania procesów transportu wewnętrznego, *Logistyka*, 4, CD, 2010.
- Dohn K.: Organizacja procesów transportu wewnętrznego - studia przypadków, PN Politechniki Warszawskiej - Transport, 70, 47-58, 2009.
- Gu J., Goetschalckx M., McGinnis L.F.: Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177, 1-21, 2007.
- Karwasz A., Skuza D.: Doskonalenie transportu wewnętrznego w wybranym przedsiębiorstwie, w: Knosala R. (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, t.1, OW PTZP, Opole, 723-735, 2018.
- Krystek J., Alszer S.: Analysis and Simulation of Internal Transport in the High Storage Warehouse, w: Mazur D. et al. (eds.), *Analysis and Simulation of Electrical and Computer Systems*, "Lecture Notes in Electrical Engineering", 452, 407-420, 2018.
- Kulsz M., Dudak A.: Zarządzanie magazynem na przykładzie procesu komisjonowania towarów w hurtowni produktów spożywczych, w: Knosala R. (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, t. 2, Oficyna Wydawnicza PTZP, Opole, 22-31, 2018.
- Lewczuk K.: Organizacja procesu magazynowego a efektywność wykorzystania zasobów pracy, *Logistyka*, 4, 563-570, 2011.
- Lorencowicz E., Jarmuś R., Koszel M., Przywara A.: Analiza wykorzystania czasu pracy kierowców. *Problemy Transportu i Logistyki*, 2(38), 27-38, DOI:10.18276/ptl.2017.38-03, 2017.
- Materek K.: Ocena efektywności transportu wewnętrznego na przykładzie wybranej firmy, praca inż. wykonana pod kier. E. Lorencowicza, maszynopis, UP w Lublinie, 2022.
- Rokicki T.: *Technologie transportu wewnętrznego – uwarunkowania techniczno-organizacyjne i ekonomiczne*, Wyd. SGGW, Warszawa, 2020.
- Topolski M.: Zarządzanie inteligentnym transportem wewnętrznym przez komputerowe algorytmy probabilistyczne, *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, 6, 968-972, 2018.
- Żurek, J., Ciszak, O., Cieślak, R., Suszyński, M.: *Metody badania czasu pracy w procesach montażu. Technologia i Automatyka Montażu*, 3, 43-46, 2006.

Adres do korespondencji: edmund.lorencowicz@up.lublin.pl

ORCID: Edmund Lorencowicz 0000-0002-4190-0422

ORCID: Milan Koszel 0000-0001-9527-8459

ORCID: Stanisław Parafiniuk 0000-0002-8566-6527

ZABEZPIECZENIE ŁADUNKU W ASPEKCIE BEZPIECZEŃSTWA PRZEWOZU. Cz. II STUDIUM PRZYPADKU

**Grzegorz Maj¹, Grzegorz Zając¹, Joanna Szyszlak-Bargłowicz¹, Tomasz Słowik¹,
Ewelina Bazak², Maciej Kuboń^{3,4}**

¹ Katedra Energetyki i Środków Transportu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

² Dyplomantka w Katedrze Energetyki i Środków Transportu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

³ Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

⁴ Wydział Nauk Technicznych i Sztuk Projektowych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych Przemysłu

Wprowadzenie

Podczas procesu transportowego, każdy towar narażony jest na niebezpieczeństwo. Wiąże się to nie tylko z prawidłowym jego zamocowaniem i usytuowaniem na skrzyni ładunkowej, ale także z oddziaływaniem środowiska zewnętrznego¹. Najczęściej do uchybień dochodzi w sytuacji, gdy konkretny ładunek jest kilkakrotnie przeładowywany na inny środek transportu lub do magazynu. W tym przypadku istotną rolę odgrywa opakowanie, które ma jak najdokładniej zabezpieczyć dobro materialne. Ma ono za zadanie zminimalizować skutki negatywnego wpływu czynników zewnętrznych na przewożoną zawartość².

W czasie transportu może dojść do poważnych strat i szkód w jakości ładunków, wynikających z różnych przyczyn. Do najważniejszych można zaliczyć zagrożenia mechaniczne, klimatyczne, biologiczne, fizyczne, chemiczne oraz nietypowe. Wszystkie powyższe czynniki mają duży wpływ na przewóz towarów. Czynniki pogodowe, takie jak wysoka bądź niska temperatura, wiatr, śnieg, deszcz, słońce, ciśnienie, mogą sprawić, iż wydłuży się czas transportu, co z kolei wywoła stres wśród personelu. Takie warunki pracy mogą być poważnym zagrożeniem płynącym z procesu transportowego. Narażenia biologiczne, a w tym pleśń, grzyby, bakterie, owady, są istotne podczas przewozu ładunków w chłod-

¹ Nader M., Kielczyk K.: Wytrzymałość przedniej ściany naczepy ciężarowej w aspekcie bezpieczeństwa ruchu drogowego: Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport, 2017.

² Szymonik A.: Logistyka w bezpieczeństwie i bezpieczeństwo w logistyce: Logistyka, 2, 7-11, 2011.

niach³. Towary należące do artykułów szybko psujących się, wymagają szczególnego zabezpieczenia. Jest to nie tylko zagrożenie, ale i wyzwanie dla całego rynku transportowego. Zasady przewozu oraz warunki transportu jasno definiuje konwencja ATP⁴.

Analizując temat bezpieczeństwa w transporcie i zagrożeń płynących z jego poszczególnych etapów, należy wziąć pod uwagę dwa elementy. Pierwszy dotyczy zabezpieczenia i zamocowania towarów, tak aby dotarł on do finalnego odbiorcy w stanie nienaruszonym i zgodnie z zasadą 6W, czyli we właściwym czasie, ilości, jakości, pod właściwe miejsce i właściwych kosztach z właściwym towarem. Natomiast drugi można utożsamiać z ochroną pojazdów i pracowników. Chodzi tutaj głównie o zagrożenia związane z atakami terrorystycznymi na tle rabunkowym oraz kradzieżami⁵.

Kwestia rozmieszczania ładunków na pojeździe jest nadrzędna podczas załadunku. Załadowca odpowiedzialny za prawidłowy załadunek, musi mieć na uwadze stan techniczny ładunków i uwzględnić to zabezpieczając towar, używając do tego środków mocujących i sztaunkowych. Muszą one być tak dobrane, aby podczas transportu nie wystąpiło niebezpieczeństwo ich przemieszczania wewnątrz naczepy⁶.

Bardzo ważną rolę w bezpieczeństwie przewożenia ładunków odgrywa sposób ułożenia towarów wewnątrz skrzyni ładunkowej oraz właściwie dobrane środki mocujące i skuteczne ich zamontowanie⁷. Najczęstszą przyczyną wstąpienia zagrożenia w transporcie materiałów stałych jest źle dobrane urządzenie mocujące i błędne jego wykorzystanie. Skutkiem takiej sytuacji może być kolizja drogowa lub zniszczenie przewożonego towaru. Prowadzi to do dużych strat ekonomicznych. W celu poprawy bezpieczeństwa przewozu ładunków, pracownicy przedsiębiorstw spedycyjnych powinni doszkalać się z zakresu poprawnego zamocowywania towarów na naczepie oraz mieć na uwadze cechy konstrukcyjne opakowań podczas wykonywania operacji załadunkowych.

Metoda mocowania siłowego

Mocowanie dociskowe polega na dociskaniu ładunku do podłogi skrzyni ładunkowej pojazdu. Rozwiązanie takie pozwala na zwiększenie siła tarcia między ładunkiem, a podłogą platformy (rys 1).

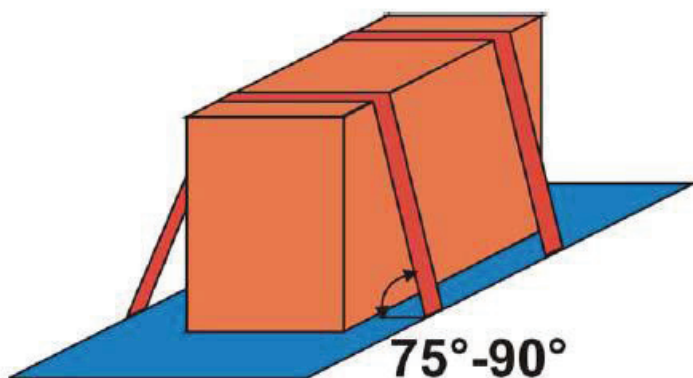
³ Deja A., Matuszak Z., Stempień M.: Wybrane przykłady uszkodzeń ładunków w transporcie samochodowym: Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 18, 12, 2017.

⁴ Markusik S.: Infrastruktura logistyczna w transporcie: Środki transportu, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2011.

⁵ Neider J.: Transport międzynarodowy, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2019.

⁶ Ibid.

⁷ Salomon A.: Sztatuowanie ładunków jako istotny element modelowania multimodalnych łańcuchów transportowych (na przykładzie Portu Gdynia): Gospodarka Materiałowa i Logistyka, 12 (CD), 988-1007, 2017.

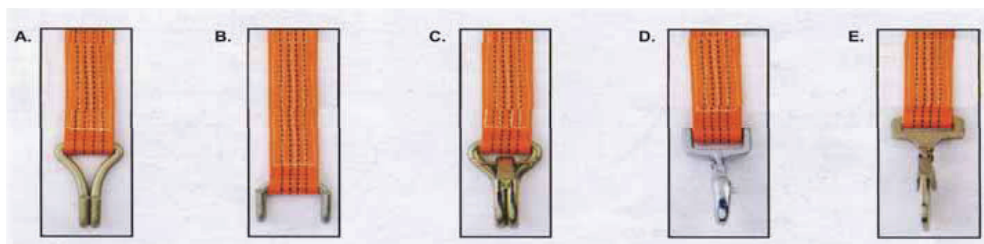


Rys. 1. Odciągi przepasujące ładunek od góry

Źródło (<https://www.iru.org>)

Do odciągów zaliczyć można: pasy mocujące, łańcuchy lub liny stalowe. Najczęściej jednak wykorzystywane są pasy dociskowe, które dodatkowo zabezpieczają ładunek przed przemieszczaniem się pionowym w chwili drgań spowodowanych jazdą po wyboistej drodze. Tą metodą można zwiększyć siłę tarcia o ok. 40%. Odpowiednia liczba zastosowanych środków mocujących zależy przede wszystkim od współczynnika tarcia pomiędzy ładunkiem a podłogą nadwozia. Aby zmniejszyć liczbę zamocowanych pasów mocujących można zwiększyć siłę tarcia stosując maty antypoślizgowe⁸.

Pasy mocujące składają się z taśmy z różnego rodzaju zakończeniami (rys. 2), a ponadto w ich skład wchodzi napinacz (rys. 3). Taśmy najczęściej występują w szerokościach 25, 35, 50 oraz 75 mm.



Rys. 2. Przykładowe rozwiązania techniczne zakończenia taśm ściągających: a) hak trójkątny Standard, b) hak pazurowy, c) hak trójkątny zatrzaskowy, d) hak (karabińczyk), e) hak skręcony zatrzaskowy

Źródło: Woźniak, Kukielka, 2013

⁸ Sieczka J.: Bezpieczeństwo w przewozach ładunku transportem samochodowym: Gospodarka Materiałowa i Logistyka, 2019.



Rys. 3. Napinacz zapadkowy

Źródło: <https://r-pas.pl/>

Pasy mocujące charakteryzowane są poprzez wskaźniki, a do najważniejszych z nich można zaliczyć:

a) LC (lashing capacity) oznacza zdolność mocowania, czyli maksymalne dopuszczalne obciążenie, jakiemu można poddać pas podczas zamocowania go (daN),

b) SHF (standard hand force) oznacza nominalną siłę ręczną, czyli siłę jaką możemy zadziałać na dźwignię pasa (daN),

c) STF (standard tension force) oznacza nominalną siłę napięcia wstępnego, czyli siłę z jaką towar zostanie przytwierdzony do podłoża (daN).

Parametry te są opisane na etykiecie pasów. Przykład etykiety przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Przykład etykiety pasa mocującego

Źródło: fotografia własna

Pas mocujący to element wykonany z różnego rodzaju mieszanek materiałów, które są odporne na rozciąganie, działanie substancji chemicznych i warunków atmosferycznych. Taśmy pasów najczęściej wykonywane są z poliestru, poliamidu, polipropylenu.

Nie jest dozwolone używanie środków mocujących, które nie są w stanie zapewnić dostatecznego bezpieczeństwa w czasie ich stosowania ze względu na zły stan techniczny. Z uwagi na bezpieczeństwo przewozu ładunków, pasy powinny być czyszczone i myte tylko wodą oraz naturalnie suszone. Kontakt bezpośredni taśm pasów ze środkami szkodliwymi może powodować uszkodzenie, przetarcie, pęknięcie pasów. Niewłaściwie użytkowany pas również może ulec zniszczeniu podczas załadunku czy rozładunku. Należy unikać ostrych krawędzi i nie mogą one się bezpośrednio stykać z odciągami pasowymi, ponieważ może dojść do rozerwania pasa⁹. Pasy mocujące powinny być okresowo sprawdzane w celu dopuszczenia do użytkowania. Dokonując oceny środków mocujących należy przede wszystkim sprawdzić czy odciągi nie są poskręcane, zgięte, poszarpane, przecięte lub też czy nie posiadają innych rodzajów uszkodzeń.

Studium przypadku mocowania towarów na naczepie za pomocą pasów

Przedstawiono przypadki mocowania dwóch ładunków i przeprowadzono analizę prawidłowości ich mocowania. Prawidłowość należy rozumieć jako zastosowanie odpowiedniej ilości środków mocujących o danych parametrach, niezbędnych do przeniesienia sił działających na ładunek podczas ruchu pojazdu.

Opis ładunku i pojazdu

W ramach sprawdzenia prawidłowego zastosowania zabezpieczeń ładunku dokonano analizy dwóch przypadków transportu ładunków. Były to dwa towary tj. agregat prądotwórczy o masie 5 t (rys. 5) i odlewy ołowiu w sztabkach o masie 24 t (rys. 6).

Pojazdem wykorzystanym do przewozu wyżej wymienionych ładunków był zespół członowy, składający się z ciągnika siodłowego VOLVO FH16 o maksymalnej masie całkowitej 42 t z naczepą firmy WIELTON. Podłoga naczepy kurtynowej wykonana była z fornirów drewnianych, sklepanych krzyżowo z antypoślizgową warstwą wierzchnią. Długość zestawu wynosiła $L=16,5$ m, jego szerokość to $B=2,55$ m, a wysokość $H=4$ m.

Do przytwierdzenia agregatu wykorzystano metodę opasania pętlowego przy użyciu 2 pasów. W przypadku drugiego ładunku (odlewy ołowiu w sztabkach) załadowca zamocował towar metodą siłową, czyli opasania od góry przy użyciu 20 pasów mocujących. We wszystkich przypadkach zastosowano jednakowe pasy mocujące.

⁹ European Commision: European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport, European Commision General for Energy and Transport. b.d., www.uirr.com/fr/component/downloads/downloads/302.html



Rys. 5. Agregat prądotwórczy na naczepie

Źródło: (fotografia własna)



Rys. 6. Ładunek w postaci odlewów ołowiu w sztabkach na naczepie

Źródło: (fotografia własna)

Metodyka

Celem przeprowadzonej w studium przypadku analizy porównawczej była ocena prawidłowości doboru odciągów mocujących przez załadowcę dla wybranego ładunku względem metody obliczeniowej oraz metody tabelarycznej opartej na kole odczytowym firmy Dolezych.

W pierwszym kroku analizy dokonano oceny doboru ilości pasów mocujących dla wybranego ładunku według metody obliczeniowej, uwzględniającej masę ładunku, współczynnik tarcia i kąt pomiędzy odciągami mocującymi a powierzchnią podłogi. W drugim kroku dokonano doboru ilości pasów mocujących wg. tabel firmy Dolezych w formie koła odczytowego. Weryfikacja oparta była na porównaniu danych metodycznych uzyskanych w pierwszym kroku, danych uzyskanych w drugim kroku względem rzeczywistego zamocowania towaru na naczepie przez załadowcę w czasie załadunku.

Do obliczeń metodycznych dotyczących weryfikacji doboru ilości pasów mocujących użyto wzorów 1-3. Wartość siły napinającej F_T wyznaczono w oparciu o formułę:

$$F_T = \frac{c_x - \mu}{\mu \cdot \sin \alpha} \cdot \frac{F_g}{1,5} \text{ (daN)} \quad (1)$$

gdzie:

- F_T – wartość siły napinającej,
- c_x – 0,5 przy środkach mocujących usytuowanych w poprzek do kierunku jazdy,
- μ – współczynnik tarcia pomiędzy ładunkiem a powierzchnią ładunkową,
- α – kąt pomiędzy środkiem mocującym a powierzchnią ładunkową,
- F_g – siła ciężkości działająca na ładunek (daN).

Wartość siły napięcia wstępnego pasa wyliczano zgodnie ze wzorem:

$$S_{TF} = 0,2 * L_c \quad (2)$$

gdzie:

- L_c – dopuszczalna zdolność mocowania pasa (daN)

Ilość pasów mocujących wyznaczono w oparciu o formułę 3:

$$n = \frac{F_T}{S_{TF}} \quad (3)$$

gdzie:

- n – ilość pasów mocujących (szt.),
- F_T – wartość siły napinającej pojedynczego odciągu (daN/szt.),
- S_{TF} – wartość siły napięcia wstępnego pasa (daN).

Dobór ilości pasów przy wykorzystaniu koła odczytowego firmy Dolezych przebiegał w następujących krokach (Rys. 7):

1. Wyznaczenie kąta α - określony na ładunku kąt położenia odciągu mocującego w stosunku do powierzchni skrzyni ładunkowej ($\alpha=35^\circ, 60^\circ, 90^\circ$).
2. Określenie ciężaru ładunku - należy obracać tak długo tarczę w sektorze wybranego kąta mocowania a α w okienku pojawi się ciężar ładunku lub najniższy wyższy ciężar.
3. Określenie współczynnika tarcia - niebieskie pola oznaczają wymaganą liczbę środków mocujących z matą antypoślizgową, a zielone pola wymaganą liczbę środków mocujących bez maty antypoślizgowej.
4. Określenie pierwotnej siły napięcia - przy pomocy napinacza można osiągnąć napięcie w układzie prostym wynoszące od 750 daN do 1000 daN.
5. Odczytywanie wymaganej ilości środków mocujących - ilość wymaganych pasów można odczytać w odpowiednim okienku tarczy.



Rys. 7. Koło odczytowe Dolezych: a) awers, b) revers

Źródło: fotografia własna

Na drugiej stronie koła odczytowego również znajduje się instrukcja obsługi, przykład odczytywania oraz opisany jest kąt w płaszczyźnie pionowej α i kąt poziomy β . Dodatkowo przedstawiona jest tabela dotycząca doboru wartości współczynnika tarcia dla konkretnego rodzaju podłoża, czyli np. dla drewna, metalu czy betonu.

Do określenia kąta α i β służą kątomierze udostępniane przez firmę Dolezych. Oba kątomierze wykorzystane zostały do pomiaru kątów w płaszczyźnie pionowej i poziomej pomiędzy powierzchnią ładunkową a pasem mocującym. Kątomierz α opisuje sposób jego użycia przy mocowaniu opasaniem od góry. Według instrukcji należy ustawić zaznaczoną na kątomierzu „krawędź do postawienia” na powierzchni ładunkowej. Następnie należy przekrócić tak, aby kątomierz przylegał do środka mocującego, jednocześnie starając się trzymać go w pionie. W miejscu przecięcia środka mocującego ze skalą odczytać należy kąt w płaszczyźnie pionowej α . Za pomocą tabeli firmy Dolezych przedstawionej na rysunku 8 odczytać można ilość wymaganych środków mocujących. Na rysunku 9 zobrazowano przykład kątomierzy α i β .

Siła napięcia wstępnego (S_{Tr})	Masa ładunku	1t			2t			3t			4t			5t			6t		
		Kąt α [°]																	
		35	60	90	35	60	90	35	60	90	35	60	90	35	60	90	35	60	90
		Współ. tarcia μ																	
250 daN	0,2	14	10	8	28	19	16	42	28	24	55	37	32	-	-	-	-	-	-
	0,3	8	6	5	16	11	9	23	16	14	31	21	18	39	26	22	46	31	27
	0,6	2	2	2	4	3	2	5	4	3	7	5	4	8	6	5	10	7	6
500 daN	0,2	7	5	4	14	10	8	21	14	12	28	19	16	35	23	20	42	28	24
	0,3	4	3	3	8	6	5	12	8	7	16	11	9	20	13	11	23	16	14
	0,6	2	2	2	2	2	2	3	2	2	4	3	2	4	3	3	5	4	3
750 daN	0,2	5	4	3	10	7	6	14	10	8	19	13	11	23	16	14	28	19	16
	0,3	3	2	2	6	4	3	8	6	5	11	7	6	16	9	8	16	11	9
	0,6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	4	3	2
1000 daN	0,2	4	3	2	7	5	4	11	7	6	14	10	8	18	12	10	21	14	12
	0,3	2	2	2	4	3	3	6	4	4	8	6	5	10	7	6	12	8	7
	0,6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2

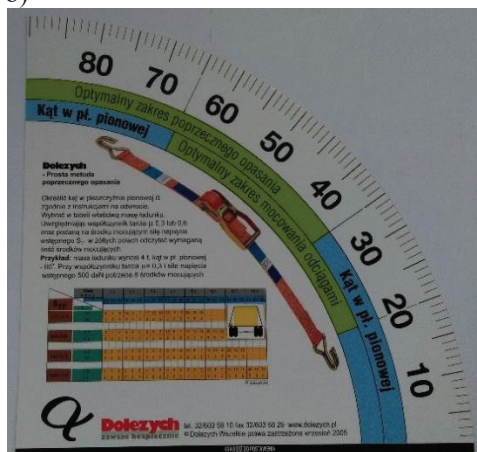
Rys. 8. Przykład tabeli do odczytu wymaganej ilości środków mocujących

Źródło: opracowanie własne na podstawie Nieoczym 2014

a)



b)



Rys. 9. Kątomierz Dolezych a) awers, b) revers

Źródło: fotografia własna

Na drugiej stronie kątomierza α znajduje się przykład tabeli zaznaczonej na rysunku 8. Dodatkowo opisana jest procedura przykładowego doboru pasa mocującego według odpowiednich parametrów.

Prawidłowe wykorzystanie kątomierza β musi odbyć się w połączeniu z kątomierzem α . Na kątomierzu β opisany jest sposób jego użycia przy mocowaniu ukośnymi odciągami. Aby odczytać kąt w płaszczyźnie poziomej należy położyć na powierzchni ładunkowej

dolną część „krawędź do przyłożenia” równoległe do krawędzi powierzchni ładunkowej. Kolejno należy wsunąć wypustkę części górnej (kątomierz α) w otwór części dolnej kątomierza i przekręcić część górną tak, aby przylegała do środka mocującego. W miejscu przecięcia pasa mocującego ze skalą odczytuje się kąt w płaszczyźnie pionowej α . W miejscu, w którym „krawędź do postawienia” przetnie skalę części dolnej (kątomierz β) odczytać należy kąt w płaszczyźnie poziomej β . W kolejnym już kroku można określić wymagany środek mocujący.

Na drugiej stronie kątomierza β opisana jest metoda mocowania ukośnego odciegami oraz przedstawiona jest tabela określająca wymogi użycia pasów mocujących w układzie prostym.

Wyniki badań

Wyniki doboru ilości środków mocujących

Do zabezpieczenia ładunku, jakim był agregat prądotwórczy, założono mocowanie dwoma rodzajami pasów. W wariancie 1: LC= 5000 daN (w mocowaniu dolnym LC= 10000 daN), w wariancie 2: LC= 2000 daN (w mocowaniu dolnym LC= 4000 daN). Do obliczeń przyjęto dane przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Dane do obliczeń dla ładunku - agregat prądotwórczy

Parametr	Jednostka	Wariant 1	Wariant 2
LC	(daN)	5 000	2 000
S_{TF}	(daN)	600	50
S_{HF}	(daN)	100	400
F_g	(daN)	5 000	5 000
c_x	(-)	0,5	0,5
α	(°)	70	70
μ	(-)	0,3	0,3

W tabeli 2 zestawiono oszacowane wyniki obliczeń doboru środków mocujących dla obiektu badań.

Tabela 2. Wyniki obliczeń dla ładunku- agregat prądotwórczy

Parametr	Jednostka	Wariant 1	Wariant 2
F_t	(daN)	2 365	2 365
STF	(daN)	2 000	800
$n_{obliczone}$	(szt.)	1,18	2,96
$n_{dobrane}$	(szt.)	2	3

Drugim ładunkiem poddawany analizie obliczeniowej w zakresie doboru ilości środków mocujących w projekcie są odlewy ołowiu w sztabkach. Podobnie jak w przypadku

poprzedniego ładunku założono dwa warianty zdolności mocowania tj. $LC = 5000$ daN (w mocowaniu dolnym $LC = 10000$ daN), w wariancie 2: $LC = 2000$ daN (w mocowaniu dolnym $LC = 4000$ daN). W tabeli 3 zestawiono dane wyjściowe do obliczenia liczby odciągów mocujących dla drugiego rodzaju ładunku.

Tabela 3. Dane do obliczeń dla ładunku - ołów w sztabkach

Parametr	Jednostka	Wariant 1	Wariant 2
LC	(daN)	5 000	2 000
S_{TF}	(daN)	600	50
S_{HF}	(daN)	100	400
F_g	(daN)	24 000	24 000
c_x	(-)	0,5	0,5
α	(°)	70	70
μ	(-)	0,3	0,3

W tabeli 4 zestawiono uzyskane wyniki szacowania liczby odciągów mocujących do zastoso-

Tabela 4. Wyniki obliczeń dla ładunku - ołów w sztabkach wg wzorów 1-3

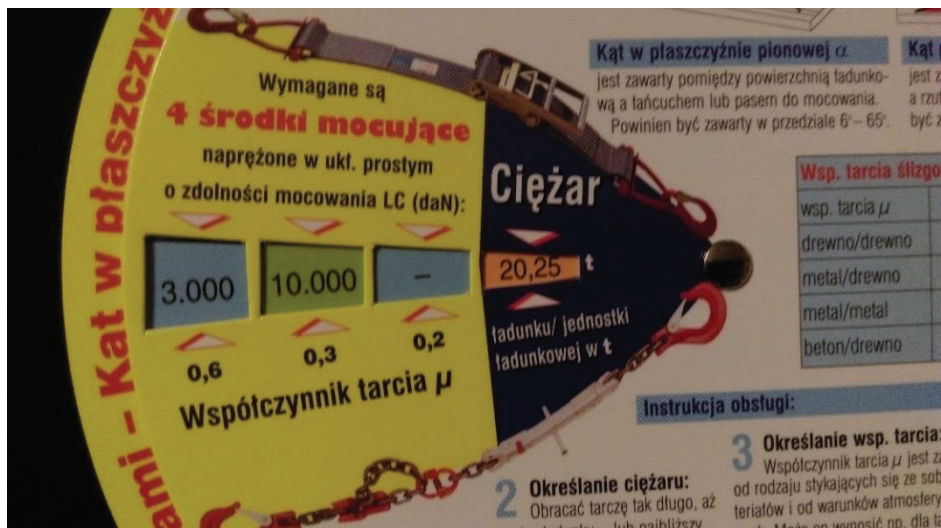
Parametr	Jednostka	Wariant 1	Wariant 2
F_t	(daN)	11 351	11 351
STF	(daN)	2 000	800
$n_{obliczone}$	(szt.)	5,7	14,19
$n_{dobrane}$	(szt.)	6	15

Wyniki doboru ilości pasów za pomocą tabel Dolezych

Do zamocowania agregatu prądotwórczego w oparciu o tabele z firmy Dolezych zgodnie z PN-EN 12195-2 w wariancie 1 należy użyć 9 pasów o zdolności mocowania $LC = 2000$ daN przy $\mu = 0,3$ i $\alpha = 70^\circ$, w wariancie 2 wymagane są 4 środki mocujące o zdolności mocowania 2500 daN.

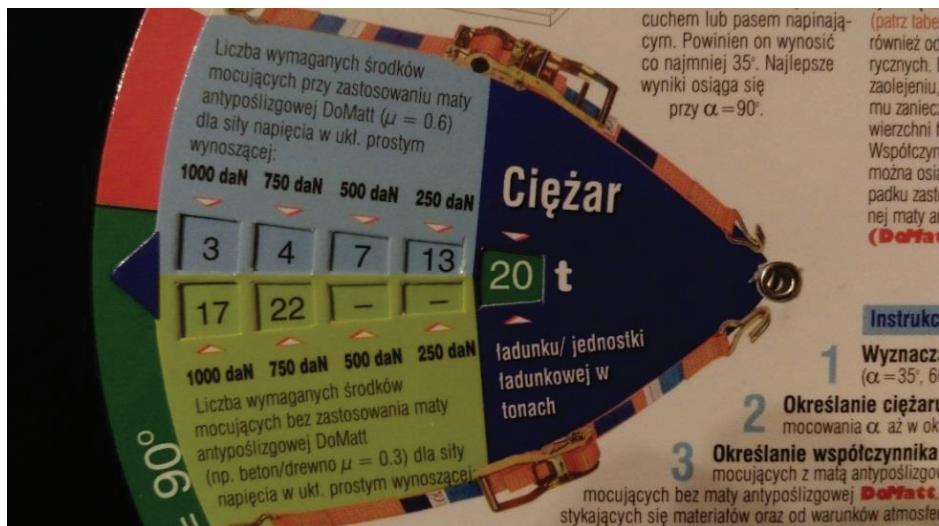
W przypadku drugiego ładunku tj. sztabek ołowiu, opierając się na danych z tabeli firmy Dolezych, potrzeba do zabezpieczenia ładunku 22 pasy mocujące, o zdolności mocowania $LC = 2000$ daN; przy $\mu = 0,3$ i $\alpha = 70^\circ$. W drugim wariancie, żeby zabezpieczyć prawidłowo ładunek konieczne jest zastosowanie 4 pasów o zdolności mocowania 10000 daN przy $\mu = 0,3$.

Na rysunkach 10 i 11 przedstawiono przykłady wyników dla ładunku 2 według firmy Dolezych.



Rys. 10. Przykład wyniku doboru ilości środka mocującego dla ładunku 2 według firmy Dolezych

Źródło: fotografia własna



Rys. 11. Przykład wyniku doboru pasów dla ładunku 2 według firmy Dolezych

Źródło: fotografia własna

Weryfikacja danych

Wszystkie ładunki na naczepie zamocowywane były pasami mocującymi o zdolności mocowania $LC=2000$ daN, wykonanymi z tworzywa sztucznego. Ich główną funkcją jest dociskanie ładunku do podłoża naczepy, w taki sposób, aby towar się nie przemieścił podczas transportu.

Agregat prądotwórczy zamocowany byłby do nadwozia z wykorzystaniem metody opasania pętlowego. Mocowanie opasaniem pętlowym należy do metody siłowej, której głównym zadaniem jest unieruchomienie ładunku znajdującego się na pojeździe.

Osoba załadowująca towar na naczepę do zabezpieczenia agregatu prądotwórczego użyła 2 pasów o $LC=2000$ daN. Według metody obliczeniowej (wzory 1-3) i tabeli opracowanej według normy PN-EN 12195-2, ładunek nie był zamocowany wystarczającą liczbą odciągów. Metoda obliczeniowa wykazała, że przy tej zdolności mocowania pasów należy użyć 3 odciągów mocujących.

Odlewy ołowiu w sztabkach zamocowane byłyby na naczepie metodą siłową. Opasanie polegało na zabezpieczeniu towaru pasami przed przesunięciem się, a także uszkodzeniem. Zwiększenie współczynnika siły tarcia było wynikiem opasania całego ładunku i dociśnięciem go do podłogi.

Odlewy z ołowiu w sztabkach, wymagały użycia 6 pasów mocujących przepasających od góry o zdolności mocowania 5000 daN każdy lub 15 pasów o $LC=2000$ daN. Jednak wg metody wykorzystującej koło obliczeniowe Dolezych wymagana było 22 pasy o $LC=2000$ daN. Załadowca wykorzystał do zabezpieczenia ładunku 20 pasów o $LC=2000$ daN. Korzystniejszym rozwiązaniem byłoby użycie 22 pasów (czyli o 2 pasy więcej) o zdolności mocowania $LC=2000$ daN każdy, gdyż takie postępowanie pozwoliłoby zredukować ryzyko przesunięcia się ładunku. Większa ilość liczba pasów pozwoli na dokładniejsze zabezpieczenie wszystkich ładunków na całej szerokości.

Studium przypadku wykazało, że stosowanie pasów mocujących w praktyce jest trudnym zadaniem. Kierowca dla obu analizowanych przypadków zastosował zbyt małą liczbę odciągów, co przyczynić się mogło do stworzenia zagrożenia w ruchu drogowym. Mając to na uwadze, należy przeprowadzać szkolenia dla osób będących praktykami w transporcie ładunków, gdyż to od nich w dużej mierze zależy bezpieczeństwo komunikacyjne.

Podsumowanie

Przewóz towarów w transporcie drogowym jest jedną z najbardziej rozwiniętych gałęzi na całym rynku przewozowym¹⁰. O jakości dostarczanych ładunków świadczy głównie bezpieczeństwo, które jest miernikiem tej usługi. W polskim prawie istnieje wiele przepisów, ustaw, konwencji, umów, które charakteryzują sposoby i zasady realizacji przemieszczania dóbr materialnych. Niekiedy z powodów nieprzestrzegania prawa oraz ich łamania dochodzi do licznych negatywnych skutków. Odnotowuje się bardzo dużo wypadków lub

¹⁰ Maj G.: Bezpieczeństwo przewozu ładunku: zasady doboru ilości odciągów mocujących: Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 18, 6, 2017.

kolizji z udziałem floty ciężarowej. Niesie to za sobą również straty ekonomiczne i powoduje obniżenie poziomu bezpieczeństwa transportu.

Istotnym punktem odniesienia w kwestii zapewniania bezpieczeństwa podczas operacji przewozu jest umiejętne zamocowanie towarów wewnątrz skrzyni ładunkowej. Aby prawidłowo dokonać mocowania towaru, należy właściwie dobrać środki mocujące. Każdy rodzaj pasów, siatek, klinów, drążków czy też odciągów, ma za zadanie zabezpieczyć towar w taki sposób, aby się nie przemieścił lub nie zdeformował podczas przewozu. Sposób ułożenia towarów oraz ich oznakowanie również ma znaczenie. Wszystkie elementy dotyczące transportu ładunków wpływają na ogólne bezpieczeństwo na drodze i w całym środowisku branżowym. Najczęstszą przyczyną wystąpienia zagrożenia i szkód jest nieprawidłowo dobrany środek mocujący lub niewłaściwe jego wykorzystanie. Zminimalizowanie ryzyka powstawania zagrożenia wiąże się z alternatywą doszkalania pracowników w zakresie zabezpieczania towarów i zamocowywania ich na naczepie pojazdu ciężarowego.

Według przeprowadzonych badań obliczeniowych okazało się, że sposób mocowania towarów podczas załadunku różni się od obliczeń opartych o przyjęte wzory. Wynika z tego, że niektóre parametry przy załadunku są pomijane. W przypadku towarów o dużej masie, korzystniejsze jest użycie większej ilości pasów o mniejszej zdolności mocowania. Wykonanie takiego studium przypadku przyczyniło się do uświadomienia błędów popełnianych przez osoby wykonujące mocowanie ładunków, gdyż wykonywały je nieprawidłowo. Stwierdzone błędy dotyczyły wykorzystania zbyt małej liczby pasów mocujących.

Bibliografia

- Deja A., Matuszak Z., Stempień M.: Wybrane przykłady uszkodzeń ładunków w transporcie samochodowym: Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 18, 12, 2017.
- European Commision: European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport, European Commision General for Energy and Transport. b.d., www.uirr.com/fr/component/downloads/downloads/302.html.
- Maj G.: Bezpieczeństwo przewozu ładunku: zasady doboru ilości odciągów mocujących: Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 18, 6, 2017.
- Markusik S.: Infrastruktura logistyczna w transporcie: Środki transportu, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2011.
- Nader M., Kielczyk K.: Wytrzymałość przedniej ściany naczepy ciężarowej w aspekcie bezpieczeństwa ruchu drogowego: Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport, 2017.
- Neider J.: Transport międzynarodowy, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne 2019.
- Salomon A.: Sztatuowanie ładunków jako istotny element modelowania multimodalnych łańcuchów transportowych (na przykładzie Portu Gdynia): Gospodarka Materialowa i Logistyka, 12 (CD), 988-1007, 2017.
- Sieczka J.: Bezpieczeństwo w przewozach ładunku transportem samochodowym: Gospodarka Materialowa i Logistyka, 2019.
- Szymonik A.: Logistyka w bezpieczeństwie i bezpieczeństwo w logistyce: Logistyka, 2, 7-11, 2011.
- Woźniak D., Kukielfka L.: Wybrane aspekty przewozu ładunków w transporcie: Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 14, 10, 298-302, 2013.
- Brzeziński M.: Logistyka w przedsiębiorstwie, Wyd. Bellona, Warszawa, 2006.
- Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J.: Zarządzanie logistyczne, PWE, Warszawa, 2007.
- DeVrye C.: Dobra obsługa to dobry interes. Siedem strategii osiągania sukcesu, Zyska i S-ka, Poznań, 2007.

Dwiliński L.: Zarządzanie jakością i niezawodnością wyrobów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2006.

Materiały wewnętrzne firmy, 2015 Marketing w praktyce, e-wydanie, wrzesień 2010

Obsługa klienta, Pozyskano z: <http://lean-management.pl/zarządzanie-lancuchem-dostaw/poziom-obslugi-klienta-jako-podstawowy-efekt-funkcjonowania-systemu-logistycznego>.

Obsługa posprzedażna. Pozyskano z: <http://techbit.com.pl/oferta/obsługa-posprzedażna>

Rut J., Kulińska E.: Zintegrowany system informatyczny racjonalizujący logistyczną obsługę sprzedaży i magazynowania w przedsiębiorstwach, Logistyka nr 6, Poznań, 2012.

Szołtysek J., Twaróg S.: Koncepcja logistyki społecznej na tle paradygmatu logistyki, Uniwersytet Ekonomiczny, Katowice, 2013.

Autor do korespondencji: grzegorz.maj@up.lublin.pl

ORCID: Grzegorz Maj 0000-0001-9052-6265

ORCID: Grzegorz Zając 0000-0002-9025-4551

ORCID: Tomasz Słowik 0000-0001-9449-2234

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

ORCID: Maciej Kuboń 0000-0003-4847-8743

POJAZDY O NAPĘDZIE ELEKTRYCZNYM JAKO WSPARCIE LOGISTYCZNYCH ŁAŃCUCHÓW DOSTAW W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Krzysztof Nęcka¹, Bartosz Mazurek²

¹ Katedra Inżynierii Bioprocessów, Energetyki i Automatyzacji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

² Dypłomant w Katedrze Inżynierii Bioprocessów, Energetyki i Automatyzacji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wprowadzenie

Podstawową usługą na rynku usług logistycznych, nadal pozostaje usługa transportowa. Działania podejmowane w tym obszarze generują w przedsiębiorstwach duże nakłady inwestycyjne oraz zwiększają koszty operacyjne. Realizacja zadań z tego obszaru ingeruje nie tylko w wynik finansowy przedsiębiorstwa, ale również znacząco wpływa na środowisko naturalne w którym żyjemy. Wykorzystanie paliw kopalnych w transporcie w dużej mierze przyczynia się do emisji zanieczyszczeń, których skutki w ostatnich latach odczuwamy coraz dotkliwiej. Z badań wynika, że emisja zanieczyszczeń z transportu systematycznie wzrasta. W roku 2010 w swych badaniach Piecyk i McKinnon¹ szacowali, że w globalnej emisji dwutlenku węgla udział transportu był na poziomie 14%. Jak wskazała Europejska Agencja Energii², w roku 2020 sektor transportu stanowił jedno z głównych źródeł zanieczyszczeń środowiska naturalnego. Był on bowiem odpowiedzialny za ponad jedną czwartą całkowitej emisji gazów cieplarnianych - z czego transport drogowy wytworzył ponad 70% całkowitej emisji.

Konieczne jest więc zintensyfikowanie działań w tym obszarze by ograniczyć negatywne oddziaływanie tego sektora na środowisko naturalne. W wielu miejscach na świecie organizowane są więc międzynarodowe konferencje klimatyczne, na których przedstawiciele nauki, przemysłu jak również politycy, poszukują i promują rozwiązania oraz działania mające na celu ograniczenie emisji zanieczyszczeń, głównie emisji gazów cieplarnianych. Od początku lat 90-tych, począwszy od Szczytu Ziemi ONZ, poprzez międzynarodowy szczyt klimatyczny w Kopenhadze, który odbył się w 2009 r., poświęcony głównie redukcji emisji dwutlenku węgla a skończywszy na Agendzie na rzecz Zrównoważonego Rozwoju 2030, zrównoważony rozwój sektora transportowego staje się coraz bardziej centralnym tematem.

¹ Piecyk M.I., McKinnon A.: Forecasting the carbon footprint of road freight transport in 2020", *Integrating the Global Supply Chain* 128, nr 1, 31-42, 2010.

² „Greenhouse Gas Emissions from Transport in Europe”, dostęp 7 wrzesień 2023, <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emissions-from-transport>.

Agenda na rok 2030 stanowi m.in., że zrównoważone systemy transportowe, wraz z powszechnym dostępem do usług energetycznych oraz z innymi działaniami zwiększającymi zdolności produkcyjne mają stworzyć solidne podstawy gospodarcze dla wszystkich państw.

Jednym z działań pomagających ograniczyć globalne ocieplenie poprzez redukcję gazów cieplarnianych jest przejście na bezemisyjne środki transportu. W wielu krajach wprowadzono działania promujące pojazdy o napędzie elektrycznym. Do najpopularniejszych inicjatyw w tym zakresie należą: dotacje na zakup, zwolnienia lub obniżki opłat, możliwość korzystania z dodatkowych pasów ruchu czy miejsc parkingowych. Sprzedaż pojazdów elektrycznych w ostatnich latach systematycznie wzrastała. W 2014 roku ich liczbę w Europie szacowano na 1,6 mln., w 2016 zwiększyła się do prawie 2 mln. a w 2019 wyniosła ponad 7 mln³. W ostatnim roku widzimy jeszcze większy wzrost zainteresowania pojazdami o napędzie elektrycznym w większości państw na świecie. W 2022 roku globalna sprzedaż przekroczyła 10 milionów pojazdów co stanowi 14% wszystkich nowych samochodów. Udział tej grupy pojazdów stanowił około 9% w 2021 r. i mniej niż 5% w 2020 r.⁴. Trzy rynki zdominowały globalną sprzedaż, tj. Chiny, Europa i Stany Zjednoczone. Liderem z udziałem w globalnej sprzedaży na poziomie ok. 60% są Chiny. W tym kraju użytkowanych jest ponad połowa wszystkich samochodów elektrycznych. Wynik ten pozwolił już na realizację celu związanego z elektromobilnością zaplanowanego dopiero na rok 2025 w zakresie sprzedaży pojazdów elektrycznych. W Europie, drugim co do wielkości rynku, sprzedaż samochodów elektrycznych wzrosła o ponad 15% w 2022 roku. Oznacza to, że co piąty sprzedany samochód był napędzany silnikiem elektrycznym⁵.

W ostatnich latach w wielu badaniach poruszano aspekt ekonomiczny i ekologiczny wykorzystania pojazdów elektrycznych, nie tylko do przemieszczania się osób, ale również do transportu np. produktów spożywczych. Elangovan i in.⁶ badając proces dostarczania żywności w Nowym Jorku wykazali, że zastąpienie oleju napędowego do napędu samochodu ciężarowego energią elektryczną spowoduje redukcję zużycia energii o ok. 30% i jednocześnie obniży emisję gazów cieplarnianych o 60%. O zaletach wykorzystywania pojazdów o napędzie elektrycznym w łańcuchu dostaw w swych pracach donosili m.in. Siragusa⁷, Gambhir⁸ i Liu⁹. Przewaga tych środków transportu wynika głównie z faktu, iż wymagają one znacznie niższych nakładów na konserwację ze względu na małą ilość części ruchomych

³ „Global Electric Vehicle Outlook 2022”, 2022.

⁴ International Energy Agency, Global EV Outlook 2023: Catching up with Climate Ambitions, Global EV Outlook (OECD, 2023).

⁵ International Energy Agency.

⁶ Raghu Elangovan i in.: Comparative Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emission of Diesel and Electric Trucks for Food Distribution in Gowanus District of New York City. *Frontiers in Big Data* 4 (26 lipiec 2021): 693820.

⁷ Chiara Siragusa i in.: Electric Vehicles Performing Last-Mile Delivery in B2C e-Commerce: An Economic and Environmental Assessment. *International Journal of Sustainable Transportation* 16, nr 1, 22-33, 2022.

⁸ Ajay Gambhir i in.: Reducing China's Road Transport Sector CO2 Emissions to 2050: Technologies, Costs and Decomposition Analysis. *Applied Energy* 157, 905–917, 2015.

⁹ Zhe Liu i in.: Comparing Total Cost of Ownership of Battery Electric Vehicles and Internal Combustion Engine Vehicles. *Energy Policy* 158, 112564, 2021.

a więc i dłuższą żywotność niż pojazdy napędzane paliwami kopalnymi^{10,11}. Dynamika wzrostu liczby pojazdów elektrycznych wykorzystywanych w transporcie jest ograniczana ceną zakupu, ograniczonym zasięgiem i liczbą stacji ładowania^{12,13}. Pomijając koszt nabycia pojazdu i biorąc pod uwagę tylko koszty eksploatacji napęd elektryczny jest tańszy, ponieważ energia elektryczna ma niższy koszt niż paliwa kopalne¹⁴. Ponadto Alp i in.¹⁵ wykazali, że wykorzystanie w przedsiębiorstwie transportowym pojazdów elektrycznych wraz z inwestycją w infrastrukturę do ładowania, może być nie tylko uzasadnione ekonomicznie, ale również przyjazne dla środowiska. Pipitone i in.¹⁶ oszacowali, że w cyklu życia pojazdu elektrycznego prowadzi do uwolnienia 109,6 g·km⁻¹ ekwiwalentu CO₂, co jest wartością o ponad 40% niższą niż dla pojazdów spalinowych o porównywalnych parametrach. Z badań wynika, że wykorzystywanie pojazdów elektrycznych umożliwia redukcję emisji gazów cieplarnianych w zakresie od 17 do 54% w zależności od ilości pokonywanych kilometrów^{17,18}. Inne badania dotyczące korzyści środowiskowych płynących z użytkowania pojazdów elektrycznych wykazały, że są one ściśle powiązane ze źródłem energii pierwotnej wykorzystywanej do produkcji pojazdów¹⁹, jak i energii elektrycznej do ich zasilania^{20,21,22}. Z dotychczas wykonanych badań wynika, że wykorzystywanie w przedsiębiorstwie pojazdów napędzanych silnikami elektrycznymi wraz z akumulatorami może przynosić zarówno korzyści finansowe

¹⁰ Gert Berckmans i in.: Cost Projection of State of the Art Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles Up to 2030. *Energies* 10, nr 9, 1314, 2017.

¹¹ Crabtree G., Kocs E., Tillman B.: Where Is Transportation Going? *Europhysics News* 48, nr 3, 21-25, 2017.

¹² Gómez Vilchez i in.: Electric Car Purchase Price as a Factor Determining Consumers' Choice and Their Views on Incentives in Europe. *Sustainability* 11, nr 22, 6357, 2019.

¹³ Dumortier J i in., „Effects of Providing Total Cost of Ownership Information on Consumers' Intent to Purchase a Hybrid or Plug-in Electric Vehicle”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 72, 71-86, 2015.

¹⁴ Petrauskienė K. i in., „Comparative Environmental Life Cycle and Cost Assessment of Electric, Hybrid, and Conventional Vehicles in Lithuania”, *Sustainability* 13, nr 2, 957, 2021.

¹⁵ Osman Alp, Tarkan Tan, i Maximiliano Udenio, „Transitioning to Sustainable Freight Transportation by Integrating Fleet Replacement and Charging Infrastructure Decisions”, *Omega* 109 (czerwiec 2022): 102595.

¹⁶ Emiliano Pipitone, Salvatore Caltabellotta, i Leonardo Occhipinti, „A Life Cycle Environmental Impact Comparison between Traditional, Hybrid, and Electric Vehicles in the European Context”, *Sustainability* 13, nr 19, 10992, 2021.

¹⁷ C.M. Costa i in., „Electric Vehicles: To What Extent Are Environmentally Friendly and Cost Effective? – Comparative Study by European Countries”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 151, 111548, 2021.

¹⁸ Siragusa i in., „Electric Vehicles Performing Last-Mile Delivery in B2C e-Commerce”.

¹⁹ Alp, Tan, i Udenio, „Transitioning to Sustainable Freight Transportation by Integrating Fleet Replacement and Charging Infrastructure Decisions”.

²⁰ Auke Hoekstra, „The Underestimated Potential of Battery Electric Vehicles to Reduce Emissions”, *Joule* 3, nr 6, 1412–1414, 2019.

²¹ Troy R. Hawkins i in., „Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles”, *Journal of Industrial Ecology* 17, nr 1, 53-56, 2013

²² Ge Zheng i Zhijun Peng, „Life Cycle Assessment (LCA) of BEV's Environmental Benefits for Meeting the Challenge of ICExit (Internal Combustion Engine Exit)”, *Energy Reports* 7, 1203-1216, 2021.

jak i środowiskowe. Efekt ten jest szczególnie widoczny przy wykorzystywaniu akumulatorów pojazdów elektrycznych do świadczenia usług na rzecz bilansowania sieci publicznej za pośrednictwem dwukierunkowych ładowarek^{23,24,25}. Wdrożenie technologii łączącej samochód z siecią elektroenergetyczną (V2G) pozwala na zwiększania stabilności sieci poprzez lokalne wykorzystywanie energii pozyskanej ze źródeł alternatywnych.

Proces logistyczny niestety, ale jest zagadnieniem bardzo złożonym a przemieszczanie towarów przez kolejne obszary działalności przedsiębiorstwa - od pozyskania surowców aż po dostarczenie gotowego produktu do rąk odbiorcy jest uzależnione od przyjętego procesu technologicznego. Z badań Soysal i in.²⁶ i de Mel-lo Bandeira i in.²⁷ wynika, że wprowadzenia pojazdów elektrycznych spowodowało wzrost kosztów w przedsiębiorstwie do 11%. W literaturze są również doniesienia wskazujące, że użytkowanie pojazdów z silnikami elektrycznymi wprawdzie redukuje emisję CO₂ i zmniejsza zużycie energii, lecz zwiększa emisję cząstek stałych (PM_{2,5}) nawet 19 razy²⁸. Inni autorzy realizujący szczegółowe badanie emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia pojazdów z silnikami spalinowymi i elektrycznymi wykazują, że emisje generowane podczas produkcji tych pojazdów są znikome²⁹ lub nawet większe dla pojazdów elektrycznych³⁰. Jak podkreśla wielu naukowców różnice związane są głównie z technologią produkcji i obróbką baterii mających największy wpływ na środowisko^{31,32}. Celowy jest więc recykling lub dalsze użytkowanie pozostałej pojemności baterii w innym sektorze np. w systemach magazynowania energii. Działanie to może znacząco

²³ Almutairi A. i in.: „Integrating Stakeholder Mapping and Risk Scenarios to Improve Resilience of Cyber-Physical-Social Networks”, *Risk Analysis* 39, nr 9, 2093-2112, 2019.

²⁴ Alvaro Fernandez i in., „Impact of the Electrical Energy-Tariff and Vehicle-to-Grid in the Total Cost of Ownership of Electromobility Projects”, w 2021 IEEE International Conference on Automation/XXIV Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA) (2021 IEEE International Conference on Automation/XXIV Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA), Valparaíso, Chile: IEEE, 1-7, 2021.

²⁵ Swati Sharma, Ikbāl Ali, i Mohd. Asim Aftab, „Demand Response Mechanism in User-Centric Markets Integrated with Electric Vehicles”, IEEE Delhi Section Conference (DELCON) (2022 IEEE Delhi Section Conference (DELCON), New Delhi, India: IEEE, 2022), 1-6, 2022.

²⁶ Mehmet Soysal, Jacqueline M. Bloemhof-Ruwaard, i Tolga Bektaş, „The Time-Dependent Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem with Environmental Considerations”, *International Journal of Production Economics* 164, 366-78, 2015.

²⁷ Renata Albergaria De Mello Bandeira i in., „Electric Vehicles in the Last Mile of Urban Freight Transportation: A Sustainability Assessment of Postal Deliveries in Rio de Janeiro-Brazil”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 67, 491-502, 2019.

²⁸ Shuguang Ji i in., „Electric Vehicles in China: Emissions and Health Impacts”, *Environmental Science & Technology* 46, nr 4, 2018-2024, 2012.

²⁹ Hawkins i in., „Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles”.

³⁰ Ryuji Kawamoto i in., „Estimation of CO₂ Emissions of Internal Combustion Engine Vehicle and Battery Electric Vehicle Using LCA”, *Sustainability* 11, nr 9, 2690, 2019.

³¹ Johannes Buberger i in., „Total CO₂-Equivalent Life-Cycle Emissions from Commercially Available Passenger Cars”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 159, 112158, 2022.

³² Övind Andersson i Pål Börjesson, „The Greenhouse Gas Emissions of an Electrified Vehicle Combined with Renewable Fuels: Life Cycle Assessment and Policy Implications”, *Applied Energy* 289, 116621, 2021.

nie zmniejszyć negatywny wpływ na środowisko i dodatkowo zapewnić stabilność sieci poprzez integrację urządzeń magazynujących. Rozwiązanie to znacznie ograniczy ilość powstających odpadów niebezpiecznych dla zdrowia ludzkiego i środowiska, a jednocześnie byłoby opłacalne ekonomicznie, umożliwiając tym samym obniżenie kosztów zakupu i eksploatacji pojazdów elektrycznych^{33,34,35,36,37}.

Z przedstawionego przeglądu literatury wynika, że trudno jednoznacznie określić efekt zarówno finansowy jak i ekologiczny wykorzystania pojazdów z silnikami elektrycznymi w łańcuchach dostaw. Istnieje więc potrzeba wykonywania dalszych badań w tym zakresie, szczególnie realizowanych na przykładzie obiektów rzeczywistych^{38,39}. Ponadto niewiele dotychczas wykonanych badań dotyczy problematyki transportu produktów spożywczych^{40,41,42}.

Cel pracy

Badanie to miało na celu dokonanie oceny technicznej, ekonomicznej i ekologicznej wykorzystania środka transportowego o napędzie elektrycznym wraz z akumulatorami w krótkim łańcuchu dostaw żywności w porównaniu z odpowiednimi pojazdami napędzanymi silnikami spalinowymi.

Zakres pracy i metodyka

Zakres prac obejmował modyfikację klasycznego jednoślada poprzez dobór elementów napędu elektrycznego o parametrach pozwalających na sprostanie stawianym wymaganiom. Pojazd był wykorzystywany jako środek transportowy w pracy o charakterze dostawcy żywności na terenie miasta Kraków. W czasie jednego dnia roboczego pracownik pokonywał

³³ Presley K. Wesseh i Boqiang Lin, „A Time-of-Use Pricing Model of the Electricity Market Considering System Flexibility”, *Energy Reports* 8, 1457-70, 2022.

³⁴ Kyusung Park i in., „Direct Cathode Recycling of End-Of-Life Li-Ion Batteries Enabled by Redox Mediation”, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 9, nr 24, 8214-8221, 2021.

³⁵ Mario Pagliaro i Francesco Meneguzzo, „Lithium Battery Reusing and Recycling: A Circular Economy Insight”, *Heliyon* 5, nr 6, e01866, 2019.

³⁶ Maria Anna Cusenza i in., „Reuse of Electric Vehicle Batteries in Buildings: An Integrated Load Match Analysis and Life Cycle Assessment Approach”, *Energy and Buildings* 186, 339-354, 2019.

³⁷ Xiaohong Zheng i in., „A Mini-Review on Metal Recycling from Spent Lithium Ion Batteries”, *Engineering* 4, nr 3, 361-370, 2018.

³⁸ Hoekstra, „The Underestimated Potential of Battery Electric Vehicles to Reduce Emissions”.

³⁹ Grzegorz Dzieniszewski i in., red., *Tendencje rozwojowe w transporcie i logistyce: monografia*, Wydanie I. Konferencja Naukowa z cyklu „Logistyka dziś i jutro”, Przemysł; Kraków: Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, 2022.

⁴⁰ De Mello Bandeira i in., „Electric Vehicles in the Last Mile of Urban Freight Transportation”.

⁴¹ Siragusa i in., „Electric Vehicles Performing Last-Mile Delivery in B2C e-Commerce”.

⁴² Grzegorz Dzieniszewski i in., red., *Łańcuchy logistyczne w gospodarce żywnościowej: monografia*, Wydanie I. Konferencja Naukowa z cyklu „Logistyka dziś i jutro”, Przemysł; Kraków: Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, 2020.

dystans do 150 km. W kolejnym etapie badania dokonano oszacowań zużycia energii do napędu jednośladu wraz z kosztem opłat za energię oraz wielkości zanieczyszczeń emitowanych przez krajowy system elektroenergetyczny w czasie produkcji energii elektrycznej niezbędnej do ładowania akumulatorów roweru elektrycznego. Otrzymane wyniki z poszczególnych analiz porównano z wskaźnikami uzyskanymi dla samochodu o napędzie elektrycznym i spalinowym, które były wykorzystywane do realizacji analogicznych zadań. Ostatnim krokiem było określenie wymaganej mocy siłowni fotowoltaicznej pozwalającej zaspokoić potrzeby ładowania roweru elektrycznego używanego w pracy dostawcy posiłków zamawianych na wynos wraz z oceną wpływu tej inwestycji na poziom emisji zanieczyszczeń i wynik finansowy przedsięwzięcia.

Metodyka badania

Doboru elementów składowych systemu wspomagania elektrycznego roweru dokonano w oparciu o macierz morfologiczną przedstawioną w tabeli 1.

Tabela 1. Macierz morfologiczna doboru podzespołów napędowych

Karta struktur			
Funkcja	Rozwiązanie 1	Rozwiązanie 2	Rozwiązanie 3
F1 Napęd	Silnik w piaście tylnego koła	Silnik w piaście przedniego koła	Silnik w korbie roweru
F2 Moc silnika	250W	250W – 1500W	> 1500W
F3 Rodzaj silnika	Przekładniowy	Bez przekładniowy	
F4 Miejsce montażu akumulatora	Akumulator zamontowany w miejscu na napój rowerzysty, tzw. bidon	Akumulator zamontowany w skrzynce w ramie roweru	Akumulator zamontowany na bagażniku nad tylnym kołem
F5 Rodzaj akumulatora	Akumulator zbudowany z ogniw litowo-jonowych	Akumulator zbudowany z akumulatorów kwasowych	
F6 Umieszczenie sterownika	Zamontowany na ramie wzdłuż rury siodłowej	Zamontowany na ramie bagażnika nad tylnym kołem	Zamontowany w skrzynce wraz z akumulatorem w ramie roweru

W zakresie modyfikacji środka transportowego przyjęto następujące założenia i ograniczenia. Pierwszą wytyczną był zasięg roweru na jednym ładowaniu baterii. Założono, aby pojazd mógł przejechać około 150 km bez doładowywania akumulatora. Tak duży zasięg da

się osiągnąć montując pakiet akumulatorów o dużej pojemności. Jest on wymagany, ponieważ jego przeznaczeniem będzie praca jako kurier rowerowy. Kolejnym warunkiem był mocny silnik zdolny do pokonywania długich i stromych podjazdów, założono więc aby minimalna moc silnika była większa lub równa 1500 W. Dodatkowym wymaganiem była cicha praca napędu wspomagającego, aby ograniczyć niekorzystne oddziaływanie na środowisko. Praca kuriera w dużej części obejmuje bowiem ściśle centrum miasta. Trzecim aspektem branym pod uwagę było bezpieczeństwo podczas jazdy. Druga wytyczna mówi, aby silnik posiadał dużą moc co przekłada się na większą szansę utraty kontroli nad pojazdem. Należało więc znaleźć takie rozwiązanie, które będzie kompromisem pomiędzy mocą silnika i bezpieczeństwem użytkownika. Następnie zwrócono uwagę to bliskie rozmieszczenie elementów w celu minimalizacji strat energii, a także aby były one osłonięte przed wilgocią, czy możliwymi uszkodzeniami mechanicznymi. Piątym założeniem podczas projektowania stał się dostęp do informacji o stanie roweru. Kluczowymi informacjami jakie miały być podawane do wiadomości cyklisty to aktualna prędkość, aktualny stan naładowania akumulatora, przebieg krótki i całościowy, energia elektryczna jaką pobiera sterownik. Szóstym z kolei elementem jaki miał pojawić się w konstrukcji roweru to manetka przyspieszenia. Umożliwia ona płynne dozowanie mocy i zmianę prędkości poruszania się poprzez dostarczanie energii do silnika roweru co ma być pomocne przy pokonywaniu wzniesień.

W kolejnym kroku przeprowadzono rozbudowę klasycznego roweru o wybrane w oparciu o macierz morfologiczną elementy wspomagania elektrycznego z uwzględnieniem w/w wymagań. Dla zbudowanego środka transportu analizowano zużycie energii do napędu silnika w zależności od warunków pracy jednoślada. Na tym etapie kluczowe było wykonanie pomiarów zużycia energii elektrycznej potrzebnej do wspomagania pracownika firmy w dostawie zakupionych produktów. Każde ładowanie baterii realizowane było z użyciem układu elektronicznego (analizator parametrów sieci AS-3mini), którego zadaniem był pomiar ilości energii elektrycznej pobranej z sieci publicznej. Akumulator w jednośladzie podpinano do urządzenia ładującego w sytuacji, kiedy był całkowicie rozładowany (napięcia baterii na poziomie poniżej 53 V) lub stwierdzono, że ilość energii zmagazynowana w baterii nie pozwoli pokonać dystansu przewidywanego na kolejny dzień roboczym przy wykorzystaniu wspomagania elektrycznego. Ponadto dokonano pomiaru ilości zużywanej energii elektrycznej do napędu motoroweru w zależności od temperatury otoczenia. Badanie to zostało przeprowadzone na odcinku trasy o długości 78 km w różnych temperaturach otoczenia, starając się uzyskać maksymalnie zbliżone prędkości przemieszczania się na poziomie ok. 25 km·h⁻¹. Zarówno pierwszy jak i drugi przejazd odbył się po modyfikacji umożliwiającej poruszanie się wyłącznie przy użyciu napędu elektrycznego zamontowanego w rowerze bez pedałowania cyklisty. Zgodnie z prawem drogowym był to już nie rower elektryczny, lecz motorower.

Wskaźnik jednostkowego zużycia energii elektrycznej wyznaczono zgodnie z poniższą zależnością:

$$E_J = \frac{E_{el} \cdot 1000}{s} \quad (1)$$

gdzie:

- E_J – energia zużyta na przejechanie 1km rowerem elektrycznym, (Wh·km⁻¹)
- E_{el} – energia elektryczna pobrana z sieci elektroenergetycznej w czasie ładowania akumulatora, (kWh)
- s – pokonany dystans, (km)

Następnie opracowano model regresyjny opisujący wpływ temperatury powietrza na zużycie energii elektrycznej w czasie pracy dostawcy żywności. W analizie tej wykorzystano metodę najmniejszych kwadratów do estymacji parametrów modelu.

Następnie w oparciu o jednostkowe wskaźniki emisji zanieczyszczeń w czasie produkcji energii elektrycznej dla systemu elektroenergetycznego pozyskane z Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami wyznaczono wielkość generowanych zanieczyszczeń zgodnie z zależnością:

$$m_{ej} = W_{ej} \cdot E_{el} \quad (2)$$

$$E_s = W_s \cdot E$$

gdzie:

- m_{ej} – masa emisji j substancji, (kg)
- W_{ej} – wskaźnik emisji dla j substancji, (kg·kWh⁻¹)
- E_{el} – energia elektryczna pobrana z sieci elektroenergetycznej w czasie ładowania akumulatora, (kWh)

Tabela 2. Wskaźniki emisji dla odbiorców końcowych energii elektrycznej ⁴³

Rodzaj emisji	Ilość (kg·MWh ⁻¹)
Dwutlenek węgla (CO ₂)	708
Tlenki siarki (SO _x /SO ₂)	0,505
Tlenki azotu (NO _x /NO ₂)	0,505
Tlenek węgla (CO)	0,237
Pył całkowity	0,022

Dokonano również analizy emisji zanieczyszczeń dla wariantu, w którym dostawca żywności korzysta z samochodu osobowego napędzanego silnikiem spalinowym oraz elektrycznym. Założono, że dostawca żywności będzie się poruszał samochodem miejskim zużywającym 6 l benzyny lub 5 l oleju napędowego lub 15 kWh energii na pokonanie 100 km ^{44 45}.

Emisję zanieczyszczeń dla pojazdu napędzanego silnikiem elektrycznym wyznaczono zgodnie z zależnością numer 2 a dla silników spalinowych w oparciu o zależność:

$$m_{ej} = W_{ej} \cdot E_{el} \quad (3)$$

gdzie:

- m_{ej} – masa emisji j substancji, (g)
- W_{ej} – wskaźnik emisji dla j substancji, (g·km⁻¹)
- E_{el} – pokonywany dystans, (km)

⁴³ „KOBIZE”, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, dostęp 11 wrzesień 2023, <https://www.kobize.pl/>.

⁴⁴ „Rzeczywiste zużycie prądu aut elektrycznych – RANKING”, 19 marzec 2023, <https://www.wyborkierowcow.pl/rzeczywiste-zuzycie-pradu-samochodow-elektrycznych-ranking/>.

⁴⁵ „Ile w rzeczywistości palą samochody? Ranking realnego zużycia paliwa – część 1.”, 4 marzec 2023, <https://www.wyborkierowcow.pl/ile-w-rzeczywistosci-pala-samochody-ranking-realnego-zuzycia-paliwa-czesc-1/>.

Do wyznaczenia wskaźników emisji skorzystano z dostępnych w literaturze opracowań dotyczących wskaźników emisji. W badaniu zdecydowano się na wykorzystanie wyników uzyskanych w teście RDE (*Real Driving Test*). Badania te są bowiem przeprowadzane w rzeczywistych warunkach. Testowane samochody wyposażone są w urządzenie, które na bieżąco rejestrują emisję zanieczyszczeń w spalinach. W ten sposób uzyskane wyniki stanowią odzwierciedlenie emisji zanieczyszczeń. Niestety ich poziom jest nadal uzależniony od stylu jazdy kierowcy, aktualnych warunków meteorologicznych, natężenia ruchu jak i stanu technicznego pojazdu. Do analiz przyjęto wartości wskaźników zestawionych w tabeli 3^{46,47}:

Tabela 3. Wskaźniki emisji z paliw ciekłych

Rodzaj emisji	Paliwo:	
	ON	PB
Dwutlenek węgla (CO ₂) (g·km ⁻¹)	122	121
Tlenki azotu (NO _x) (g·km ⁻¹)	0,6	0,2
Tlenek węgla (CO) (g·km ⁻¹)	0,4	1
Masa cząstek stałych (PM) (g·km ⁻¹)	0,02	0,005
Węglowodory (HC) (g·km ⁻¹)	0,1	0,9

Źródło: ^{46, 47}

W celu ograniczenia emisji zanieczyszczeń przez przedsiębiorstwo, dobrano do jego potrzeb energetycznych w zakresie ładowania pojazdów elektrycznych wielkość siłowni PV. Powierzchnię paneli fotowoltaicznych wymaganych do ładowania akumulatorów obliczono przy założeniu, że z 1 kWp mocy zainstalowanej średnio w okresie rocznym możemy uzyskać 1000 kWh energii elektrycznej. Ze względu na zmienne warunki atmosferyczne w analizach przyjęto ilość dni, w których wykorzystywano rower na poziomie 200. Samochód elektryczny będzie natomiast wykorzystywany we wszystkie dni roku. Dzienny dystans jaki pokonuje kurier niezależnie od wykorzystywanego środka transportu to 150 km. Ilość energii elektrycznej potrzebnej do przemieszczania się w ciągu roku wyznaczono według wzoru:

$$E_{el} = \frac{s \cdot i_{dp} \cdot E_J}{1000000} \quad (4)$$

gdzie:

- E_{el} – ilość zużytej energii elektrycznej w okresie rocznym, (MWh)
- s – pokonany dystans w jednym dniu roboczym, (km)
- i_{dp} – ilość dni pracujących w roku, (-)
- E_J – energia zużyta na przejechanie 1km, (Wh·km⁻¹)

⁴⁶ Tommaso Bellin i in.: „Determination of Euro 6 LPG Passenger Car Emission Factors through Laboratory and On-Road Tests: Effect on Nation-Wide Emissions Assessment for Italy”, *Atmospheric Environment: X* 15, 100186, 2015.

⁴⁷ Kaylin Lee i in.: „Ocena rzeczywistej emisyjności pojazdów w Warszawie”, 2022.

Dla określenia efektów ekonomicznych analizowanych wariantów transportu zastosowano:

- prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych – SPBT:

$$SPBT = \frac{l_0}{S} \quad (5)$$

gdzie:

- l_0 – wartość nakładów początkowych, (PLN)
- S – średnie roczne oszczędności finansowe wynikające z realizacji inwestycji w analizowanym okresie, (PLN·rok⁻¹)

- zdyskontowany okres zwrotu nakładów PBP:

$$PBP = \frac{\ln \left[\frac{1}{1 - \left(\frac{NI}{WRK} \right) \cdot r} \right]}{\ln(1+r)} \quad (6)$$

Wartość zaktualizowaną netto przedsięwzięcia NPV

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{WRK_i}{(1+r)^n} - NI \text{ tys. PLN} \quad (7)$$

gdzie:

- r – stopa dyskonta (przyjęto 6,5%),
- n – liczba okresów analizy,
- NI – nakłady inwestycyjne, (tys. PLN)
- WRK – wartość rocznych korzyści, (tys. PLN)

W analizach przyjęto cenę zakupu samochodu z silnikiem benzynowym na poziomie 120 tys. PLN, z silnikiem wysokopiętnym 130 tys. PLN i z elektrycznym 180 tys. PLN. Koszt zakupu roweru i osprzętu do jego modernizacji - 8 tys. PLN. W badaniu nie uwzględniono pracy własnej na konwersję roweru. Natomiast przyjęte w analizach ceny energii elektrycznej i paliw ciekłych przedstawiały się następująco: energia elektryczna - 2,3 PLN·kWh⁻¹, olej napędowy 6,5 PLN·l⁻¹ i benzyna 6,7 PLN·l⁻¹.

Wyniki badań

Wykorzystanie w pojazdach silników spalinowych nie tylko powoduje emisję zanieczyszczeń w postaci spalin, ale również generują one w czasie pracy hałas negatywnie wpływający na środowisko naturalne. Dodatkowo mogą one powodować zatory na drogach potęgujące emisję zanieczyszczeń jak również coraz częściej pojawia się problem z zaparkowaniem pojazdu szczególnie w dużych aglomeracji miejskich. Większość dzisiejszych miast osiągnęło już bowiem swoje limity rozbudowy infrastruktury w dzielnicach centralnych. Dodatkowo coraz trudniej jest wjechać do centrów miast również z uwagi na ograniczenia w poruszaniu się samochodem czy też wymagania dotyczące emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw. Wszystkie te składowe powodują, że w centrach miast coraz większą popularnością cieszą się pojazdy jednośladowe. Pozwalają one na szybkie przemieszczanie się zarówno po drogach publicznych jak i w określonych przypadkach po ścieżkach rowerowych przy znikomym oddziaływaniu na otoczenie. Niestety klasyczny rower wymaga pewnego

wysiłku ze strony kierowcy by móc przemieścić się pomiędzy dwoma punktami w krótkim czasie. Ponadto, wysiłek fizyczny zniechęca część ludzi do korzystania z tego alternatywnego środka transportu a dla części jest on niewskazany ze względu na ich stan zdrowia. Coraz większym zainteresowaniem cieszą się rowery ze wspomaganie elektrycznym. Głównymi czynnikami powodującymi coraz większą popularność napędów elektrycznych są: mniejsze oddziaływanie na środowisko, większa sprawność napędu, możliwość odzysku energii podczas hamowania, a także mało skomplikowany układ sterowania.

Rower ze wspomaganie elektrycznym to pojazd jednośladowy, który swoją konstrukcją bardzo przypomina rower tradycyjny, napędzany siłą mięśni człowieka. Cyklista jest jednak wspomagany energią wytwarzaną przez silnik elektryczny. Według przepisów prawa ⁴⁸, rower ze wspomaganie elektrycznym ma ograniczoną moc oraz prędkość, do której wspomaga rowerzystę. Nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne sprawiają, że napęd jest mało awaryjny, a także nie wymaga częstej obsługi. Ideą roweru z silnikiem elektrycznym nie jest zastąpienie rowerzysty podczas jazdy, lecz dostarczenie mu wspomaganie, które sprawi, że będzie musiał wykonać siłą mięśni mniejszą pracę na pokonanie danego dystansu na bardziej wymagających odcinkach trasy ⁴⁹. Na rynku dostępnych jest wiele rozwiązań konstrukcyjnych zarówno w zakresie miejsca montażu silnika, rodzaju i lokalizacji akumulatora czy sposobu sterowania pracą układu napędowego. W poniższej tabeli przedstawiono wybrane sposoby montażu silnika elektrycznego do napędu pojazdu wraz z krótką charakterystyką poszczególnych rozwiązań.

Tabela 4. Wady i zalety wybranych sposobów montażu napędu elektrycznego

Typ silnika	Plusy	Minusy
Silnik centralny	Równomierne rozłożenie masy roweru	Większe naprężenia łańcucha i zębatek
	Nisko położony środek ciężkości	Wymagana dokładna praca przerzutek
	Duża stabilność jazdy	Specjalna rama roweru
	Naturalne wrażenia z jazdy	Wyższa cena
	Preferowany do jazdy sportowej	Mała podatność na modyfikacje
	Krótsze prowadzenie przewodów	Wyższe ryzyko uszkodzenia
Silnik w kole tylnym	Bezpośrednie przełożenie mocy na koło	Środek ciężkości z tyłu roweru
	Równomierne zużycie napędu	Duże obciążenie tylnego koła
	Możliwość dynamicznego poruszania się	Wymagane większe ciśnienie opony
	Hamowanie regeneracyjne (odzysk)	Efekt koła zamachowego
	Możliwość wymiany całego koła napędowego	Podczas montażu może być konieczność rozginania ramy
Silnik w przednim kole	Dynamiczne przeniesienie napędu na koło	Większe obciążenie widelca
	Prosta i tania konstrukcja	Większy wpływ na bezpieczeństwo

⁴⁸ „Prawo o ruchu drogowym”, USTAWA z dnia 20 czerwca 1997 r. Dz.U.2023.1047, dostęp 8 wrzesień 2023, <https://sip.lex.pl>.

⁴⁹ Ficoń K.: Rower elektryczny jako alternatywny środek indywidualnego transportu metropolitalnego. Gospodarka Materialowa i Logistyka, nr 5, 2019.

Typ silnika	Plusy	Minusy
	Możliwość wymiany całego koła napędowego	Możliwa utrata trąkci
	Brak ingerencji w napęd łańcuchowy	Skomplikowane prowadzenie przewodów zasilających

Źródło: ⁵⁰

Z wykonanej analizy w oparciu o macierz morfologiczną przedstawioną w tabeli 1, wynika, że stawiane wymagania spełnia silnik elektryczny o mocy znamionowej 3000 W np. model Mxus 45H v3 3K-Turbo (masa 9,2 kg). Został on zainstalowany w obręcz tylnego koła o średnicy 27,5 cala. Współpracuje on z sterownikiem z serii KT60ZWSRCK, o napięciu znamionowym zasilania 60 V napięcia stałego, maksymalnym natężeniu prądu zasilania 45 A, mocy nominalnej 1500 W oraz mocy maksymalnej na poziomie 2600 W. Na poniższym rysunku (Rys. 1) przedstawiono widok środka transportu wykorzystywanego w badaniu przed i po modyfikacji.



Rys. 1. Wygląd roweru a) przed, b) po modernizacji

Analiza zużycia energii do napędu środka transportu

Z wykonanych badań wynika, że do pełnego naładowania akumulatora tj. od 53 V do 67,2 V, konieczne jest pobranie z sieci energii o wartości ok. $2,34 \pm 0,039$ kWh. Szczegółowe wyniki pomiarów dla poszczególnych serii pomiarowych zestawiono w tabeli 5. Proces ładowania akumulatora wynosił średnio 7,5 godziny. Do 70% czasu jego trwania z sieci był pobierany prąd liniowo zwiększającym się od natężenia 3A do 3,8A a następnie zmniejszał się wykładniczo do 0,2A.

⁵⁰ Ficoń K.: Rower elektryczny jako alternatywny środek indywidualnego transportu metropolitalnego. Gospodarka Materiałowa i Logistyka, nr 5, 2019.

Tabela 5. Zużycie energii elektrycznej w zależności od temperatury i przebytej trasy

Napięcie akumulatora przed ładowaniem (V)	Średnia temperatura podczas jazdy (°C)	Dystans pokonany od ostatniego ładowania (km)	Energia zużyta do ładowania (kWh)	Zużycie energii (Wh·km ⁻¹)
52,8	4	144,3	2,66	18,43
53	5	161	2,67	16,58
56,4	8	125,8	2,13	16,93
59	16	105	1,72	16,38
56	18	135,3	2,16	15,96
53	19	180	2,6	14,44
61	20	74	1,12	15,14

Źródło: Obliczenia własne

Wykorzystując rower elektryczny jako środek transportu w pracy dostawcy żywności należy oczekiwać zużycia energii elektrycznej na pokonanie 1 km w ruchu miejskim (Rys. 2) w przedziale od 14,44 Wh·km⁻¹ do 18,43 Wh·km⁻¹, przy wartości średniej na poziomie 16,27 Wh·km⁻¹.

Analizując wskaźnik jednostkowego zużycia energii elektrycznej widzimy, że ilość zużywanej energii elektrycznej jest uzależniona od temperatury otoczenia. Różnica między najwyższym, a najniższym zużyciem energii elektrycznej wynosi prawie 30%. Wyznaczony współczynnik korelacji liniowej pomiędzy tymi zmiennymi jest statystycznie istotny, kierunek korelacji jest ujemny a siła korelacji jest na poziomie 0,85. Postanowiono więc opracować model regresyjny opisujący wpływ temperatury zewnętrznej (t_z) na wskaźnik jednostkowego zużycia energii (E_j). Przeprowadzona analiza regresji pozwoliła na zapisanie modelu w postaci jawnej:

$$E_j^p = 18,26 - 0,15 \cdot t_z$$

Opracowany model charakteryzował się wysokim współczynnikiem determinacji R^2 na poziomie 0,72 co świadczy o tym, że na podstawie temperatury zewnętrznej można wyjaśnić w 72% zmiany zużycia energii elektrycznej do napędu analizowanego środka transportu. Pozostała część zależy głównie od stylu jazdy, warunków na drodze i pokonywanych wzniesień. Widzimy, że wzrost temperatury otoczenia o 1°C będzie powodował obniżenie zużycia energii elektrycznej średnio o 0,15 Wh·km⁻¹.

Spostrzeżenia te skłoniły autorów pracy do realizacji kolejnego badania mającego ocenić wpływ wyłącznie temperatury na zużycie energii do napędu jednoślada. Wykonano więc dwa przejazdy kontrolne pokonując tą samą trasę o długości 78 km (Rys. 3) w warunkach, w których jedyną zmienną była temperatura zewnętrzna. Z pomiarów wynika, że ilość energii elektrycznej zużytej na pokonanie dystansu 78 km, gdy temperatura wynosiła 5°C wynosiła 1 kWh, natomiast gdy temperatura otoczenia wzrosła do 26°C zużycie na tym samym odcinku drogi wyniosło 0,79 kWh. Dane te pozwoliły na wyznaczenie wskaźników jednostkowych wynoszących odpowiednio 12,72 Wh·km⁻¹ dla 5°C i 10,13 Wh·km⁻¹ dla 26°C. W obydwu przypadkach były to wartości niższe niż uzyskane w czasie dostawy żywności (Tab. 5). Zaobserwowane różnice w ilości zużytej energii elektrycznej wynikają głównie z warunków jazdy. Poruszanie się po mieście wymaga częstego przyspieszania oraz hamowania ze

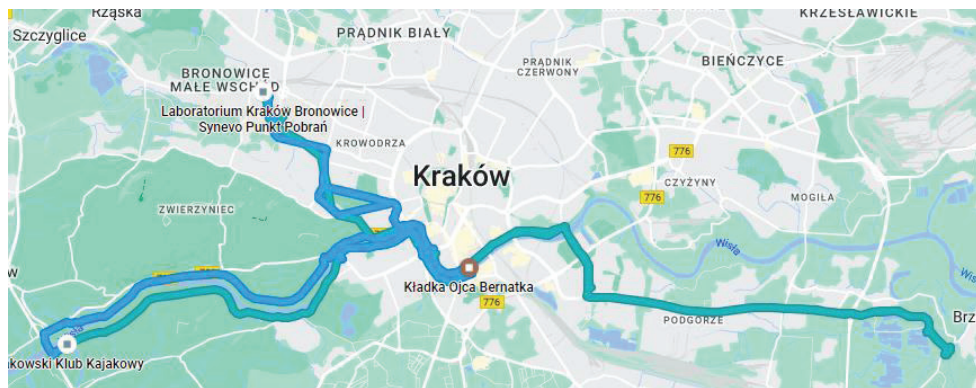
względu na natężenie ruchu, sygnalizacje świetlną czy też ilości pokonywanych zakrętów oraz skrzyżowań (Rys. 2 i 3).

Podczas wykonywania badań mających określić wpływ temperatury na zużycie energii elektrycznej wybrano trasę (Rys. 3), która charakteryzuje się dużo mniejszą ilością sytuacji wymagających zmiany prędkości lub zatrzymywania. Dzięki płynnej jeździe możliwe było ograniczenie zużycia energii do napędu pojazdu.



Rys. 3. Przykładowy przebieg trasy kuriera z jednego dnia

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z google maps ⁵¹



Rys 4. Przebieg trasy podczas badania wpływu temperatury otoczenia na zużycie energii elektrycznej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z google maps ⁵²

⁵¹ „Google Maps”, Google Maps, dostęp 13 wrzesień 2023, <https://www.google.pl/maps/@50.0815099,19.855963,13z?entry=ttu>.

⁵² „Google Maps”.

Emisja zanieczyszczeń w czasie transportu

Kolejnym etapem badań było określenie emisji zanieczyszczeń wynikających z napędu silników pojazdów wykorzystywanych w pracy energią elektryczną lub paliwami ciekłymi. W tym celu wyznaczono emisję zanieczyszczeń na pokonanie analogicznej trasy zarówno rowerem elektrycznym jak i samochodem osobowym. W analizie przyjęto, że pokonywany dziennie średni dystans przez kuriera dostarczającego żywność wynosi 150 km.

Tabela 9. Wskaźniki emisji zanieczyszczeń przez środki transportu zasilane paliwami cieplnymi

Rodzaj emisji	Paliwo:	
	ON	PB
Dwutlenek węgla CO ₂ (g)	18,3·10 ³	18,1·10 ³
Tlenki azotu NO _x (g)	90,0	30,0
Tlenek węgla CO (g)	60,0	150,0
Masa cząstek stałych PM (g)	3,0	0,8
Węglowodory HC (g)	15,0	135,0

Źródło: Obliczenia własne

Tabela 10. Wskaźniki emisji zanieczyszczeń przez środki transportu zasilane energią elektryczną

Rodzaj emisji	Rower elektryczny	Samochód elektryczny
Dwutlenek węgla CO ₂ (g)	1,7·10 ³	15,9·10 ³
Tlenki siarki SO _x /SO ₂ (g)	1,2	11,4
Tlenki azotu NO _x /NO ₂ (g)	1,2	11,4
Tlenek węgla CO (g)	0,6	5,3
Pył całkowity (g)	0,1	0,5

Źródło: Obliczenia własne

Wyniki badań potwierdziły oczekiwania w zakresie najniższych wskaźników emisji dla roweru ze wspomaganiem elektrycznym. Charakteryzował się on wskaźnikami emisji dziewięć razy niższymi od samochodu z silnikiem elektrycznym. Jest to efekt niższego zużycia energii na pokonanie analogicznego dystansu. Niestety wykorzystanie energii elektrycznej nie jest obojętne dla środowiska naturalnego. Pokonanie bowiem dystansu 150 km powoduje dla samochodu emisję dwutlenku węgla na poziomie prawie 16 kg. Jest to wartość nieznacznie niższa niż dla pojazdów posiadających silniki spalinowe (ok. 18 kg na 150 km). Sytuacja ta wynika głównie z obciążenia środowiska naturalnego zanieczyszczeniami w czasie konwersji paliw kopalnych (głównie węgla) na energię elektryczną. Obciążenie środowiska emisją zanieczyszczeń generowane jest nie tylko w czasie eksploatacji środków transportu, ale również na etapie ich produkcji i po wycofaniu z użytkowania. Konieczne są więc dalsze prace nad możliwością ograniczenia emisji w całym cyklu życia produktu. Na obecnym etapie można jedynie wskazać, że celowe jest dalsze promowanie ekologicznych środków transportu szczególnie na terenie aglomeracji miejskich. Wykorzystywanie energii elektrycznej do napędu powoduje bowiem nie tylko ograniczenie emisji dwutlenku węgla, ale również znaczną redukcję tlenków azotu. Niestety w zakresie emisji pyłów takie rozwiązania nie są

już atrakcyjne. Sytuację tą może znacząco poprawić poprzez zwiększenie wykorzystania alternatywnych źródeł energii do produkcji energii elektrycznej.

W transporcie jednostkowe wskaźniki emisji podawane w przeliczeniu na kilometr nie obejmują całej problematyki dostawy towaru. Bardzo ważne jest również wykorzystanie dostępnej przestrzeni ładunkowej. Jak powszechnie wiadomo samochód osobowy posiada znacznie większą przestrzeń ładunkową niż plecak na ramionach rowerowego dostawcy żywności. Z uwagi na ten fakt wydawać by się mogło, że pomimo wyższych jednostkowych wskaźników emisji na kilometr pokonywanej trasy, wykorzystanie samochodu do tego typu pracy niesie ze sobą korzyść w postaci większej ilości realizowanych zleceń za jednym przejazdem. Niestety charakter pracy oraz oczekiwania klientów indywidualnych wymagają od dostawcy pożywienia szybkości w działaniu, aby zamawiane produkty dotarły ciepłe do odbiorcy. Zlecenia przybywające do centrali firmy oferującej dowozy to w głównej mierze pojedyncze zamówienia z jednej z restauracji, pod konkretny adres zamawiającego. Firmy kurierskie mają zawarte umowy partnerskie z wieloma restauracjami by optymalizować koszty dostawy i poprawiać jakość usługi. Fakt ten sprawia, że otrzymywane zlecenia są rozproszone po całym mieście przez co nie można pozwolić sobie na wykonywanie kilku zleceń w tym samym czasie. Odwiedzanie kilku restauracji, aby odebrać zamówienia i później je po kolei dostarczać niesie ze sobą duże ryzyko wychłodzenia przewożonych towarów, wydłuża czas dostawy przez co spada satysfakcja klientów, a w wyniku czego mogą zniechęcić się do ponownego skorzystania z usługi.

Wykorzystanie alternatywnych źródeł energii do zasilania pojazdów z silnikami elektrycznymi

Wykorzystując elektryczny rower lub samochód do pracy jako kurier jest mało realne, aby energię pozyskana z konwersji fotoelektrycznej bezpośrednio magazynować w akumulatorze w dniu roboczym ze względu na czas wykonywania pracy. Środek transportu w okresie dostępności energii z promieniowania słonecznego jest wykorzystywany do przemieszczania się, więc nie może być podłączony do stacji ładowania. Rozwiązaniem może być użytkowanie dwóch akumulatorów używanych naprzemiennie w rowerze elektrycznym. Podczas gdy jedna z baterii jest zamontowana w rowerze i cyklista wykorzystuje energię w nim zgromadzoną, to w tym samym czasie druga może być ładowana z instalacji PV. Ze względu na problemy związane z wymianą akumulatora w samochodzie elektrycznym rozwiązanie to nie może być stosowane. Oczywiście jest możliwość wykorzystania lokalnego magazynu energii do gromadzenia jej w okresie dnia i przekazywania do pojazdu w nocy. Niestety niska sprawność przemian powoduje, że rozwiązanie to jest nieefektywne. Oczywiście można bilansować energię dla całego przedsiębiorstwa i energię z PV przeznaczać na bieżącą jej działalność a w okresie nocnym pobierać energię z sieci do akumulatora. Rozwiązanie to przyczyni się szczególnie do lokalnego obniżenia emisji zanieczyszczeń a ponadto pozwoli na ograniczenie kosztów poprzez odpowiedni dobór taryfy, jak również przyczyni się do wyrównania profilu obciążenia w systemie elektroenergetycznym a więc i poprawy jego efektywności.

Z przeglądu rozwiązań do ładowania akumulatorów jednośladow wynika, że to rozwiązania techniczne o stosunkowo prostej budowie. Najczęściej wykorzystują one moduły fotowoltaiczne o odpowiednim napięciu i mocy oraz urządzenie kontrolujące proces ładowania.

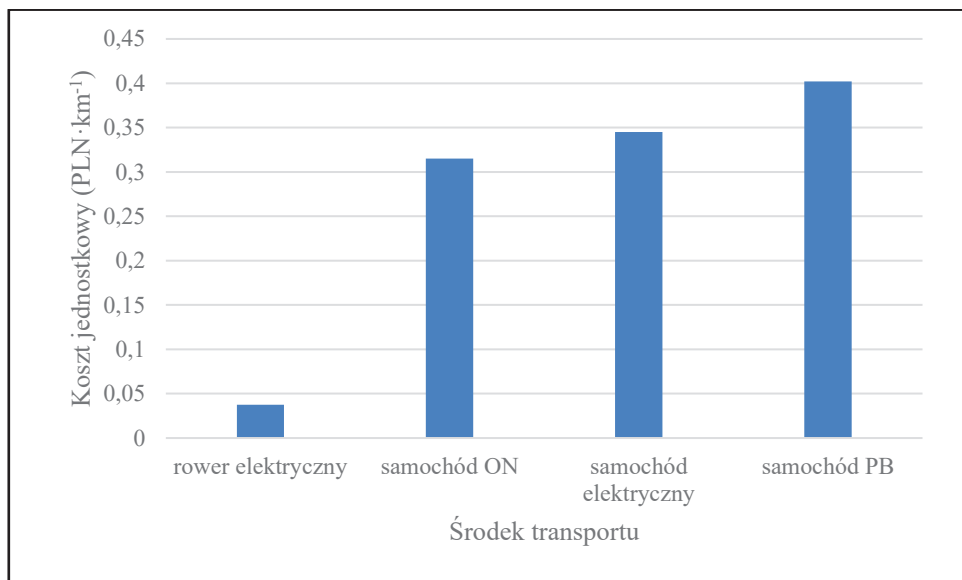
Na rynku są dostępne rozwiązania komercyjne⁵³ lub można taką instalację wykonać indywidualnie. Dodatkowym ułatwieniem jest brak konieczności jej połączenia z siecią elektroenergetyczną w celu sprzedaży lub magazynowania nadwyżek energii. Pozyskana energia jest wykorzystywana wyłącznie do ładowania akumulatora a w przypadku nadwyżki energii panele PV pracują w stanie jałowym. Niedobór energii w okresie zimowym może być natomiast uzupełniamy z sieci publicznej. Należy jednak zaznaczyć, że dostępność energii z promieniowania słonecznego jest częściowo zgodna z intensywnością eksploatacji pojazdu. W okresie zimowym mamy ograniczoną ilość energii, ale również ze względu na warunki meteorologiczne ograniczamy wykorzystanie środka transportu.

Z wykonanych badań wynika, że średnie dobowe zapotrzebowanie na energię do ładowania akumulatora w rowerze jest na poziomie 2,4 kWh natomiast w samochodzie elektrycznym to 22,5 kWh. W okresie rocznym należy oczekiwać zużycia energii na poziomie odpowiednio 488 kWh i 8212 kWh. Jeżeli średni roczny uzysk z energii elektrycznej z 1 kWp mocy zainstalowanej jest na poziomie 1000 kWh do pokrycia potrzeb energetycznych należy wykorzystać siłownię o mocy nie mniejszej niż 0,9 kWp dla roweru elektrycznego i 8,2 kWp dla samochodu elektrycznego. Moc siłowni do ładowania akumulatora w rowerze została przewymiarowana w stosunku do rocznego zużycia energii, ponieważ będzie ona wykorzystywana tylko przez 200 dni w roku i musi pokryć dobowe zapotrzebowanie na energię na poziomie 2,4 kWh. W celu lepszego wykorzystania dostępnej energii promieniowania słonecznego celowe jest posiadanie większej liczby środków transportu z magazynami energii i wykorzystywanie ich pojemności w okresach pomiędzy realizacją zamówień. Pozyskane nadwyżki energii mogą być wykorzystane do pokrycia bieżących potrzeb podmiotu. Polecanym rozwiązaniem jest bezpośrednie wykorzystanie energii napięcia stałego bez konwersji na napięcie sinusoidalne zmienne by poprawić efektywność procesu. Dodatkowo konstrukcja mikro siłowni PV może stanowić zadaszenie dla rowerów stanowiące ochronę w czasie niekorzystnym warunków meteorologicznych.

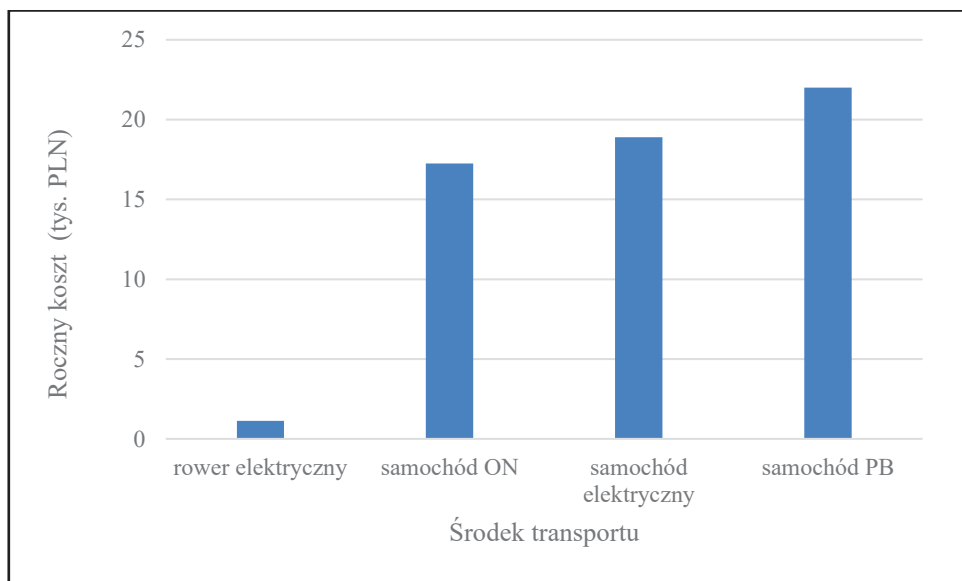
Ocena ekonomiczna środków transportu

W oparciu o zgromadzone informacje dokonano oceny ekonomicznej wykorzystania analizowanych środków transportowych. W pierwszym kroku wyznaczona koszty inwestycyjne. Modyfikacja klasycznego roweru do roweru z napędem elektrycznym o parametrach wskazanych we wcześniejszych punktach pracy wymagała poniesienia nakładów rzędu 8 tys. PLN. Na ten koszt składały się głównie zakup roweru, silnika elektrycznego ze sterownikiem i akumulatora. Zakup samochodu elektrycznego w cenie 180 tys. PLN wymagał jeszcze inwestycji w stację do ładowania. W analizach przyjęto, że jej koszt będzie wynosił 2 tys. PLN. Nakłady na budowę siłowni PV przyjęto na poziomie 3 tys. PLN dla roweru elektrycznego i 40 tys. PLN dla samochodu elektrycznego. W obliczeniach uwzględniono cenę energii elektrycznej na poziomie $2,3 \text{ PLN} \cdot \text{kWh}^{-1}$, oleju napędowego $6,5 \text{ PLN} \cdot \text{l}^{-1}$ i benzyny $6,7 \text{ PLN} \cdot \text{l}^{-1}$. Dla przyjętych założeń oszacowano roczny koszt opłat za energię do napędu poszczególnych środków transportowych, które przedstawiono na rysunku 5.

⁵³ „Electromobility Charger”, jCharge, dostęp 12 wrzesień 2023, <https://jcharge.eu/>.



Rys. 5. Koszt jednostkowy opłat za paliwo dla wybranych środków transportu



Rys. 6. Roczny koszt opłat za paliwo dla wybranych środków transportu

Z wykonanej analizy (Rys. 6) wynika, że pod względem kosztów związanych z zakupem i eksploatacją wykorzystanie roweru z napędem elektrycznym jest bezkonkurencyjne. Charakteryzuje się ono bowiem najniższym kosztem inwestycyjnym i eksploatacyjnym. Niestety ze względu na warunki klimatyczne w Polsce jego wykorzystanie w okresie zimowym jest

utrudnione lub wręcz niemożliwe. Powinien on być uzupełniony samochodem osobowym, który jest wykorzystywany w okresach niesprzyjających warunków meteorologicznych lub przy realizacji dużych zamówień. Porównując wykorzystywanie samochodów zdecydowano się na czteroletni okres użytkowania pojazdu, ponieważ w tym czasie pokona on dystans prawie 220 tys. km. Z wykonanej analizy wynika, że dodatnia wartość wskaźnika NPV wystąpiła tylko dla zamiany silnika spalinowego zasilanego benzyną na olej napędowy. W tym przypadku wartość wskaźnika wyniosła ponad 6,3 tys. PLN. Wprowadzenie samochodu elektrycznego w porównaniu do zasilanego benzyną przynosi obniżenie kosztów, lecz ich poziom w analizowanym okresie jest na poziomie poniżej 11 tys. PLN przy wzroście nakładów na inwestycje rzędu 60 tys. PLN. Użytkowanie pojazdu zasilanego olejem napędowym dla przyjętych kosztów paliw i energii generuje niższe koszty niż dla silnika elektrycznego. Wyznaczone wskaźniki PBP i SPBT nie uzasadniają inwestycji w samochód elektryczny, ponieważ wynoszą one odpowiednio 41 i 20 lat. Jest to więc okres dłuższy niż możliwość eksploatacji pojazdu przy rocznym przebiegu na poziomie 55 tys. km. Inwestycja w samochód elektryczny staje się celowa dopiero przy koszcie energii elektrycznej na poziomie ok. 0,5 PLN·kWh⁻¹. Uzyskanie tak niskiego kosztu energii jest możliwe dzięki inwestycji w siłownię fotowoltaiczną. Przy założeniu, że całkowita ilość energii pozyskana z PV jest przeznaczona bezpośrednio do ładowania akumulatora i w pokrywa ona potrzeby energetyczne pojazdu bez konieczności wspomagania energią z sieci powoduje, że wykorzystanie pojazdu elektrycznego jest ekonomicznie uzasadnione. Dla takich warunków NPV dla czteroletniego okresu eksploatacji pojazdu napędzanego PB daje wynik powyżej 6 tys. PLN a dla ON jest na granicy opłacalności. Dodatkową korzyścią przemawiającą za wyborem takiego pojazdu są przywileje jak np. możliwość korzystania z dodatkowych pasów ruchu czy miejsc parkingowych co w zatłoczonych centrach miast jest bardzo ważne. Osiągnięcie jednak takiego wskaźnika wykorzystania energii elektrycznej z konwersji fotoelektrycznej w praktyce jest mało realne. Bardzo często mamy bowiem brak współwystępowania dostępności i zapotrzebowania na energię. Energia promieniowania słonecznego charakteryzuje się bowiem sezonowością dobową i miesięczną jak również dużą zmiennością. Analizowano więc wpływ stopnia poboru energii z sieci publicznej na koszty eksploatacji pojazdów. Już przy 10% udziale energii pobieranej z sieci jej koszty przekraczają koszt zakupu paliwa ciekłego. Sytuacja ta znacznie lepiej wygląda przy dofinansowaniu kosztu zakupu lub w sytuacji, gdy rozwój technologiczny pozwoli na obniżenie kosztu zakupu pojazdu z silnikiem elektrycznym do poziomu pojazdu z silnikiem spalinowym. W tej sytuacji wykorzystanie pojazdu elektrycznego przynosi nie tylko korzyści finansowe, ale również ekologiczne. Jest to szczególnie ważne dla gęsto zaludnionych dużych aglomeracji miejskich. Dodatkowo, jeśli przedsiębiorca zainwestuje w siłownię PV może liczyć na oszczędności związane z zakupem nośników energii do zasilania pojazdów rzędu 40-50 tys. PLN przy 20% pokryciu zapotrzebowania na energię z sieci publicznej. Wykorzystując instalację fotowoltaiczną do pozyskiwania energii do ładowania akumulatorów pojazdów o napędzie elektrycznym znacznie obniżamy emisję szkodliwych substancji w okresie ich eksploatacji. Nadal istnieje jednak potrzeba dalszych badań zmierzających do ograniczania emisji na etapie wytwarzania i wycofywania z eksploatacji pojazdów elektrycznych i źródeł wytwarzających energię elektryczną.

Wnioski

Po przeprowadzeniu konwersji tradycyjnego roweru na rower ze wspomaganie elektrycznym i wykonanych badaniach z zakresu zużycia energii elektrycznej i paliw ciekłych na potrzeby napędu analizowanych środków transportowych wykorzystywanych w pracy kuriera żywności na terenie aglomeracji miejskiej a także analizy wpływu ich pracy na środowisko naturalne można sformułować następujące wnioski:

1. Wykonana konwersja roweru w znacznym stopniu zmniejsza wysiłek kierującego, a wykorzystując pełne możliwości pojazdu można całkowicie ograniczyć wysiłek cyklisty na wprowadzenie w ruch roweru za sprawą zamontowanej manetki przyspieszenia sterującej pracą silnika, jednak taka jazda znacznie ogranicza zasięg. Dodatkowe elementy, które wykorzystano do zelektryfikowania pojazdu negatywnie wpłynęły na masę roweru. Najcięższe podzespoły to akumulator oraz silnik elektryczny. Z uwagi na ten aspekt rowerzysta podczas jazdy musi zwrócić większą uwagę na balansowanie jednoślada oraz wziąć pod uwagę dłuższą drogę hamowania.
2. Średnie zużycie energii elektrycznej na przejechanie 1 km w warunkach miejskich dla roweru ze wspomaganie elektrycznym wynosi $16,27 \text{ Wh}\cdot\text{km}^{-1}$. W sprzyjających warunkach pracy tj. przemieszczanie się ze stałą prędkością, w ruchu pozamiejskim pozwala na ograniczenie zapotrzebowania na energię do $11,43 \text{ Wh}\cdot\text{km}^{-1}$.
3. Na zużycie energii duży wpływ ma nie tylko styl jazdy, ale również temperatura otoczenia. Eksploatacja roweru elektrycznego przy niskich temperaturach znacząco redukuje zasięg jednoślada. Obniżenie temperatury z 20°C do 4°C spowodowało zwiększenie zapotrzebowania na energię z $15,14 \text{ Wh}\cdot\text{km}^{-1}$ do $18,43 \text{ Wh}\cdot\text{km}^{-1}$. Jest to więc wzrost o prawie 22%. Zmiana zapotrzebowania na energię wystąpiła również w ruchu pozamiejskim z $10,13 \text{ Wh}\cdot\text{km}^{-1}$ dla 26°C do $12,72 \text{ Wh}\cdot\text{km}^{-1}$ dla 5°C . Zmiana ta nie była już tak duża i wyniosła niecałe 13%.
4. Wykorzystanie roweru ze wspomaganie elektrycznym charakteryzuje się najniższym kosztem jednostkowym w zakresie opłat za energię na poziomie poniżej $0,04 \text{ PLN km}^{-1}$ przy ładowaniu jego akumulatorów z sieci publicznej. Wykorzystanie w pracy kuriera żywności samochodu generuje koszty związane z zakupem paliwa w wysokości $0,315 \text{ PLN km}^{-1}$ dla silnika spalinowego przy zasilaniu olejem napędowym i $0,405 \text{ PLN km}^{-1}$ dla benzyny oraz $0,345 \text{ PLN km}^{-1}$ dla silnika elektrycznego.
5. Dla przyjętego okresu eksploatacji pojazdu wynoszącego 4 lata i przebiegu prawie 220 tys. km analizowane wskaźniki oceny ekonomicznej inwestycji wskazały, że celowy jest wybór samochodu napędzanego olejem napędowym. Zamiana silnika spalinowego zasilanego benzyną na olej napędowy pozwoliła na uzyskanie wskaźnika NPV na poziomie ponad 6,3 tys. PLN. Eksploatacja samochodu elektrycznego w porównaniu do pojazdu zasilanego benzyną przynosi obniżenie kosztów, lecz ich poziom w analizowanym okresie jest na poziomie poniżej 11 tys. PLN co nie równoważy wzrostu nakładów inwestycyjnych na poziomie 60 tys. PLN.
6. Eksploatacja samochodów o napędzie elektrycznym w porównaniu z paliwami ciekłymi jest korzystna, jeśli koszt jednostkowy energii elektrycznej jest poniżej $0,5 \text{ PLN}\cdot\text{kWh}^{-1}$. Uzyskanie tak niskiego kosztu energii jest możliwe przy pozyskiwaniu energii np. z systemu PV. Praktyczne jednak wykorzystanie tej energii w całości do ładowania akumulatorów w pojeździe jest utrudnione ze względu na brak współwystępowania zapotrzebowania i dostępności energii. Magazynowanie pośrednie energii lub

uzupełnianie niedoborów energii z sieci publicznej generuje dodatkowe koszty eliminujące ten środek transportu. Przewagę kosztową samochodu elektrycznego nad zasilanego paliwami ciekłymi można osiągnąć przy dofinansowaniu kosztu zakupu zrównującego cenę pojazdów. W tym przypadku pozyskiwanie energii do jego zasilania z PV pozwala na oszczędności związane z zakupem nośników energii rzędu 40-50 tys. PLN przy 20% pokryciu zapotrzebowania na energię z sieci publicznej.

7. Wykorzystanie roweru ze wspomaganiem elektrycznym charakteryzowało się najniższymi wskaźnikami emisji zanieczyszczeń. Były one dziewięć razy niższe niż dla samochodu z silnikiem elektrycznym. Pokonanie bowiem dystansu 150 km samochodem z napędem elektrycznym powoduje emisję dwutlenku węgla na poziomie prawie 16 kg i jest to wartość niższa niż dla pojazdów posiadających silniki spalinowe (ok. 18 kg na 150 km). Wykorzystywanie energii elektrycznej pozwala nie tylko na ograniczenie emisji dwutlenku węgla, ale również znacząco redukcję ilość generowanych tlenków azotu. Niestety w zakresie emisji pyłów takie rozwiązania nie są już atrakcyjne. Sytuację tą można znacząco poprawić poprzez zwiększenie wykorzystania alternatywnych źródeł energii do produkcji energii elektrycznej.

Bibliografia

- Almutairi, A.; Wheeler, J. P.; Slutzky, D. L.; Lambert, J. H.: Integrating Stakeholder Mapping and Risk Scenarios to Improve Resilience of Cyber-Physical-Social Networks. *Risk Anal.* 39(9), 2093–2112. <https://doi.org/10.1111/risa.13292>, 2019,
- Alp, O.; Tan, T.; Udenio, M.: Transitioning to Sustainable Freight Transportation by Integrating Fleet Replacement and Charging Infrastructure Decisions. *Omega*, 109, 102595. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102595>, 2022
- Andersson, Ö.; Börjesson, P. The Greenhouse Gas Emissions of an Electrified Vehicle Combined with Renewable Fuels: Life Cycle Assessment and Policy Implications. *Appl. Energy* 2021, 289, 116621. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116621>.
- Bellin, T.; Casadei, S.; Rossi, T.; Bernetti, A.; De Lauretis, R.; Lonati, G. Determination of Euro 6 LPG Passenger Car Emission Factors through Laboratory and On-Road Tests: Effect on Nation-Wide Emissions Assessment for Italy. *Atmospheric Environ. X* 2022, 15, 100186. <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2022.100186>.
- Berckmans, G.; Messagie, M.; Smekens, J.; Omar, N.; Vanhaverbeke, L.; Van Mierlo, J. Cost Projection of State of the Art Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles Up to 2030. *Energies* 2017, 10 (9), 1314. <https://doi.org/10.3390/en10091314>.
- Buberger, J.; Kersten, A.; Kuder, M.; Eckerle, R.; Weyh, T.; Thiringer, T. Total CO₂-Equivalent Life-Cycle Emissions from Commercially Available Passenger Cars. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2022, 159, 112158. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112158>.
- Costa, C. M.; Barbosa, J. C.; Castro, H.; Gonçalves, R.; Lanceros-Méndez, S. Electric Vehicles: To What Extent Are Environmentally Friendly and Cost Effective? – Comparative Study by European Countries. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2021, 151, 111548. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111548>.
- Crabtree, G.; Kocs, E.; Tillman, B. Where Is Transportation Going? *Europhys. News* 2017, 48 (3), 21–25. <https://doi.org/10.1051/ePN/2017303>.
- Cusenza, M. A.; Guarino, F.; Longo, S.; Mistretta, M.; Cellura, M. Reuse of Electric Vehicle Batteries in Buildings: An Integrated Load Match Analysis and Life Cycle Assessment Approach. *Energy Build.* 2019, 186, 339–354. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.01.032>.

- De Mello Bandeira, R. A.; Goes, G. V.; Schmitz Gonçalves, D. N.; D'Agosto, M. D. A.; Oliveira, C. M. D. Electric Vehicles in the Last Mile of Urban Freight Transportation: A Sustainability Assessment of Postal Deliveries in Rio de Janeiro-Brazil. *Transp. Res. Part Transp. Environ.* 2019, 67, 491-502. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.12.017>.
- Dumortier, J.; Siddiki, S.; Carley, S.; Cisney, J.; Krause, R. M.; Lane, B. W.; Rupp, J. A.; Graham, J. D. Effects of Providing Total Cost of Ownership Information on Consumers' Intent to Purchase a Hybrid or Plug-in Electric Vehicle. *Transp. Res. Part Policy Pract.* 2015, 72, 71-86. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.12.005>.
- Elangovan, R.; Kanwhen, O.; Dong, Z.; Mohamed, A.; Rojas-Cessa, R. Comparative Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emission of Diesel and Electric Trucks for Food Distribution in Gowanus District of New York City. *Front. Big Data* 2021, 4, 693820. <https://doi.org/10.3389/fdata.2021.693820>.
- Electromobility Charger. jCharge. <https://jcharge.eu/> (accessed 2023-09-12).
- Fernandez, A.; Diaz, M.; Rojas, F.; Reyes-Chamorro, L.; Chavez, H. Impact of the Electrical Energy-Tariff and Vehicle-to-Grid in the Total Cost of Ownership of Electromobility Projects. In 2021 IEEE International Conference on Automation/XXIV Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA); IEEE: Valparaíso, Chile, 2021; pp 1-7. <https://doi.org/10.1109/ICAACCA51523.2021.9465273>.
- Ficoń, K. Rower Elektryczny Jako Alternatywny Środek Indywidualnego Transportu Metropolitalnego. *Gospod. Mater. Logistyka* 2019, No. 5.
- Gambhir, A.; Tse, L. K. C.; Tong, D.; Martinez-Botas, R. Reducing China's Road Transport Sector CO2 Emissions to 2050: Technologies, Costs and Decomposition Analysis. *Appl. Energy* 2015, 157, 905-917. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.018>.
- Global Electric Vehicle Outlook 2022. 2022.
- Google Maps. Google Maps. <https://www.google.pl/maps/@50.0815099,19.855963,13z?entry=tту> (accessed 2023-09-13).
- Gómez Vilchez; Smyth; Kelleher; Lu; Rohr; Harrison; Thiel. Electric Car Purchase Price as a Factor Determining Consumers' Choice and Their Views on Incentives in Europe. *Sustainability* 2019, 11 (22), 6357. <https://doi.org/10.3390/su11226357>.
- Greenhouse gas emissions from transport in Europe. <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emissions-from-transport> (accessed 2023-09-07).
- Hawkins, T. R.; Singh, B.; Majeau-Bettez, G.; Strømman, A. H. Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *J. Ind. Ecol.* 2013, 17 (1), 53-64. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x>.
- Hoekstra, A. The Underestimated Potential of Battery Electric Vehicles to Reduce Emissions. *Joule* 2019, 3 (6), 1412-1414. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.06.002>.
- Ile w rzeczywistości palą samochody? Ranking realnego zużycia paliwa – część 1. <https://www.wybor-kierowcow.pl/ile-w-rzeczywistosci-pala-samochody-ranking-realnego-zuzycia-paliwa-czesc-1/> (accessed 2023-09-11).
- International Energy Agency. Global EV Outlook 2023: Catching up with Climate Ambitions; Global EV Outlook; OECD, 2023. <https://doi.org/10.1787/cbe724e8-en>.
- Ji, S.; Cherry, C. R.; J. Bechle, M.; Wu, Y.; Marshall, J. D. Electric Vehicles in China: Emissions and Health Impacts. *Environ. Sci. Technol.* 2012, 46 (4), 2018-2024. <https://doi.org/10.1021/es202347q>.
- Kawamoto, R.; Mochizuki, H.; Moriguchi, Y.; Nakano, T.; Motohashi, M.; Sakai, Y.; Inaba, A. Estimation of CO2 Emissions of Internal Combustion Engine Vehicle and Battery Electric Vehicle Using LCA. *Sustainability* 2019, 11 (9), 2690. <https://doi.org/10.3390/su11092690>.
- KOBIZE. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. <https://www.kobize.pl/> (accessed 2023-09-11).
- Lee, K.; Bernard, Y.; Dallmann, T.; Tietge, U.; Pniewska, I.; Rintanen, I. Ocena rzeczywistej emisyjności pojazdów w Warszawie. 2022.

- Liu, Z.; Song, J.; Kubal, J.; Susarla, N.; Knehr, K. W.; Islam, E.; Nelson, P.; Ahmed, S. Comparing Total Cost of Ownership of Battery Electric Vehicles and Internal Combustion Engine Vehicles. *Energy Policy* 2021, 158, 112564. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112564>.
- Łańcuchy Logistyczne w Gospodarce Żywnościowej: Monografia, Wydanie I.; Dzieniszewski, G., Kuboń, M., Instytut Nauk Technicznych (Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska; Przemysł), Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej (Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja; Kraków), Eds.; Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej: Przemysł; Kraków, 2020.
- Pagliaro, M.; Meneguzzo, F. Lithium Battery Reusing and Recycling: A Circular Economy Insight. *Heliyon* 2019, 5 (6), e01866. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01866>.
- Park, K.; Yu, J.; Coyle, J.; Dai, Q.; Frisco, S.; Zhou, M.; Burrell, A. Direct Cathode Recycling of End-Of-Life Li-Ion Batteries Enabled by Redox Mediation. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 2021, 9 (24), 8214–8221. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c02133>.
- Petrauskienė, K.; Galinis, A.; Kliugaitė, D.; Dvarionienė, J. Comparative Environmental Life Cycle and Cost Assessment of Electric, Hybrid, and Conventional Vehicles in Lithuania. *Sustainability* 2021, 13 (2), 957. <https://doi.org/10.3390/su13020957>.
- Piecyk, M. I.; McKinnon, A. C. Forecasting the Carbon Footprint of Road Freight Transport in 2020. *Integrating Glob. Supply Chain* 2010, 128 (1), 31–42. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.08.027>.
- Pipitone, E.; Caltabellotta, S.; Occhipinti, L. A Life Cycle Environmental Impact Comparison between Traditional, Hybrid, and Electric Vehicles in the European Context. *Sustainability* 2021, 13 (19), 10992. <https://doi.org/10.3390/su131910992>.
- Prawo o ruchu drogowym. USTAWA z dnia 20 czerwca 1997 r. Dz.U.2023.1047. <https://sip.lex.pl> (accessed 2023-09-08).
- Rzeczywiste zużycie prądu aut elektrycznych – RANKING. <https://www.wyborcikierowcow.pl/rzeczywiste-zuzycie-pradu-samochodow-elektrycznych-ranking/> (accessed 2023-09-11).
- Sharma, S.; Ali, I.; Aftab, Mohd. A. Demand Response Mechanism in User-Centric Markets Integrated with Electric Vehicles. In 2022 IEEE Delhi Section Conference (DELCON); IEEE: New Delhi, India, 2022; pp 1-6. <https://doi.org/10.1109/DELCON54057.2022.9753579>.
- Siragusa, C.; Tumino, A.; Mangiaracina, R.; Perego, A. Electric Vehicles Performing Last-Mile Delivery in B2C e-Commerce: An Economic and Environmental Assessment. *Int. J. Sustain. Transp.* 2022, 16 (1), 22–33. <https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1847367>.
- Soysal, M.; Bloemhof-Ruwaard, J. M.; Bektaş, T. The Time-Dependent Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem with Environmental Considerations. *Int. J. Prod. Econ.* 2015, 164, 366–378. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.016>.
- Tendencje Rozwojowe w Transporcie i Logistyce: Monografia, Wydanie I.; Dzieniszewski, G., Kuboń, M., Kaczmar, I., Instytut Nauk Technicznych (Państwowa Akademia Nauk Stosowanych; Przemysł), Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej (Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja; Kraków), Eds.; Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej: Przemysł; Kraków, 2022.
- Wesseh, P. K.; Lin, B. A Time-of-Use Pricing Model of the Electricity Market Considering System Flexibility. *Energy Rep.* 2022, 8, 1457–1470. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.12.027>.
- Zheng, G.; Peng, Z. Life Cycle Assessment (LCA) of BEV's Environmental Benefits for Meeting the Challenge of ICExit (Internal Combustion Engine Exit). *Energy Rep.* 2021, 7, 1203–1216. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.02.039>.
- Zheng, X.; Zhu, Z.; Lin, X.; Zhang, Y.; He, Y.; Cao, H.; Sun, Z. A Mini-Review on Metal Recycling from Spent Lithium Ion Batteries. *Engineering* 2018, 4 (3), 361–370. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.05.018>.

Adres do korespondencji: krzysztof.necka@urk.edu.pl

ORCID: Krzysztof Nęcka 0000-0002-0401-1239

NORMALIZACJA W SYSTEMACH ZAPEWNIENIA JAKOŚCI ŻYWNOŚCI

Paulina Wrona¹, Tomasz Jakubowski¹, Adrian Barszcz²

¹ Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

² Dyplomant w Katedrze Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wprowadzenie

Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna – ISO – od 1946 roku publikuje normy tworzone na podstawie najlepszych światowych praktyk w danej branży, wypracowane przez podmioty i gremia o największym doświadczeniu, osiągnięciach i wiedzy w danej dziedzinie. Wśród nich znajdują się normy i standardy poświęcone żywności i gospodarce żywnościowej. Najbardziej popularnymi w ostatnich latach normami wydanymi przez ISO są normy z serii 9000 dotyczące systemu zarządzania jakością. W rodzinie norm ISO znalazły się również seria 22000, poświęcona zarządzaniu bezpieczeństwem żywności. Bardzo istotny wkład w standaryzację i zapewnienie jakości i bezpieczeństwa żywności wnosi Komisja Kodeksu Żywnościowego (*Codex Alimentarius Commission*) powołany przez FAO/WHO przy Organizacji Narodów Zjednoczonych. Komisja kodeksu Żywnościowego jako najwyższe międzynarodowe gremium i autorytet w dziedzinie żywności zdefiniował system HACCP.

Normalizacja i znormalizowane systemy wspierające zarządzanie jakością

Normalizacja jest dziedziną, która posługuje się wypracowanymi na przestrzeni lat zasadami, metodami, terminologią i organizacją. Zasady, do których muszą się stosować uczestnicy normalizacji zostały zebrane w dokumentach międzynarodowych ISO. Te międzynarodowe reguły są również stosowane w Polsce i mają odzwierciedlenie w ustawie o normalizacji oraz w procedurach Polskiego Komitetu Normalizacyjnego (PKN).

Pojęcie normalizacji w Polsce zostało zdefiniowane w Ustawie z dn. 12 września 2002 r. o normalizacji z późniejszymi zmianami jako: „działalność zmierzająca do uzyskania optymalnego, w danych okolicznościach, stopnia uporządkowania w określonym zakresie, poprzez ustalenie postanowień przeznaczonych do powszechnego i wielokrotnego stosowania, dotyczących istniejących lub mogących wystąpić problemów”¹.

¹ Ustawa z 12 września 2002 r., O normalizacji nr 169, poz. 1386.

Celem normalizacji jest usuwanie i zapobieganie powstawania barier technicznych w handlu, modernizacja produkcji i usług przy pomocy reguł technicznych lub rozwiązań organizacyjnych, zagwarantowanie lepszej jakości i efektywności wyrobów, usług i procesów, ulepszenie komunikacji do powszechnego używania poprzez definiowanie terminów, oznaczeń i symboli, zobligowanie do ochrony życia, zdrowia, środowiska i interesu klientów oraz bezpieczeństwa pracy².

Powstające obecnie normy można podzielić na następujące rodzaje³:

- normy podstawowe, które obejmują ogólne postanowienia dotyczące określonej dziedziny,
- normy terminologiczne obejmujące definicje terminów wraz z objaśnieniami,
- normy badań, w których zawarte są metody prowadzenia określonych badań,
- normy wyrobu lub usługi określające wymagania odnośnie konkretnego rodzaju wyrobu,
- normy procesu opisujące wymagania, które zapewnić mają funkcjonalność procesu,
- normy interfejsu, które określają wymagania odnośnie kompatybilności wyrobów w miejscach ich łączenia,
- normy danych, które zawierają wykazy cech, właściwości, które powinny zostać sparаметryzowane w celu określenia wyrobu lub usługi.

Wprowadzenie zasad wynikających z normalizacji w zakładach produkcyjnych przynosi wiele korzyści, tj.: poprawa jakości wyrobów, procesów i usług, zniwelowanie barier i ułatwienie handlu, wzrost konkurencyjności na rynkach międzynarodowych.

Zarządzanie jakością może być postrzegane w perspektywie filozoficznej (TQM – *Total Quality Management*, co oznacza kompleksowe zarządzanie jakością), ale również normatywnej (PN-EN ISO 9001:2004⁴). Dualizm odnoszenia się do zarządzania jakością określa linię graniczną pomiędzy definicją, a rozumieniem istoty zarządzania jakością w przedsiębiorstwie⁵. Główną różnicą pomiędzy TQM, a systemem zarządzania jakością ISO, jest postrzeganie filozoficzno-koncepcyjne. ISO jest systemem zarządzania, który wykorzystuje niektóre komponenty TQM. Przedstawienie zasadniczych różnic pomiędzy TQM, a ISO omówiono w tabeli 1.

Tabela 1. Różnice pomiędzy ISO, a TQM

ISO	TQM
Postrzega jakość jako zgodność z wymogami	Postrzega jakość jako proces ciągłej poprawy
Uwzględnia potrzeby klienta zdefiniowane w umowie	Uwzględnia potrzeby i oczekiwania klienta wewnętrznego i zewnętrznego
Koncentruje się na procesie dostawy właściwego produktu, zgodnego ze specyfikacją	Koncentruje się na dostawcy i jego kulturze, traktując go jako element łańcucha tworzenia wartości dla klienta
Pomija wzajemne powiązania klient – firma	Skupia się na sprzężeniu zwrotnym: klient (wew./ zew.) – przedsiębiorstwo
Koncentruje się na określonych obszarach, np. projektowaniu produkcji	Dotyczy całej organizacji

Źródło: (Szczepańska 2011)⁵

² Fraś J.: Normalizacja i zarządzanie jakością w logistyce, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2015.

³ PN-EN 45029:2000 Normalizacja i dziedziny związane - Terminologia ogólna.

⁴ PN-EN ISO 9001:200 Systemy zarządzania jakością – Wymagania.

⁵ Szczepańska K.: Zarządzanie jakością, w dążeniu do doskonałości, Wyd. Beck, Warszawa, 2011.

Normalizacja jest działalnością mającą na celu osiągnięcie uporządkowania i optymalizacji w określonym zakresie poprzez ustalanie dokumentów dotyczących problemów. Celem normalizacji jest oszczędność, ochrona interesów użytkownika oraz ochrona życia i zdrowia. Dokumenty normalizacyjne obejmują normy, specyfikacje techniczne, raporty techniczne, porozumienia warsztatowe, przewodniki i inne⁶.

Ustawa z dn. 12 września 2002 r. o normalizacji (Dz.U. z 2002 r., nr 169, poz. 1386) sprecyzowała następujące cele norm⁷:

- racjonalizacja produkcji i usług poprzez stosowanie uznanych reguł technicznych lub rozwiązań organizacyjnych,
- usuwanie barier technicznych w handlu i zapobieganie ich powstawaniu,
- zapewnienie ochrony życia, zdrowia, środowiska i interesu konsumentów oraz bezpieczeństwa pracy,
- poprawa funkcjonalności, kompatybilności i zamienności wyrobów, procesów i usług oraz regulowania ich różnorodności,
- zapewnienie jakości i niezawodności wyrobów, procesów i usług,
- działanie na rzecz uwzględnienia interesów krajowych w normalizacji europejskiej i międzynarodowej,
- ułatwienie porozumiewania się przez określanie terminów, definicji, oznaczeń i symboli do powszechnego stosowania.

W dzisiejszych czasach popularne stają się sformalizowane systemy zarządzania, czyli metody opisane w dostępnych źródłach najczęściej normach. Przedsiębiorstwa chcące wprowadzić pewne standardy mogą skorzystać z usług wyspecjalizowanych jednostek i wybrać te systemy, które najlepiej będą pasowały do potrzeb i profilu firmy⁸. Można wyróżnić, przede wszystkim systemy bezpieczeństwa i higieny pracy, zarządzania środowiskowego, bezpieczeństwem informacji czy bezpieczeństwem żywności. Jednym z najbardziej znanych i wprowadzanych na całym świecie jest system zarządzania jakością zgodny z normą ISO 9000. Norma ISO 9001 jedną z dokumentów należących do tzw. rodziny ISO 9000. Od 1986 roku, w którym to zostały opublikowane, zmodernizowano je tylko kilka razy. Oprócz normy ISO 9000 pojawiły się również kolejne ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 opisujące trzy modele systemu zapewnienia jakości oraz norma ISO 9004 opisująca doskonalenia systemów zarządzania. Za opracowywanie normy ISO 9000 jest odpowiedzialny Komitet Techniczny ISO/TC 176a obecnie w skład „norm jakościowych” wchodzi dwadzieścia sześć norm z tej grupy. Aktualna wersja normy ISO 9000 opublikowana jest w Polsce pod nazwą *PN-EN ISO 9000:2015-10 System zarządzania jakością – podstawy i terminologia*. Obejmuje podstawowe definicje i zasady tematyki zarządzania jakością, czyli podejmowania odpowiednich działań z zakresu kierowania instytucją i jej nadzorowania w odniesieniu do jakości. Przewodzenie firmą oraz jej konkurencyjność odbywa się na ich podstawie⁹.

⁶ Matysek A.: Normalizacja europejska w zakresie informatologii. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, 2014.

⁷ Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji.

⁸ Rogala P.: Zarządzanie procesami według norm ISO serii 9000. Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 169, 2011.

⁹ Zarządzanie jakością – normy z rodziny ISO 9000, <https://wiedza.pkn.pl/web/wiedza-normalizacyjna/zarządzanie-jakoscia>.

Norma ISO 9001 została zmodyfikowana w 2015 r., a jej polski odpowiednik *PN-EN ISO 9001:2015-10 Systemy zarządzania jakością – wymagania* jest dostępna dla każdego rodzaju przedsiębiorstwa, bez względu na wielkość czy rodzaj produkowanych wyrobów i usług. Spełniając wymagania zawarte w tej normie, firma zainteresowana wdrożeniem może uzyskać od jednostki certyfikującej odpowiedni certyfikat. Organizacje posiadające certyfikat powinny wykazać stałość dostarczania produktu zgodnego z oczekiwaniami klienta jak również dążyć do zwiększania zadowolenia nabywców poprzez doskonalenie systemu i mających zastosowanie wymagań prawnych i regulacyjnych. Certyfikacja stała się na tyle popularna w świecie biznesowym małych i dużych przedsiębiorstwach, że otwiera dostępność nie tylko na rynek krajowy, ale i zagraniczny. Wdrożenie systemu wg normy ISO 9001 nie jest obowiązkowe, lecz z pewnością jest to szansa zaistnienia na rynku i sposób przetrwania a tym samym konkutowania z mniejszymi czy większymi firmami. Certyfikat ISO dobrze świadczy o danej organizacji, podnosi poziom w przypadku zaistnienia eksportowym na rynek Unii Europejskiej. Udokumentowanie daje gwarancję, że spełniane są ustalone wymagania, kierowanie organizacją, produkt wyjściowy jest zgodny z zamierzeniem a ciągle doskonalenie przedsiębiorstwa jest coraz to na wyższym poziomie⁹.

Zasady organizacyjne, które gwarantują pożądaną jakość produktu lub usługi zostały zdefiniowane w międzynarodowej normie ISO serii 9000. Aktualnie ISO 9000 jest używany jako standardowy system zarządzania jakością w przedsiębiorstwie, co pozwala na uzyskiwanie najwyższej jakości produktów i poczucia odpowiedzialności wśród pracowników, a ostatecznie satysfakcji klientów niezależnie od branż¹⁰.

Istnieje wiele definicji jakości, jednakże powszechnie akceptowaną i używaną w dokumentacjach definicją jest ta według normy PN-EN ISO 9000:2015 „jakość- stopień, w jakim zbiór inherentnych właściwości obiektu spełnia wymagania”¹¹. Jakość stanowi więc nieodłączną cechę wszystkich usług, produktów oraz organizacji w tym przemysłu spożywczego. Ponadto, jest najważniejszym czynnikiem konkurencyjności na rynku zarówno lokalnym, krajowym jak i globalnym. Gwarancje utrzymania oraz stałego rozwoju przedsiębiorstwa stanowi zaspokajanie potrzeb rynku. Aby tego dokonać firmy produkcyjne powinny uwzględniać szczegółowe, a zarazem zmienne wymagania potencjalnych klientów¹². Obecnie, uważa się, że wysoka jakość osiągają organizacje, które wdrożyły systemy zarządzania jakością i posiadają odpowiednie certyfikaty. Firmy te prowadzą ciągle doskonalenie wszystkich procesów, a także stosują recykling w procesie produkcyjnym.

Praktyczne zastosowanie systemów i narzędzi zarządzania jakością - Metody i narzędzia zarządzania jakością w przedsiębiorstwie

Wybrane przedsiębiorstwo produkcyjne specjalizuje się przede wszystkim w produkcji wyrobów okiennych. Swoją działalność zapoczątkowało w roku 1994. Pierwsza siedziba firmy mieściła się w Krakowie. Wprowadzano coraz to nowe technologie, rozwijano park maszynowy, powiększano obszar działalności i miejsc pracy dzięki czemu firma stała się

¹⁰ Pietras E.: Założenia Systemu Zarządzania Jakością na przykładzie przedsiębiorstwa. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 18(12), 2017.

¹¹ PN-EN ISO 9000:2015-10 Systemy zarządzania jakością – Podstawy i terminologia

¹² Gudanowska A.E.: Wprowadzenie do zarządzania jakością w przedsiębiorstwie produkcyjnym, Economy and Management 4, 2010.

wiodącą marką na rynku stolarki otworowej. Przedsiębiorstwo w celu kompleksowego zarządzania jakością i dążenia do ciągłego doskonalenia i usprawnienia procesów produkcyjnych stosuje pewne narzędzia. Wdrożone metody opierają się na strategii Six Sigma, koncepcji pozyskiwania danych w celu nieustannego doskonalenia organizacji w sposób monitorowania procesów i kontroli. Zapobiegamy w ten sposób powstawaniu niezgodności w procesach i produktach gotowych. Zastosowanie Six Sigma przyczynia się do obniżenia kosztów w przedsiębiorstwie i zbliżyć do jakości na wysokim poziomie. W praktyce w badanej organizacji zastosowanie mamy m.in. diagram Pareto, diagram Ishikawy, raport 8D, kontrola jakości 100% oraz stosowane arkusze kontrolne. Wykorzystywanie wymienionych narzędzi pomaga w ulepszeniach pracy, zobrazowaniu wynikających błędów, zapewnieniu odpowiedniej jakości wyrobów gotowych, podniesieniu samodyscypliny, poprawie efektywności pracy, bezpieczeństwu środowiska pracy. Innym narzędziem stosowanym w badanym przedsiębiorstwie jest raport 8D, który służy do skutecznego rozwiązywania problemów. Pozwala w sposób standardowy i systematyczny podejść do pojawiającego się problemu w ośmiu krokach. Wszystko po to aby określić przyczyny a następnie działania korygujące i naprawcze procesu. Pierwszy krok to powołanie zespołu badawczego, składającego się z kilku doświadczonych osób. Drugi krok to zdefiniowanie szczegółowe problemu, m.in. opis zdarzenia, określenie miejsca pojawienia się problemu, wszystkie szczegóły, ilość wadliwych komponentów itp. Kolejnym krokiem jest wdrożenie działań tymczasowych, aby przywrócić ciągłości produkcji i zminimalizować koszty wykrytych wad np. segregacja wadliwych sztuk na produkcji i magazynie. Czwarty punkt dotyczy identyfikacji potencjalnych przyczyn powstawania problemu. Często pomocnym narzędziem w znalezieniu przyczyn jest diagram Ishikawy w połączeniu z 5WHY. Następnym krokiem jest ustalenie działań korygujących i dobór ich w taki sposób, aby nie powodować skutków ubocznych a faktycznie rozwiązać problem. Szósty krok to weryfikacja działań podjętych na wcześniejszym etapie. Mają na celu zapobiegać powstawaniu wad i określić sposoby zapobiegawcze. Siódmy punkt dotyczy potwierdzenia i skuteczności wdrożonych działań korygujących i zapobiegawczych. Natomiast punkt ósmy podsumowuje raport. Przedstawione są wnioski i ocena o problemie. Powinna się opierać o mierzalne dane i wskaźniki. Po ocenie można zamknąć pracę nad raportem i przedstawić wyniki grupie. Przykładowy arkusz 8D stosowany w przedsiębiorstwie zamieszczono poniżej (rys.1). Przedstawia kolejno osiem punktów dotyczących reklamacji wkrętów od dostawcy zewnętrznego.

Kontrola jakości 100% jest metodą oceny końcowej, pooperacyjnej wyrobu gotowego. Kontroli poddane są wszystkie wyprodukowane jednostki, w trakcie której weryfikuje się kompletność, funkcjonalność, estetykę i zgodność produktu z wymaganiami. Kontroler musi być świadomy i skrupulatny w podejmowaniu decyzji. Na kontroli końcowej praktycznie można wyłapać produkt niezgodny przed wysłaniem go do klienta. Natomiast z drugiej strony stwierdzenie niezgodności na tym etapie jest dość kosztowne dla organizacji. Nieustanne dążenie do poprawy jakości oznacza również kształtowanie świadomości pracowników w jej zakresie. Ogromną rolę odgrywa umiejętność pracy w grupie. Ważnym aspektem jest uświadomienie pracowników w aspektach ich wpływu na jakość produkowanych w tym wypadku stolarki okiennej. Następnym narzędziem jakościowym są arkusze kontrolne stosowane w organizacji. Zne już od dawien dawna pozwalają w śledzeniu stabilności procesu lub usług w trakcie systematycznego korzystania. Podczas przeprowadzania kontroli pomiarowej uzyskujemy dane mierzalne, które następnie umieszczamy w karcie (rys.2).

Raport 8D						
Numer raportu	083-2023	Utworzone przez		Data startu		Ilość szt.
Nazwa Materiału	Wkręty	Numer Materiał		Firma (Dostawca)		116.000
1D. POWOŁANIE ZESPOŁU						
Rola (stanowisko)		Imię i nazwisko		Telefon / adres e-mail		
Kierownik Działu Kontrola Jakości						
Specjalista ds. raportów jakości						
Kierownik Pakowni						
Kierownik Magazynu						
Specjalista ds. Zarządzania Kontrolą Produkcji						
2D. ZDEFINIOWANIE PROBLEMU (zob. diagram Ishikawy w 1D)						
KTO?	Reklamacja: 083-2023 Firmy X					
CO?	Wkręty XXXXXXXX (nr mat. firmy X: XXXXXXXX)					
KIEDY?	14.03.2023					
GDZIE?	Przyjęcie dostawy do magazynu własnego					
DLACZEGO?	Wymieszane wkręty w dostawie- dostarczone wkręty z ryflem XXXXXXXX					
JAK?	Wymieszane dwa typy wkrętów na nośniku (palety) w procesie pakowania producenta					
ILE? (szt.)	116.000					
3D. ZDEFINIOWANIE I WPROWADZENIE TYMCZASOWYCH DZIAŁAŃ TAMUJĄCYCH (POWSTRZYMUJĄCYCH)						
Dotkanie		Osoba odpowiedzialna		Planowana data		Data zamknięcia
Zablokowanie wkrętów XXXXXXXX w Magazynie do czasu zakończenia kontroli zawartości nośników (palet) i opakowań.				14.03.2023		15.03.2023
Przejrzenie stanów magazynowych -weryfikacja zapasów wyrobu.				14.03.2023		15.03.2023
4D. IDENTYFIKACJA POTENCJALNYCH PRZYCYN POWSTANIA PROBLEMU						
Przyczyna powstania			Przyczyna niewykręcia			
Błąd pakowania w opakowania zbiorcze-po zmianie pakowanego asortymentu niepełne opakowanie zbiorcze uzupełniono opakowaniami jednostkowymi kolejnego pakowanego asortymentu			1. Nie przyjęto produkcji po zakończeniu pakowania asortymentu. 2. Nie sprawdzono zawartości niepełnego opakowania zbiorczego przed uzupełnieniem.			
Błąd przyjęcia produkcji pakowania -po zmianie pakowanego asortymentu niepełną paletę uzupełniono opakowaniami zbiorczymi z kolejnym pakowanym asortymentem			3. Nie przyjęto produkcji po zakończeniu pakowania asortymentu. 4. Nie sprawdzono zawartości niepełnej palety przed uzupełnieniem po zmianie pakowanego asortymentu.			
Niedopatrzenie Operatora pakowania			5. Nie rozpoznano różnicy etykiet jednostkowych pakowanych asortymentów			
Przed kompletowaniem wysyłki do klienta w Magazynie nie wykryto różnych opakowań wkrętów na paletach						
5D. OKREŚLENIE DZIAŁAŃ KORYGUJĄCYCH (zob. diagram 5D)						
Dotkanie		Osoba odpowiedzialna		Planowana data		Data zamknięcia
Odbiór wkrętów z niezgodnej dostawy z firmy X na koszt producenta				18.03.2023		18.03.2023
Korekta faktury według reklamowanej ilości wkrętów				21.03.2023		21.03.2023
6D. OKREŚLENIE DZIAŁAŃ ZAPOBIEGAWCZYCH (zob. diagram powstrzymujący powstanie błędów w przyszłości)						
Dotkanie		Osoba odpowiedzialna		Planowana data		Data zamknięcia
1. Modyfikacja zasad pakowania: na nośnik magazynowy (paletę) odkładane wyłącznie pełne opakowania zbiorcze. Przy niepełnym opakowaniu zbiorczym i zakończonym pakowaniu asortymentu -jednostkowe opakowania zostawiane na paletach luzem.				14.03.2023		23.03.2023
2. Szkolenie doskonalące Operatorów pakowania i Zespołu kontrolnego Pakowni z zasad pakowania po modyfikacji.				11.03.2023		27.04.2023
3. Wzmocnienie kontroli weryfikacyjnej pakowania na paczkarkach: PA11 i PA20.				15.03.2023		25.03.2023
4. Modyfikacja etykiet wkrętów z ryflem XXXXXXXX -uzupełnienie etykiety o tekst "Z RYFLEM".				11.03.2023		27.04.2023
5. Szkolenie doskonalące Pracowników Pakowni i Magazynu -reżymalizacja zmian w etykietach z ryflem i rozpoznawanie różnic wkrętów wg etykiet.				11.03.2023		27.04.2023
7D. POTWIERDZENIE WPROWADZENIA I SKUTECZNOŚCI DZIAŁAŃ KORYGUJĄCYCH I ZAPOBIEGAWCZYCH						
Imię i nazwisko			DATA: 27-04-2023			
8D. OCENA, ZAMKNIĘCIE I GRATULACJE DLA ZESPOŁU						
Imię i nazwisko			DATA ZAMKNIĘCIA: 27-04-2023			

Rys.1. Raport 8D stosowany w przedsiębiorstwie

Źródło: Materiały z firmy produkcyjnej

PRZYCZYNA BADANIA - KONTROLNE																								
PARAMETRY ZGRZEWANIA										PROBA I					PROBA II					WYTRZYMAŁOŚĆ NOMINALNA P-DLA PROFILI				
FABRYKA	NR	NR	TEMP	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN	CIŚN				
NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR				
FABRYKA 1	L2S-1	ZGRZEWANIE	NR13	00.1																				
				00.2																				
				00.3																				
				00.4																				
	L2S-2	ZGRZEWANIE	NR16	00.1																				
				00.2																				
				00.3																				
				00.4																				
	L2S-3	ZGRZEWANIE	NR23	00.1																				
				00.2																				
				00.3																				
				00.4																				
	L2S-4	ZGRZEWANIE	NR17	00.1																				
				00.2																				
				00.3																				
				00.4																				
	L2S-5	ZGRZEWANIE	NR19	00.1																				
				00.2																				
				00.3																				
				00.4																				

BADANIE PRZEPROWADZONO W TEMPERATURZE: _____ °C DATA BADANIA: _____ BADANIE WYKONAŁ: _____

LEGENDA:

P - wytrzymałość zgodna prawidłowa (gdy wytrzymałość rzeczywista większa lub równa wytrzymałości nominalnej) ; pogrubienie prawidłowe poza zgodzeniem lub wytrzymałość rzeczywista większa od nominalnej ; pogrubienie nieprawidłowe (po zgodzeniu)

PM - wytrzymałość zgodna prawidłowa - gdy wytrzymałość rzeczywista mniejsza od nominalnej ; pogrubienie tylko po materiale (nie uznajemy pogrubienia zaczynającego się na zgodzeniu i wchodzącego w materiał)

N - wytrzymałość zgodna nieprawidłowa (gdy wytrzymałość rzeczywista mniejsza od nominalnej) ; pogrubienie nieprawidłowe (po zgodzeniu)

Rys. 2. Arkusz kontrolny parametrów zgrzewania profili stosowany w przedsiębiorstwie.

Źródło: Materiały z firmy produkcyjnej

Opisywane przedsiębiorstwo spełniając wymagania jakościowe posiada m.in. certyfikat ISO 9001. Funkcjonowanie organizacji ukierunkowane jest na potrzeby klienta, przyjęcie podejścia procesowego, dostarczanie wyników efektywności procesów. Dzięki doskonaleniu prężnie rozwijana jest działalność organizacji a analiza informacji skutecznie pozwala podjąć decyzje w oparciu o obiektywne dane liczbowe. Aby sprawnie produkować towar ważnym aspektem jest zrozumiałość jednostek zespołów osobowych. Istotne jest właściwe zaangażowanie, szkolenia oraz transfer wiedzy i kompetencji ludzi w organizacji. Nie można pominąć przywództwa, które odpowiada za poprawne funkcjonowanie zakładu. Wszyscy menadżerowie, kierownicy powinni być wzorem do naśladowania i tworzyć motywujące środowisko pracy¹³.

¹³ Barszcz A.: Ocena skuteczności systemu zarządzania jakością na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa, Praca Magisterska napisana w Katedrze Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych pod kierunkiem dr inż. Pauliny Wrony, 2023

Systemy wspierające jakość i bezpieczeństwo żywności

Normy jakościowe ISO z serii 9000 wdrożone w zakładach produkujących wpływają korzystnie zarówno na jakość samych produktów jak i procesów produkcyjnych, jednak nie są one wystarczające dla tak specyficznej branży jaką jest przemysł rolno-spożywczy¹⁴.

Globalizacja rynku powoduje przemieszczanie się produktów żywnościowych pomiędzy krajami. Stwarza to zagrożenie wprowadzenia do obrotu produktów o niewłaściwej jakości mogących stwarzać niebezpieczeństwo dla zdrowia i życia konsumentów, ale także może to stanowić ryzyko dla firm i globalnego łańcucha dostaw żywności. Aby zapewnić wysoką jakość i bezpieczeństwo takich produktów w 2005 roku została wprowadzona *Norma ISO 22000:2005 Systemy zarządzania bezpieczeństwem żywności*. Norma ISO 22000¹⁵ pomaga organizacjom zidentyfikować i kontrolować zagrożenia. Wyszczególniono wymagania dla organizacji do zarządzania systemem bezpieczeństwa żywności w całym łańcuchu żywnościowym, gdzie organizacja pokazuje swoje umiejętności do kontroli zagrożeń bezpieczeństwa żywności w celu zapewnienia bezpiecznych produktów. Utrzymywanie i aktualizowanie systemu zarządzania bezpieczeństwem żywności, który jest skierowany na dostarczenie gotowego produktu, zgodnego z zamierzonym użyciem i zapewnia, że żywność jest bezpieczna dla klienta¹⁶. W ciągu ostatnich 15 lat sytuacja rynkowa oraz świadomość i wymagania konsumentów a także oczekiwania przedsiębiorców uległy istotnym zmianom. Uczestnicy łańcucha żywnościowego stanęli w obliczu spełniania nowych wymagań dotyczących bezpieczeństwa żywności. W związku z tym w ostatnich latach w normach ISO z serii 22000 przeprowadzono wiele zmian i aktualizacji.

Najważniejsze zmiany, które zostały wprowadzone w ISO 22000 w 2018 roku to¹⁷:

1. Przejście na Strukturę Wysokiego Poziomu (HLS), wspólny tekst podstawowy i terminologię zgodną z ISO Annex SL - przepisującą wspólne wymagania dla wszystkich norm ISO. Pozwala to na integrację systemu zarządzania bezpieczeństwem żywności w organizacji z innymi normami ISO, na przykład ISO 9001 dla systemów zarządzania jakością i ISO 14001 dla systemów zarządzania środowiskiem lub 45001 – Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy.
2. Uściślenie wymagań dotyczących zarządzania ryzykiem. Zastosowano podejście procesowe oparte na cyklu Deminga PDCA (ang. Plan- Do- Check- Act). Zastosowanie dwóch kół Deminga, z których jeden odnosi się do wdrożenia systemu zarządzania bezpieczeństwem żywności a drugi do działań operacyjnych wymienionych w paragrafie 8, czyli do wyrobu. Wytyczne pokrywają się w tym przypadku z wymaganiami systemu HACCP, opisanymi w Codex Alimentarius.
3. Zastosowanie prostszych dokładniejszych wyjaśnień definicji i pojęć oraz aktualizację terminów, które dotychczas uznawane były za mylące,
4. Silniejszy nacisk na przywództwo, w tym zaangażowanie najwyższego kierownictwa (zwiększenie odpowiedzialności za skuteczność systemu),

¹⁴ Wiśniewska M., Malinowska E.: Zarządzanie jakością żywności Systemy, koncepcje, instrumenty, Difin, Warszawa, 2011.

¹⁵ Norma ISO 22000:2005 Systemy zarządzania bezpieczeństwem żywności.

¹⁶ www.pkn.pl/pn-en-22000-2005e.html.

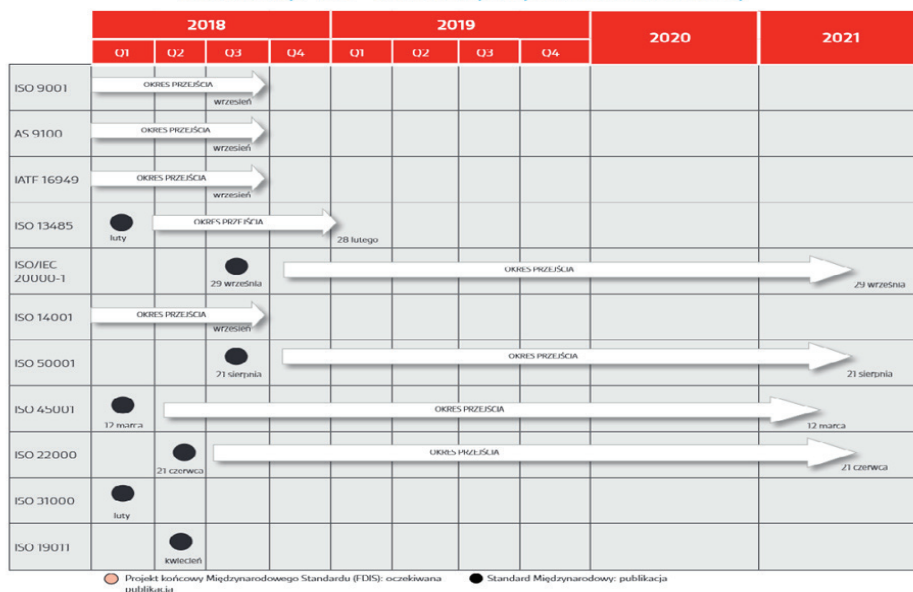
¹⁷ Rokosa K.: ISO 22000 PO ZMIANACH – korzyści dla firm, Dział Akredytacji, Weryfikacji i Certyfikacji Systemów Zarządzania, Polskie Centrum Akredytacji, 2018.

5. Uściślenie wymagań dotyczących procesów zewnętrznych i wewnętrznych, mających wpływ na organizację i bezpieczeństwo żywności, takich jak procesy transportu, procesy składowania i procesy dystrybucji.

Wszystkich użytkowników posiadających certyfikat ISO 22000:2005 obowiązywał 3 letni okres przejściowy na dostosowanie organizacji do wymagań nowej wersji Normy (rys.3).

Jedną w podstawowych, wymaganych i regulowanych prawem składowych jakości żywności jest jej bezpieczeństwo. Bezpieczeństwo żywności to obok zdrowia, higieny i wartości odżywczej najważniejszy wymóg w krajach Wspólnoty UE zapisany w Zielonej Księdze¹⁸. Normalizacja odnosi się do ustanowienia standardów i regulacji dotyczących jakości, cech oraz właściwości fizycznych i chemicznych produktów spożywczych. Zarządzanie jakością żywności obejmuje natomiast cały proces produkcji, od zbioru lub hodowli surowców, przez produkcję, magazynowanie, transport, aż po sprzedaż i konsumpcję. Jednym ze sposobów zapewnienia wysokiej jakości i bezpieczeństwa żywności jest stosowanie systemu HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*), czyli systemu analizy zagrożeń i krytycznych punktów kontroli. System HACCP polega na identyfikowaniu i monitorowaniu wszystkich etapów procesu produkcji, tak aby zapobiec lub wykryć wczesne zagrożenia związane z jakością i bezpieczeństwem żywności.

Aktualizacja ISO - Oś czasu przejścia na nowe normy



Rys. 3 Aktualizacja ISO - Oś czasu przejścia na nowe normy

Źródło: (www.biosgrup.com)¹⁹

¹⁸ Zielina Księga w sprawie jakości produktów rolnych: normy jakości produktów, wymogi w zakresie produkcji rolnej, systemy jakości, Komisja Wspólnot Europejskich, KOM, 641, Bruksela, 2008.

¹⁹ www.bsiigroup.com/globalassrts/localfiles/pl-pl/aktualizacje-iso/iso-os-czasu-przejscie-na-nowe-normy-1118.pdf

20 VII 2023 wychodząc naprzeciw potrzebom i oczekiwaniom przedsiębiorców z branży spożywczej, gastronomicznej i handlowej, Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych (IJHARS) przygotowała polskie tłumaczenie najnowszej, międzynarodowej edycji „Ogólnych zasad higieny żywności” z rozdziałem obejmującym system HACCP²⁰. Ogólnie rzecz biorąc, w ramach wymagań HACCP, firmy spożywcze muszą ciągle aktualizować swoje plany kontroli jakości, aby zapewnić bezpieczeństwo i jakość swoich produktów. Jest to jednocześnie wyzwaniem i szansą dla producentów, aby poprawić jakość swoich produktów i zwiększyć zaufanie klientów.

Normy jakościowe ISO z serii 9000 i 22000 są stosowane w przemyśle spożywczym, aby zapewnić bezpieczeństwo i jakość żywności dla konsumentów:

1. ISO 9000 to normy dotyczące systemów zarządzania jakością, które pomagają przedsiębiorstwom w spełnianiu wymagań klientów oraz redukcji kosztów poprzez doskonalenie procesów produkcyjnych. Normy ISO 9000 stosowane w przemyśle spożywczym obejmują przede wszystkim ISO 9001, która określa wymagania dla systemów zarządzania jakością, oraz ISO 22000, która dotyczy zarządzania bezpieczeństwem żywności.
2. ISO 22000 to norma dotycząca systemów zarządzania bezpieczeństwem żywności i jest uwzględniona w łańcuchu żywnościowym od produkcji do dystrybucji.

Celem ISO 22000 jest zapewnienie bezpieczeństwa żywności poprzez identyfikację i kontrolowanie potencjalnych zagrożeń dla żywności, a także zapewnienie skutecznego monitorowania i korekcji w przypadku ich wystąpienia. Norma ta stanowi również połączenie zasad dobrej praktyki higieny, procedur kontroli jakości i standaryzacji procesów, aby zapewnić zgodność z wymaganiami prawnymi, a także satysfakcję klientów i konsumentów.

Norma ISO 22000:2005 ma charakter dynamiczny i, podobnie jak ISO 9001, jest ukierunkowana na ciągłe doskonalenie poprzez stałą ocenę. Oparta jest na czterech fundamentalnych obszarach, jakimi są²¹:

- operacyjne programy wstępne,
- plan HACCP, w tym wdrożenie i utrzymanie 7 zasad systemu HACCP,
- system weryfikacji,
- zasady komunikacji wewnętrznej i zewnętrznej.

Prawidłowe funkcjonowanie trzech pierwszych obszarów jest uwarunkowane doskonale działającym obszarem czwartym.

W celu ułatwienia znalezienia relacji pomiędzy wymaganiami ISO 22000 oraz zasadami HACCP, wraz z etapami ich wdrażania, w załączniku B tej normy przedstawiono zestawienie, które na te związki wskazuje (tabela 2).

Norma ISO 22000 przywołuje szereg definicji, jakie mają istotne znaczenie dla dobrego zrozumienia istoty systemu HACCP. Wyjaśnia, między innymi takie pojęcia, jak: bezpieczeństwo żywności, łańcuch żywnościowy, schemat procesu, środek nadzoru, wartość krytyczna, monitorowanie, działanie korygujące, walidacja, weryfikacja i szereg innych.

²⁰ Najnowsza wersja międzynarodowych norm higieny żywności i HACCP dostępna po polsku! <https://www.gov.pl/web/ijhars/najnowsza-wersja-miedzynarodowych-norm-higieny-zywnosci-i-haccp-dostepna-po-polsku>

²¹ Wiśniewska M., Malinowska E.: Zarządzanie jakością żywności Systemy, koncepcje, instrumenty, Difin, Warszawa, 2011.

Tabela 2. Powiązania pomiędzy zasadami systemu HACCP, etapami jego wdrażania oraz punktami Normy ISO 22000:2005

Zasady systemu HACCP	Etapy stosowania systemu HACCP wg Kodeksu Żywnościowego		ISO 22000:2005	
1	2	3	4	5
	Powołać zespół HACCP	Etap 1	7.3.2	Zespół bezpieczeństwa żywności
	Opisać produkt	Etap 2	7.3.3 7.3.5.2	Właściwości wyrobu Opis etapów procesu i środków nadzoru
	Zidentyfikować zamierzone użycie	Etap 3	7.3.4	Zamierzone użycie
	Utworzyć schemat procesu Potwierdzić schemat procesu w obszarze przebiegu procesu	Etap 4 Etap 5	7.3.5.1	Schematy procesu(-ów)
Zasada 1 Przeprowadź analizę zagrożeń	Stworzyć listę wszystkich możliwych zagrożeń Przeprowadzić analizę zagrożeń Rozważyć środki nadzoru	Etap 6	7.4 7.4.2 7.4.3 7.4.4	Analiza zagrożeń Identyfikacja zagrożeń i określenie akceptowalnych poziomów Ocena zagrożeń Wybór i ocena środków nadzoru
Zasada 2 Określić krytyczne punkty kontroli CCP	Określić krytyczne punkty kontroli CCP	Etap 7	7.6.2	Identyfikacja krytycznych punktów kontroli (CCP)
Zasada 3 Ustalić wartości krytyczne dla CCP i granice tolerancji	Ustalić wartości krytyczne dla każdego CCP	Etap 8	7.6.3	Określenie wartości krytycznych dla krytycznych punktów kontroli
Zasada 4 Ustalić system monitorowania CCP	Ustalić system monitorowania dla każdego CCP	Etap 9	7.6.4	System monitorowania krytycznych punktów kontroli
Zasada 5 Ustalić działania naprawcze	Ustalić działania korygujące	Etap 10	7.6.5	Działania podejmowane, gdy wyniki monitorowania wykazują przekroczenie wartości krytycznych
Zasada 6 Ustanowić procedury weryfikacji systemu w celu potwierdzenia, że jest on skuteczny i zgodny z planem	Ustanowić procedury weryfikacji	Etap 11	7.8	Planowanie weryfikacji
Zasada 7 Prowadzenie dokumentacji i zapisów	Ustanowić dokumentację i utrzymywanie zapisów	Etap 12	4.2 7.7	Wymagania dotyczące dokumentacji Aktualizacja informacji wstępnych i dokumentów określających programy PRP i plan HACCP

Źródło: (PN-EN ISO 22000:2006)²²²² PN-EN ISO 22000:2006. System Zarządzania Bezpieczeństwem Żywności. Wymagania dla każdej organizacji należącej do łańcucha żywnościowego; Załącznik B, PKN, Warszawa 2006

Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna, wychodząc naprzeciw potrzebom przedsiębiorstw, przygotowuje praktyczne poradniki wdrażania systemu ISO 22000. Przykładami takich poradników mogą być np. dla przedsiębiorstw zajmujących się produkcją zbóż poradnik wdrażania systemu ISO 22000: ISO 22006:2009. Quality management systems. Guidelines for the application of ISO 9001:2008 to crop production. Ukazały się także wytyczne opracowania programów wstępnych dla producentów przemysłu spożywczego: ISO/TS 22002-1:2009. Prerequisite programmes on food safety - Part 1: Food manufacturing²³.

Podsumowanie

Do najbardziej rozpowszechnionych i rozpoznawalnych standardów z zakresu zarządzania jakością jest Norma ISO 9000. Ma ona charakter uniwersalny i może zostać zastosowana w wielu organizacjach niezależnie od branży czy wielkości przedsiębiorstwa. W celu zharmonizowania i ujednolicenia wymagań z zakresu zarządzania bezpieczeństwem żywności stworzono Normę ISO 22000, która została zaktualizowana w 2018 roku. Norma ma zastosowanie do wszystkich organizacji biorących udział w łańcuchu żywnościowym. Obecna wersja ISO 22000 jest zgodna z wymaganiami i zasadami obligatoryjnego systemu zapewnienia bezpieczeństwa żywności jakim jest HACCP.

Bibliografia

- Frąs J.: Normalizacja i zarządzanie jakością w logistyce, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2015.
- Górnicz M.: Międzynarodowa normalizacja terminologii: "terminologiczny" komitet Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej ISO (TC 37) oraz jego polski odpowiednik, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Komunikacji Specjalistycznej i Interkulturowej Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 2017.
- Barszcz A.: Ocena skuteczności systemu zarządzania jakością na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa, Praca Magisterska napisana w Katedrze Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych pod kierunkiem dr inż. Pauliny Wrony, 2023
- Gudanowska, A.E.: Wprowadzenie do zarządzania jakością w przedsiębiorstwie produkcyjnym, Economy and Management 4, 2010.
- Matysek A.: Normalizacja europejska w zakresie informatologii. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, 2014.
- Najnowsza wersja międzynarodowych norm higieny żywności i HACCP dostępna po polsku! <https://www.gov.pl/web/ijhars/najnowsza-wersja-miedzynarodowych-norm-higieny-zywnosci-i-haccp-dostepna-po-polsku>.
- Norma ISO 22000:2005. Systemy zarządzania bezpieczeństwem żywności.
- Pietras E.: Założenia Systemu Zarządzania Jakością na przykładzie przedsiębiorstwa. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 18(12), 2017.

²³ Wiśniewska M., Malinowska E.: Zarządzanie jakością żywności Systemy, koncepcje, instrumenty, Difin, Warszawa, 2011.

- PN-EN 45029:2000 Normalizacja i dziedziny związane - Terminologia ogólna.
- PN-EN ISO 22000:2006. System Zarządzania Bezpieczeństwem Żywności. Wymagania dla każdej organizacji należącej do łańcucha żywnościowego; Załącznik B, PKN, Warszawa 2006 koncepcje, instrumenty, Difin, Warszawa.
- PN-EN ISO 9000:2015-10 Systemy zarządzania jakością – Podstawy i terminologia.
- PN-EN ISO 9001:200 Systemy zarządzania jakością – Wymagania.
- Rogała P.: Zarządzanie procesami według norm ISO serii 9000, Prace naukowe, Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu nr 169, 2011.
- Rokosa K.: ISO 22000 PO ZMIANACH – korzyści dla firm, Dział Akredytacji Weryfikacji i Certyfikacji Systemów Zarządzania, Polskie Centrum Akredytacji.
- Szczepańska, K.: Zarządzanie jakością, w dążeniu do doskonałości. CH Beck, Warszawa, 2011.
- Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji Dz.U. Nr 169, Poz. 1386.
- Ustawa z dnia 3 kwietnia 1993 r. o normalizacji Dz.U. Nr 55, Poz. 251.
- Wiśniewska M., Malinowska E.: Zarządzanie jakością żywności Systemy, koncepcje, instrumenty. Difin, Warszawa, 2011.
- Zarządzanie jakością – normy z rodziny ISO 9000, <https://wiedza.pkn.pl/web/wiedza-normalizacyjna/zarzadzanie-jakoscia>.
- Zielina Księga w sprawie jakości produktów rolnych: normy jakości produktów, wymogi w zakresie produkcji rolnej, systemy jakości, Komisja Wspólnot Europejskich, KOM, 641, Bruksela, 2008.
- www.bsigroup.com/globalassrts/localfiles/pl-pl/aktualizacje-iso/iso-os-czasu-przejscie-na-nowe-normy-1118.pdf
- www.pkn.pl/pn-en-22000-2005e.html

Adres do korespondencji: paulina.wrona@urk.edu.pl

ORCID: Paulina Wrona 0000-0001-8788-5566
ORCID: Tomasz Jakubowski 0000-0002-5141-2705

ZABEZPIECZENIE ŁADUNKU W ASPEKcie BEZPIECZEŃSTWA PRZEWOZU. Cz. I: NARZĘDZIA I METODY

**Grzegorz Zając¹, Grzegorz Maj¹, Tomasz Słowik¹, Joanna Szyszlak-Bargłowicz¹,
Ewelina Bazak², Maciej Kuboń^{3,4}**

¹ Katedra Energetyki i Środków Transportu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

² Dyplomantka w Katedrze Energetyki i Środków Transportu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

³ Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

⁴ Wydział Nauk Technicznych i Sztuk Projektowych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych Przemysłu

Wprowadzenie

Przewóz towarów w transporcie drogowym jest jedną z najprężniej rozwijającej się dziedzin w całym cyklu transportowym, co niesie ze sobą wiele korzyści, ale również niekiedy zagrożenia i problemy¹. Mówiąc o przewozie ładunków, należy mieć na uwadze głównie bezpieczeństwo. Na bezpieczeństwo przewozu ładunków ma wpływ wiele czynników, głównie mechanicznych, klimatycznych, biologicznych czy chemicznych².

Przemieszczanie towarów wiąże się z ryzykiem uszkodzenia, zniszczenia, połamania, porysowania i naruszenia towarów. Dlatego niezmiernie ważne jest zabezpieczenie takiego dobra materialnego, aby podczas przewozu nie stwarzało zagrożenia w ruchu drogowym³. Na bezpieczeństwo towaru wpływa rodzaj opakowania i jego odpowiedni dobór przy procesie składowania, poprawne usytuowanie i zamocowanie ładunków na naczepie oraz czynniki wynikające z wpływu środowiska zewnętrznego, takie jak temperatura, wilgoć czy nasłonecznienie. Materiał użyty do pakowania towarów powinien być wytrzymały na uszkodzenia mechaniczne i zagrożenia związane z podatnością transportową⁴.

¹ Olszewski Z., Krawiec P., Waluś K.: Mocowanie ładunków a bezpieczeństwo transportu drogowego, *Logistyka*, 4, CD 2, 5118–5125, 2015.

² Rokicki T.: *Logistyka: wybrane zagadnienia*, Wyd. SGGW 2008.

³ Sieczka J.: Bezpieczeństwo w przewozach ładunku transportem samochodowym, *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, Tom LXXI Nr 5, 2019.

⁴ Jurczyk J., Kasperek J., Mellouk S., Sacharuk M.: Wpływ zabezpieczenia ładunków na bezpieczeństwo w transporcie drogowym: *Transport Samochodowy*, 60, 2, 33-44, 2018.

Świadomość poprawy bezpieczeństwa przemieszczania towarów jest głównym z kryteriów, jakie przedsiębiorstwa i firmy transportowe stawiają sobie za cel. Ten aspekt jest nie tylko ważny ze względów ekonomicznych, ale również i społecznych. Systematycznie rośnie postrzeganie elementu bezpieczeństwa jako główną sferę jakości życia ludzkiego⁵. Bardzo dużo wypadków na świecie ma miejsce z udziałem samochodów ciężarowych i są one spowodowane niewłaściwym zabezpieczeniem ładunku w transporcie⁶. Jednak od kilku lat wskaźnik wypadkowości i ofiar wypadków w Polsce nieco maleje. Jest to dowód na to, że osoby uczestniczące w ruchu drogowym coraz częściej zwracają uwagę na problem bezpieczeństwa i w tym kierunku próbują podejmować różne akcje mające na celu ochronę życia. Przeprowadzono i dalej przeprowadza się różnego rodzaju badania, programy, korzystnie wpływające na poprawę bezpieczeństwa ludzi i dóbr materialnych⁷.

Metody mocowania ładunków

Każdy towar przygotowany do transportu wymaga odpowiedniego zabezpieczenia go poprzez użycie środków mocujących oraz konkretnych technik mocowania. Podczas załadunku towaru na pojazd, należy zwrócić szczególną uwagę na wolne luki pomiędzy warstwami wyrobów, a ścianami lub bocznymi burtami. Na skutek gwałtownego hamowania towar może się przesunąć i uszkodzić inne ładunki albo spowodować kolizję⁸.

Różne kształty, rodzaje, formy ładunku, wymagają użycia innego środka mocującego lub ich większej ilości. Niepoprawnie zastosowany środek mocujący, równoznaczny jest z brakiem zabezpieczenia⁹. Aby zwiększyć bezpieczeństwo przewożonych dóbr oraz uniknąć niepotrzebnych uszkodzeń towarów, należy pamiętać, aby dobrać takie środki mocujące oraz metody zabezpieczenia, które będą spełniały stawiane im cele¹⁰.

Podczas dokonywania operacji transportowych, osoba odpowiedzialna za prawidłowe zabezpieczenie towaru na pojeździe, musi zadbać o to, aby towar był odpowiednio unieruchomiony. Wiąże się to z minimalizacją negatywnych skutków, wywołanych przesuwaniem się wewnątrz pojazdu, mogących pojawić się w czasie transportu. Siły działające podczas hamowania i przyspieszania, jazda po łukach, nierówności drogi, szybkość jazdy mogą mieć bezpośredni wpływ na ładunek oraz na bezpieczeństwo ładunku¹¹.

⁵ Gołowicz A., Kidawski A., Kowalczyk M., Ogłaza J., Włodarczyk A.: Zabezpieczanie ładunków na pojazdach drogowych, przepisy krajowe i metoda badań zgodnie z PN-EN 12642, *Transport Samochodowy*, 65, 1, 36-40, 2022.

⁶ Nieoczym A., Caban J., Vrabel J.: The problem of proper cargo securing in road transport—case study, *Transportation research procedia*, 40, 1510–1517, 2019.

⁷ Żukowska J.: Diagnoza stanu bezpieczeństwa transportu w Polsce: [w:] *Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu: synteza*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2010.

⁸ Maj G.: *Bezpieczeństwo przewozu ładunku: zasady doboru ilości odciągów mocujących, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 18, 6, 2017.

⁹ Z. Olszewski, P. Krawiec, i K. Waluś, *Mocowanie ładunków a bezpieczeństwo transportu drogowego...*, op. cit.

¹⁰ Różycki M.: 10 przykazań właściwego zabezpieczenia ładunku w transporcie drogowym, PPH&U MORITZ Marek Różycki 2005.

¹¹ Rożej A., Rożej-Adamowicz A.: *Organizowanie i monitorowanie procesów magazynowych*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne 2014.

Sposób załadunku konkretnego towaru, zależy od jego kształtu. Ładunki stałe zazwyczaj są układane na paletach lub bezpośrednio wewnątrz skrzyni ładunkowej. Towary sypkie takie jak: piaski, zboża, żwiry wymagają zastosowania osłon lub plandek, aby podczas transportu nie wysypywały się z ładowni. Konwencja ADR jasno precyzuje warunki przewożenia materiałów niebezpiecznych, płynnych substancji żrących, gazów i towarów wybuchowych. Cysterny, którymi najczęściej przewozi się materiały płynne, powinny być wyposażone w zbiorniki, w których panują odpowiednie warunki dla danych substancji i płynów¹².

Ważny z punktu widzenia zabezpieczenia ładunku jest sposób jego ułożenia i rozmieszczenia na pojeździe. Wpływa to na stateczność towaru i obciążenie środka transportowego. Główną zasadą, jaką kierują się załadownicy jest zasada bezpieczeństwa ładunku, pojazdu, osoby wykonującej tranzyt oraz środowiska zewnętrznego¹³.

Środki mocujące i sztalunkowe

Ryglowanie

Ryglowanie (locking) nazywane jest też unieruchamianiem lub osadzaniem. Jest to metoda powszechnie stosowana podczas załadunku. Zabezpiecza przewożony towar przed przesuwaniem się po podłodze naczepy. Zazwyczaj wszystkie skrzynie ładunkowe są tak zbudowane i wykonane, aby nie było przeciwwskazań do niepoprawnego zamocowania ładunku. Ryglowanie przeprowadza się poprzez zablokowanie, dopasowanie kształtu ładunku do rodzaju nadwozia tak, aby spowodować jego unieruchomienie i uniemożliwić względny ruch¹⁴.

W tej metodzie można wykorzystać dodatkowe środki mocujące, aby zwiększyć stateczność ładunku. Doskonałym dowodem potwierdzającym skuteczność ryglowania jest łącznik skrętny. Wykorzystuje się go głównie podczas zabezpieczania kontenerów jako ładunków. Na częściach podkontenerowych umieszcza się takie kontenery, wykorzystując łącznik skrętny. Ich zadaniem jest zablokowanie przed niekontrolowanym przesunięciem się kontenerów¹⁵.

Ryglowanie stosuje się także do zabezpieczenia przed przewróceniem się butli z gazem lub inną substancją łatwopalną. Takie butle umieszcza się w specjalnych skrzyniach metalowych. Mają one dopasowane otwory, aby bez większych problemów można było przewozić w nich butle¹⁶.

¹² Starkowski D., Bieńczak K., Zwierzycki W.: Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej Tom I. Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogowym., 1, Systherm Technik, Poznań, 2012.

¹³ Prochowski L.: Technika transportu ładunków, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 2016.

¹⁴ European Commision: European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport, European Commision General for Energy and Transport. 2014, www.uirr.com/fr/component/downloads/downloads/302.html

¹⁵ Mężyński A., Wierzbicki P.: Optymalne zarządzanie jako czynnik gwarantujący opłacalność transportu intermodalnego, Journal of TransLogistics, 6, 1, 2020.

¹⁶ European Commision, European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport..., op. cit.

Blokowanie

Blokowanie (blocking) to unieruchomienie ładunku poprzez zablokowanie go klinami, drewnianymi klockami, listwami blokującymi lub za pomocą innych elementów, aby nie było możliwości przesunięcia go.

Istnieje również inna opcja zablokowania towaru. Polega ona na bezpośrednim oparciu ładunku na sztywnych strukturach i stałych częściach naczepy, takich jak ścianach bocznych, przednich i kłonicach. Korzystne z punktu widzenia ekonomicznego jest dosunięcie towaru do ścian skrzyni ładunkowej, gdyż nie wymaga to zastosowania tak wielu środków mocujących. Należy zwrócić szczególną uwagę na ładunki walcowe, okrągłe, cylindryczne, które są trudne do zabezpieczenia. Do ich zamocowania wykorzystuje się właśnie metodę blokowania ich za pomocą klinów¹⁷.

Specyficznym rodzajem blokowania jest mocowanie progowe lub płytowe. Przeniesienie elementów jednostek ładunkowych na niższą warstwę, wymaga zastosowania blokowania płytowego. Taki sposób przewiduje umieszczenie palety pod ładunkiem, aby dzięki temu utworzyć próg blokujący warstwę wyższej. W wyniku takiego zabiegu ładunek jest poprawnie i skutecznie zabezpieczony przed swobodnym przemieszczaniem się¹⁸.

Mocowanie za pomocą odciągów

Metoda mocowania ładunków za pomocą odciągów należy do techniki zwiększającej współczynnik tarcia pomiędzy towarem a podłogą pojazdu i zaliczana jest do metod kształtowych^{19,20}.

Metoda ta polega na sprężgnięciu i zintegrowaniu ładunku z nadwoziem pojazdu przy wykorzystaniu pasów mocujących, lin albo łańcuchów. Technika ta przewiduje kilka rozwiązań połączeń elementów mocujących z towarem. Wyróżniamy kotwiczenie proste, krzyżowe oraz mocowanie pętlowe. Wykorzystując metodę kotwiczenia prostego, potrzebne są dwie pary odciągów. Z dwóch przeciwległych stron ładunku w sposób symetryczny, umieszcza się w nadwoziu jeden koniec odciągu, a drugi przytwierdza się bezpośrednio do ładunku. Ten sposób wykorzystywany jest wówczas, gdy przewożony towar posiada indywidualne uchwyty mocujące lub odmienny fragment, do którego można przytwierdzić odciąg²¹.

W przypadku mocowania towaru za pomocą odciągów prostych, dopuszcza się możliwość przesunięcia ładunku podczas transportu po zastosowaniu tej metody. Jest to wynik zwiększonego naprężenia, występującego podczas ruchu odciągów²².

¹⁷ Prochowski L.: Technika transportu ładunków..., op. cit.

¹⁸ European Commision, European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport..., op. cit.

¹⁹ Maj, G.: Bezpieczeństwo przewozu ładunku: zasady doboru ilości odciągów mocujących..., op. cit.

²⁰ Starkowski D., Bieńczak, K., Zwierzycki W.: Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej Tom I. Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogowym., op. cit.

²¹ Prochowski L.: Technika transportu ładunków..., op. cit.

²² European Commision, European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport..., op. cit.

Kotwiczenie ukośne różni się tym od prostego, że rozmieszczenie miejsc mocowania pasów lub lin do powierzchni podłogi naczepy jest przeważające niż rozstaw punktów zabezpieczenia na ładunku. Zaletą kotwiczenia ukośnego jest uniemożliwienie ruchu towaru w dwóch kierunkach- wzdłużnym i poprzecznym²³.

Jeżeli przewożony towar posiada stałe punkty mocowań, to do przytwierdzenia go do podłogi naczepy potrzebne będą cztery odciąg. Zasada umieszczania ich do nadwozia i do ładunku jest taka sama jak w przypadku odciągów prostych, z tym, że mocuje się je po przekątnych platformy ładunkowej.

Mocowanie pętlowe wykorzystuje środki mocujące w postaci pętli. Przy tej metodzie stosuje się dwie pary odciągów, które zamocowuje się z przodu oraz z tyłu ładunku, aby unieruchomić przewożone materiały. Dodatkowo, przy tej technice mocowania, należy zastosować zablokowanie ładunku przy podłodze, aby uniknąć przesunięcia się towaru w orientacji wzdłużnej. Tę metodę stosuje się głównie przy przewozie długich ładunków, ponieważ zazwyczaj nie mają one miejsc zaczepienia środków mocujących²⁴.

Osadzanie

Metoda osadzania jest jedną z technik mocowania ładunku wewnątrz przestrzeni ładunkowej, poprzez dosunięcie i dociążenie ładunku do ściany przedniej naczepy lub do burty bocznej. Osadzanie można również wykorzystać jako zabezpieczenie ładunku na pojeździe, gdy jest on wyposażony w odpowiednie, specjalnie do tego przystosowane ryzny. Do tego celu wykorzystuje się przepisowo i właściwie wykonane środki transportu, które służą głównie tej metodzie²⁵.

Mocowanie opasaniem

Mocowanie opasaniem należy do metody siłowej, której głównym zadaniem jest unieruchomienie ładunku znajdującego się na pojeździe. Aby zablokować ładunek, tak aby nie mógł on się przemieścić, w tej technice wykorzystuje się podwojenie siły docisku ładunku do nadwozia naczepy. Ma to na celu zwiększenie siły tarcia, dzięki której towar będzie bardziej stateczny.

Każda przestrzeń ładowni, na której przewozi się ładunki, powinna być wyposażona w uchwyty umieszczone w podłodze z obu stron, aby można było zastosować metodę opasania oraz przymocować środki mocujące. Dobór ilości pasów, odciągów jako narzędzi zabezpieczających ładunek, jest ściśle uwarunkowany różnymi czynnikami. Do głównych należy zaliczyć wagę przewożonego materiału, wartość współczynnika tarcia oraz kąt α zawarty pomiędzy środkiem mocującym a podłogą²⁶. Ważną kwestią w metodzie siłowej jest umieszczanie na ścianach lub w podłodze naczep, kontenerów i innych przestrzeni

²³ Prochowski L.: Technika transportu ładunków..., op. cit.

²⁴ Ibid.

²⁵ Rożej A., Rożej-Adamowicz A.: Organizowanie i monitorowanie procesów magazynowych..., op. cit.

²⁶ Ibid.

ładunkowych, przystosowanych do przyjęcia siły rozciągającej lub ściskającej, uchwytów służących do montowania odpowiednich zabezpieczeń ładunku²⁷.

Nazwa metody opasania ładunku pochodzi od dosłownego zabezpieczenia towaru od góry zazwyczaj pasem mocującym poprzez opasanie go, ściśnięcie i dociśnięcie do nadwozia. Oba końce są wtedy zaczepione do punktów mocowania. Istotne jest, aby środki opasujące były przez maksymalny okres napięte, ponieważ zwiększa to tarcie i maleje możliwość przesunięcia się ładunku. W praktyce bardzo często przy tej metodzie wykorzystuje się pasy napinające, wykonane z specjalnych tworzyw sztucznych, które dzięki swej sprężystości mogą się wydłużyć do 4%. Z reguły rzadziej używa się łańcuchów oraz lin stalowych, gdyż bardzo często się luzują w czasie jazdy oraz koniecznie trzeba je ponownie napinać, co jest uciążliwe dla całej operacji transportowej²⁸.

Zwielokrotniając docisk ładunku do podłogi, zwiększa się również obciążenie nadwozia. Wartość współczynnika wytrzymałości podłogi jest ściśle warunkowana dopuszczalnymi naciskami jednostkowymi, które mieszczą się w granicach $450-1400 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Mając na uwadze wykorzystanie techniki opasania ładunku przy załadunku, należy uwzględnić powyższe parametry.

Zabezpieczenia klinowe

Kliny należą do elementów blokujących materiały przewożone oraz są bardzo często używane jako uzupełnienie do utwierdzania towaru z wykorzystaniem odciągów. Mają one za zadanie zabezpieczyć ładunki okrągłe, kuliste, walcowe przed przetaczaniem oraz toczeniem po nawierzchni nadwozia pojazdu. Rysunek 1 przedstawia kliny wykorzystywane jako blokady pod koła pojazdów samochodowych. W celu poprawy warunków wytrzymałościowych zabezpieczeń klinowych, niekiedy stosuje się metodę przybijania ich gwoźdźmi do podłogi drewnianej, tak aby nie przesunęły się podczas silniejszego nacisku. Dobór odpowiedniej wysokości klina do wysokości ładunku jest niezwykle ważny i musi wynosić nie mniej niż jedną trzecią promienia ładunku walcowego. Ten warunek musi być spełniony, gdyż w innym przypadku ładunek mógłby się stoczyć z blokujących go klinów²⁹.



Rys. 1. Przykład klina pod koła

Źródło: (fotografia własna)

²⁷ Mężyński A., Wierzbicki P.: Optymalne zarządzanie jako czynnik gwarantujący opłacalność transportu intermodalnego..., op. cit.

²⁸ Prochowski L.: Technika transportu ładunków..., op. cit.

²⁹ Ibid.

Blokowanie listwowe

Listew blokujących używa się do zatarasowania, uniemożliwienia przesunięcia, unieruchomienia lub wypadnięcia ładunku zbliżonego, dosuniętego do ściany bocznej lub przedniej. Szczególnie jest to ważne, gdy pojazd jest niecałkowicie załadowany. Można je montować pionowo lub poziomo pomiędzy dachem skrzyni ładunkowej a powierzchnią nadwozia lub jedną a drugą ścianą boczną. Listwy blokujące można zakładać bezpośrednio na wewnętrzne burty naczepy. Inny sposób przewiduje założenie tych środków mocujących na specjalnie przystosowane do tego celu szyny, znajdujące się wzdłuż ścian bocznych nadwozia albo też na podłodze nadwozia. Zastosowanie szyn umożliwia zabezpieczenie listew uwzględniając różne odległości od burty tylnej. Porównując zależność wytrzymałości szyn od ich konstrukcji, mogą one wytrzymać obciążenie od 200 do 10000 daN. Ważną cechą listew jest ich regulowana długość, dzięki czemu można ją w różny i dowolny sposób dopasować do szerokości skrzyni ładunkowej³⁰. Przykład zabezpieczenia towaru na końcu naczepy przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Listwa blokująca ładunek na końcu naczepy

Źródło: (fotografia własna)

³⁰ Ibid.

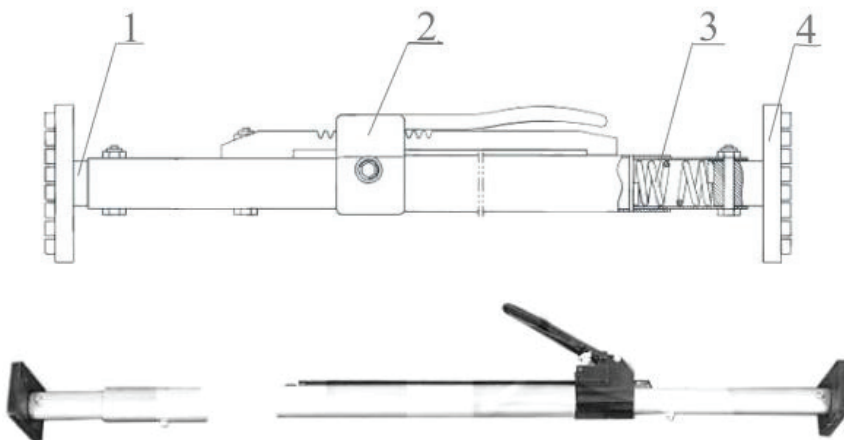
Rozpory

Rozpory, podobnie do listew blokujących, mają to samo zastosowanie i tak jak one mogą być montowane poziomo lub pionowo w zależności od możliwości ich wykorzystania w danej sytuacji. W przeciwieństwie do listew nie wymagają one jakiegokolwiek punktu zaczepienia³¹.

Ich zadaniem jest zabezpieczenie przewożonego ładunku przed przemieszczaniem się na skutek zahamowania pojazdu lub nagłego i niespodziewanego zwrotu kierunku ruchu jazdy. Poprzez blokowanie uzyskuje się większą stabilność przewożonego towaru³².

Najpopularniejszy w stosowaniu drążek rozporowy przedstawiono na rysunku 3. Złożony jest z takich elementów jak:

1. Dwa komponenty składane teleskopowo.
2. Mechanizm zapadkowy, służący do skoordynowania położenia elementów teleskopowych.
3. Stopki, służące jako podpory dla drążka.
4. Sprężyna, która ma za zadanie przyciskać stopkę do nawierzchni podłoża oraz pełni funkcję amortyzatora³³.



Rys. 3. Drążek rozporowy bez ramion: 1-komponenty teleskopowe, 2-mechanizm zapadkowy, 3-stopki, 4-sprężyna

Źródło: (<http://www.bekpolmasz.pl>)

³¹ Zielaskiewicz H.: Analiza popytu na usługi transportowe w kontekście niektórych uwarunkowań zewnętrznych (cz. 1): Logistyka, s. 35–36, 2011.

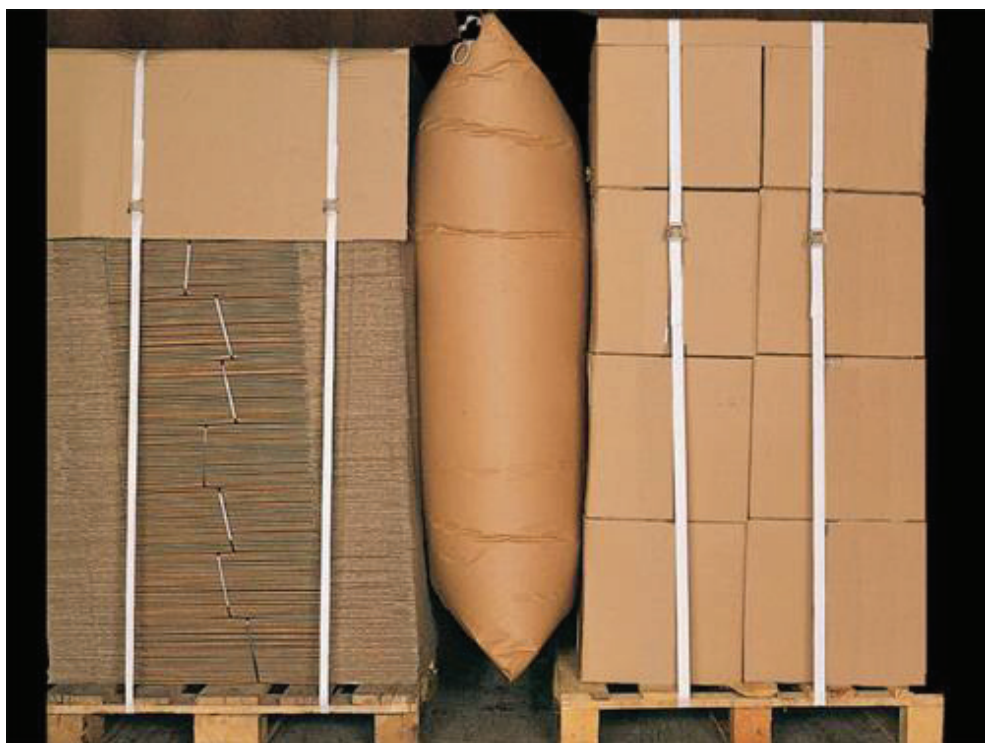
³² Starkowski D., Bieńczak K., Zwierzycki W.: Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej Tom I. Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogowym., op. cit.

³³ Prochowski L.: Technika transportu ładunków..., op. cit.

Materiały użyte do produkcji drążków to zazwyczaj stal lub aluminium. Ich długość waha się od 2-3 m. Mają masę 4-10 kg i średnicę 30-40 mm. Współczynnik siły tarcia ogranicza wartość maksymalnego obciążenia drążka pomiędzy jego stopkami a ścianą naczepy. Przy wystąpieniu ponadnormatywnego obciążenia, element mocujący może nie wytrzymać siły naporu, w wyniku czego dojdzie do jego przesunięcia. Dopuszcza się graniczne obciążenie sięgające 150-250 daN³⁴.

Zabezpieczenie poduszkami powietrznymi

Poduszki powietrzne służą do wypełniania niezajętego obszaru ładunkowego między towarem a ścianą lub pomiędzy dwoma ładunkami (rys. 4). Sprężone powietrze służy do uzupełniania i napełniania poduszek powietrznych poprzez specjalny zawór, który zazwyczaj usytuowany jest tak, aby można było bezproblemowo i sprawnie dokonać czynności napełniania i opróżniania³⁵.



Rys. 4. Przykład worków sztauerskich wypełniających wolną przestrzeń pomiędzy ładunkami

Źródło: (<https://trade-pack.pl>)

³⁴ Ibid.

³⁵ Ibid.

Jedyną trudnością mogącą wystąpić podczas procesu transportowego jest proces kontrolowania ciśnienia oraz temperatury w naczepie oraz poduszkach, z uwagi na możliwość wystąpienia cyklu kureczliwości gazów³⁶.

Poduszki powietrzne należą do uniwersalnego oraz najnowocześniejszego i coraz częściej stosowanego sposobu zabezpieczania przewożonych materiałów przed uszkodzeniami oraz przesuwaniem się³⁷.

Elastyczność, lekkość, ścisłość i dokładność przylegania do ścian oraz ładunków, przemawia za powszechnym używaniem poduch powietrznych jako jednego z najlepszych wśród środków mocujących ładunki. Jednakże trzeba pamiętać, iż jego zaletą jest także bardzo niezwykle duży współczynnik wytrzymałości, bo aż do 30 ton³⁸.

Worki sztauerskie są jednymi z wielu rodzajów poduszek powietrznych. Znalazły zastosowanie jako stabilizatory towarów podczas procesu transportowego. Najczęściej służą do wypełniania szczelin, luk, wolnej przestrzeni pomiędzy paletami lub ścianą nadwozia. Worków sztauerskich używa się nie tylko w transporcie samochodowym, ale także w transporcie kolejowym, w wagonach towarowych czy też w ładowniach statków. Obecnie istnieje wiele rozwiązań konstrukcyjnych i wytrzymałościowych worków sztauerskich. Rozróżnia się worki jednowarstwowe, dwuwarstwowe, czterowarstwowe o różnych wymiarach i różnym panującym wewnątrz ciśnieniu (od 600 mm do 2250 mm i 12 kPa- 40 kPa)³⁹.

Odciąg pasowe

Odciąg pasowe wykorzystuje się jako środek do zamocowania towaru poprzez napieranie lub dociskanie ładunku do powierzchni skrzyni ładunkowej. Ma to za zadanie zwielokrotnić siłę tarcia, tak aby utwierdzony towar się nie przesunął.

Odciąg pasowe składa się z (rys. 5): jednej- lub dwuczęściowej taśmy (1), haków (2) oraz napinacza (3).

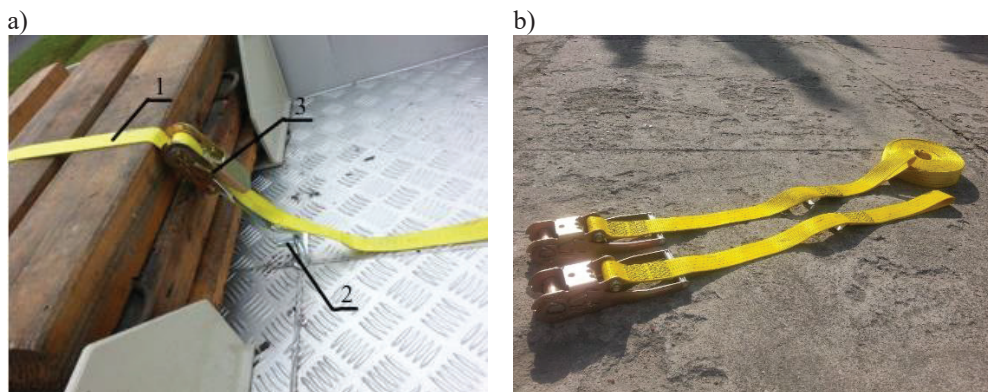
Europejska norma PN-EN 12195-2 przedstawia zasady, jakie muszą być spełnione przy produkcji pasa mocującego jako formy środka zabezpieczającego. Materiały, z których przygotowywane są pasy, muszą charakteryzować się zarówno dużą odpornością na działanie czynników atmosferycznych, w tym temperatury i wilgoci, jak i wytrzymałością na oddziaływanie środków chemicznych, między innymi olejów i smarów. Ponowne użycie pasa mocującego jest możliwe wtedy, gdy jest on niewyrobiony i nieużyty oraz ma przejrzystą etykietę, z której można wyczytać najważniejsze oznaczenia, takie jak zdolność mocowania, maksymalna siła napięcia oraz nominalna siła napięcia wstępnego.

³⁶ Rożej A., Rożej-Adamowicz A.: Organizowanie i monitorowanie procesów magazynowych..., op. cit.

³⁷ Starkowski D., Bieńczak K., Zwierzycki W.: Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej Tom I. Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogowym., op. cit.

³⁸ Markusik S.: Infrastruktura logistyczna w transporcie: Środki transportu, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2011.

³⁹ Starkowski D., Bieńczak K., Zwierzycki W.: Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej Tom I. Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogowym., op. cit.



Rys. 5. Odciągi pasowe: a) pas mocujący ładunek: 1-taśma jednoczęściowa, 2-hak, 3-napinacz, b) pasy dwutaśmowe

Źródło: (fotografia własna)

Zabezpieczenia siatkowe

Dostępne są dwie formy zabezpieczeń siatkami. Pierwsza z nich zapewnia ochronę powierzchni ładowni od strony dachu. Drugi rodzaj zabezpiecza przewożony towar z uwzględnieniem okrycia i docisku. W przypadku przewozu ładunków sypkich, lekkich, drobnicowych przewożonych w otwartych naczepach, należy wykorzystać metodę zabezpieczenia od góry. Ważną zaletą siatek z punktu widzenia różnych typów pojazdów samochodowych przewożących ładunki, jest ich wszechstronna możliwość nałożenia na dowolny rodzaj ładunku i pojazdu, a także szybkość i łatwość w montowaniu. Siatka bez problemu dopasowuje swój kształt do kształtu ładunku, przez co poprawia się jakość i skuteczność zabezpieczenia, co zobrazowano na rysunku 6.



Rys. 6. Siatka zabezpieczająca towar

Źródło: (<https://www.huck.pl>)

Towary znajdujące się w sztukach na skrzyni ładunkowej osłaniane są, z wykorzystaniem opasania, siatką oraz dodatkowo ściskane pasami, tak aby nie spadły ze skrzyni ładunkowej i się z niej nie zsunęły⁴⁰.

Siatki używane do zablokowywania ładunków oraz do ich mocowania powinny być formowane z taśm lub lin. Najczęściej materiały naturalne lub sztuczne, niekiedy też druty stalowe, wykorzystywane są do produkcji lin i taśm. Przestrzeń ładunkową w naczepie można podzielić stosując przegrody. Do zabezpieczania przewożonego towaru na palecie producenci proponują sieci linowe jako główny element unieruchamiający. Przymocowywane są one bezpośrednio do uchwytów pojazdu. Przed użyciem sieci linowych bądź sieci taśmowych lub zwykłych siatek zabezpieczających, należy zwrócić szczególną uwagę na stan taśm, szwów lub włókien. Nie powinny być one poszarpane, przetarte lub uszkodzone. W razie potrzeby powinny być wymienione na nowe lub zostać naprawione. Jakikolwiek uszczerbek środka mocującego może doprowadzić do zerwania zabezpieczenia, a w konsekwencji nawet doprowadzić do wypadku⁴¹.

Zabezpieczenia warstw ładunku

Zwiększenie współczynnika tarcia pomiędzy ładunkiem a powierzchnią podłogi można dokonać za pośrednictwem użycia także mat antypoślizgowych. Można je wykorzystać również poprzez umiejscowienie ich pomiędzy warstwami towarów, umieszczonych jedna na drugiej, np. na paletach⁴².

Wykorzystanie mat antypoślizgowych w procesie transportu oraz podczas operacji załadunkowych ma na celu zredukowanie przesuwania się ładunków względem siebie oraz przemieszczania ładunków wewnątrz naczepy. Zabieg ten ma na celu doprowadzenie do nieprzemieszczania się towarów oraz poprawić ich stateczność. Na rysunku 7 przedstawiono matę stosowaną najczęściej jako zabezpieczenie pod ładunki⁴³.



Rys. 7. Przykład maty antypoślizgowej stosowanej pod ładunki

Źródło: (<https://forcargo24.pl>)

⁴⁰ Prochowski L.: Technika transportu ładunków..., op. cit.

⁴¹ European Commision, European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport..., op. cit.

⁴² Prochowski L.: Technika transportu ładunków..., op. cit.

⁴³ Markusik S.: Infrastruktura logistyczna w transporcie..., op. cit.

Ogólnodostępny podział mat dzieli je na gumowe, powlekane, płóciennie. Maty płóciennie zawierają w sobie klej. Natomiast maty powlekane powleczone są zazwyczaj filcem, który umożliwia utrzymanie takich mat w czystości. Z powłoki filcu w łatwy sposób można usunąć zabrudzenia, kurz oraz inne zanieczyszczenia, powstałe po ich użyciu. Połączenie kilku gum pozwala w matach gumowych zwiększyć wartość tarcia, dzięki dokładnemu przyleganiu ich do nawierzchni podłogi lub ładunku⁴⁴.

Producenci nie podają żadnych zasad, reguł doboru mat do wielkości ładunku. Wybór określonego rodzaju maty, jej wielkości i grubości uzależniony jest wyłącznie od siły nacisku i ciężaru ładunku, który przenoszony jest na matę antypoślizgową⁴⁵.

Maty poślizgowe, gwarantujące współczynnik tarcia o wartości minimum $\mu=0,6$, urzeczywistniają swoje wartości antypoślizgowe podczas wykorzystania ich jako środka mocującego do zabezpieczania towarów na pojeździe, razem z użyciem pasów lub innych elementów sztalunkowych. Minimalna grubość mat powinna wahać się od 3 mm, a maksymalna do 10 mm⁴⁶.

Zwiększony współczynnik tarcia w matach powoduje trudniejsze przesuwanie towarów po macie antypoślizgowej oraz szybsze jej zużycie i zniszczenie. Podczas operacji załadunkowych załadowcy powinni przyjąć zasadę ustawiania na matach ładunków, ponieważ w ten sposób mata nie traci swoich właściwości, nie brudzi się oraz umożliwia dłuższe jej użytkowanie⁴⁷.

Zabezpieczenia odciągami łańcuchowymi i linowymi

Odciągi łańcuchowe i linowe wykorzystywane są bardzo często do zabezpieczania trudnych i wielkich ładunków, które wymagają starannego zamocowania. Używane są zamiast pasów mocujących ze względu na ich strukturę. Pasy mogą się przedrzeć, przeciąć ostrą krawędzią ładunku, a odciągi łańcuchowe są bardzo wytrzymałe i nie wykazują tendencji do pęknięć łańcucha czy też uszkodzeń zewnętrznych. Za pomocą odciągów łańcuchowych i linowych mocuje się różnego rodzaju ciężkie maszyny, pojazdy, asortyment blaszany lub też fragmenty betonowe⁴⁸.

Pojazdy, przewożące towary zabezpieczone odciągami łańcuchowymi, powinny posiadać na stykach skrzyniach ładunkowych specjalne punkty mocowań. Dzięki takiemu zastosowaniu łańcuch nie dotyka do żadnej innej części, oprócz ładunku i nie spowoduje to jego przesunięcia⁴⁹.

Zaleca się stosowanie lin stalowych, wykonanych głównie z takich materiałów, które dzięki swoim właściwościom fizycznym i chemicznym, spełnią postawione im cele. Naj-

⁴⁴ Rożej A., Rożej-Adamowicz A.: Organizowanie i monitorowanie procesów magazynowych..., op. cit.

⁴⁵ European Commision, European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport..., op. cit.

⁴⁶ Starkowski D., Bieńczak K., Zwierzycki W.: Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej Tom I. Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogowym., op. cit.

⁴⁷ Madej B.: Przewozy drogowe osób i rzeczy, Akademia Transportu i Przedsiębiorczości 2017.

⁴⁸ Prochowski L.: Technika transportu ładunków..., op. cit.

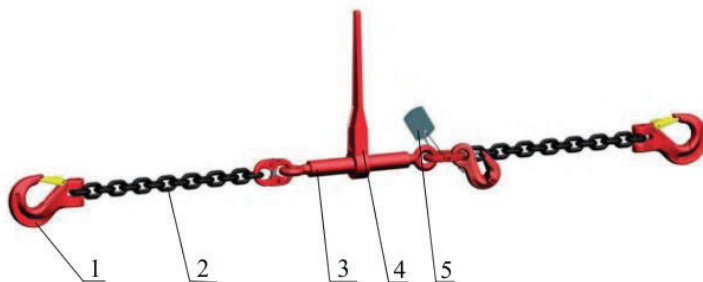
⁴⁹ European Commision, European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport..., op. cit.

bardziej powszechnie używane są liny przygotowane z polipropylenu i poliestru, gdyż wytrzymują obciążenie wywołane rozciąganiem. Po zetknięciu się z wodą ich wytrzymałość nie maleje w porównaniu do lin zrobionych z włókien naturalnych⁵⁰.

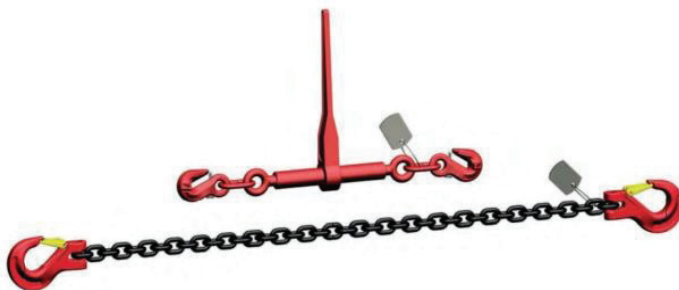
Norma PN-EN 12195-3 określa, jakie wymogi muszą być spełnione, aby można było zastosować odciąg jako środek zabezpieczający towar oraz jakim zasadom one podlegają. Odciąg podobnie jak pasy mocujące posiadają zawieszkę, która charakteryzuje ich parametry⁵¹.

Ogólna budowa odciagu łańcuchowego, ujęta na rysunku 8, przedstawia się następująco: (1) - haki mocujące, (2) - łańcuch części krótszej, (3) - łańcuch części dłuższej, (4) - napinacz śrubowy, (5) - hak skręcający, (6) - dźwignia napinacza z tzw. grzechotką, która umożliwia obracanie się napinacza⁵².

a)



b)



Rys. 8. Odciąg łańcuchowy z napinaczem: a) jednoczęściowy: 1-haki mocujące, 2-łańcuch, 3-napinacz śrubowy, 4-dźwignia napinacza, 5-zawieszka, b) dwuczęściowy

Źródło: (<https://www.cecho.p>)

⁵⁰ Prochowski L.: Technika transportu ładunków..., op. cit.

⁵¹ Starkowski D., Bieńczak K., Zwierzycki W.: Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej Tom I. Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogowym., op. cit.

⁵² Prochowski L.: Technika transportu ładunków..., op. cit.

Zabezpieczenia ostrych krawędzi

Kątowniki tekturowe stosowane są jako nieodzowne elementy zabezpieczające ładunek. Chronią go przed wrzynaniem się taśm oraz usztywniają i powodują stabilizację oraz stateczność ładunku. Wykorzystywane są do mocowania obrzeży i narożników wyrobów jednostkowych, bądź produktów usytuowanych na paletach⁵³.

Tego typu środki mocujące umieszcza się bezpośrednio pod pasami napinającymi. Kątowniki ochronne charakteryzują się dość wysoką odpornością na działanie niskiej temperatury oraz są odporne na uszkodzenia wywołane czynnikami mechanicznymi. Odpowiednie wyprofilowanie konstrukcji kątowników przeciwdziała przemieszczaniu się i ślizganiu pasa⁵⁴. Ogólny przykład kątowników przedstawiono na rysunku 9.

Niewątpliwą zaletą stosowania kątowników ochronnych jest ich duża wytrzymałość na wgniatanie. Dzięki nim istnieje możliwość transportowania towarów umieszczonych dwuwarstwowo na paletach. Używane są do przewożenia dużych ładunków o ostrych narożach⁵⁵.

Kątowniki należą do tych środków mocujących, które są wielokrotnego użytku oraz nadają się do zabezpieczenia wielu różnorodnych ładunków⁵⁶.



Rys. 9. Przykład kątownika tekturowego [fotografia własna]

Źródło: (fotografia własna)

⁵³ Starkowski D., Bieńczak K., Zwierzycki W.: Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej Tom I. Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogowym., op. cit.

⁵⁴ Markusik S.: Infrastruktura logistyczna w transporcie..., op. cit.

⁵⁵ Wiszniewska M.: Przewóz ładunków, Difin 2014.

⁵⁶ Starkowski D., Bieńczak K., Zwierzycki W.: Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej Tom I. Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogowym., op. cit.

Ściany i kaptury termoizolacyjne

Ściana termoizolacyjna zaliczana jest do osłon przegród i ścian wewnątrz naczepy. Pokryta jest warstwą izolacyjną o niewielkiej masie, która ma na celu odseparowywać, tj. oddzielać ładunki przewożone w chłodniach od czynników zewnętrznych środowiska, czy też od innych ładunków, które wymagają odmiennych warunków temperaturowych. Podczas procesu transportowego towarów suchych, mrożonych lub schłodzonych, istnieje możliwość wykorzystania ściany termoizolacyjnej jako przegrody odizolowującej. Tym samym istnieje możliwość łączenia przewozu towarów o różnych warunkach przewozowych w jednej naczepie. Zastosowanie takiego zabiegu sprzyja lepszemu zagospodarowaniu skrzyni ładunkowej oraz można takie ładunki przewozić w jednym przedziale ładunkowym. Na rysunku 10 zobrazowano wykorzystanie ściany na naczepie⁵⁷.



Rys. 10. Przykład ściany termoizolacyjnej w naczepie

Źródło: (<https://truckshop.pl/>)

Na rynku spotykane są ściany termoizolacyjne w różnych rozmiarach oraz kilkunastu modelach. Dzięki swoim cennym właściwościom oraz łatwości montażu, ściana doskonale chroni i zabezpiecza termicznie przewożone towary, które są wrażliwe na zmiany wartości temperatury podczas przewozu. Niewielka masa własna ścian termoizolacyjnych pozwala

⁵⁷ Ibid.

na uzyskanie kilku różnych jednostek, sekcji w przestrzeni ładunkowej, w których istnieje możliwość przemieszczania różnorodnych towarów, wymagających odmiennych temperatur⁵⁸.

Konwencja ATP oraz polskie przepisy jasno określają zasady dotyczące wymagań higienicznych przewozu żywności oraz warunki jakie muszą spełniać pojazdy wykorzystywane do tego celu. Dlatego też z tego względu ściany termoizolacyjne cieszą się powszechnym zastosowaniem, z przeznaczeniem dla transportu dalekiego, dystrybucji lokalnej czy też dla pojazdów chłodniczych⁵⁹.

Kaptury termoizolacyjne to osłony używane do termoizolacyjnej osłony opakowań towaru lub pokrycia palet, które przedstawiono na rysunku 11. Wykorzystuje się je do przewozu ładunków mrożonych lub schłodzonych. Dodatkowo swoje zastosowanie kaptury znalazły podczas transportu towarów, które wymagają ochrony przed zamarznięciem lub przechłodzeniem. Kapturów termoizolacyjnych używa się do przemieszczania wyrobów spożywczych oraz przemysłowych, np. farb, lakierów lub produktów wrażliwych na przegrzanie⁶⁰.

Bardzo dobre właściwości izolacyjne, mała masa, łatwość montażu, szybkość użycia to tylko kilka cech, które charakteryzują kaptury termoizolacyjne. Ich zaletą jest także dość spora liczba rozmiarów oraz możliwość zamówienia indywidualnego wymiaru. Szeroka gama kapturów, pozwala na ich użycie dla ogólnodostępnych palet oraz skuteczne przyleganie warstw termoizolacyjnych do wielu kształtów i form ładunków⁶¹.



Rys. 11. Przykład kaptura termoizolacyjnego

Źródło: (<http://www.pro-trans.pl>)

⁵⁸ Ibid.

⁵⁹ Madej B.: Przewozy drogowe osób i rzeczy..., op. cit.

⁶⁰ Starkowski D., Bieńczak K., Zwierzycki W.: Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej Tom I. Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogowym., op. cit.

⁶¹ Wiszniewska, M.: Przewóz ładunków..., op. cit.

Podsumowanie

Właściwe zabezpieczenie ładunku podczas transportu przed jego uszkodzeniem, zdeformowaniem, przesunięciem wymaga zastosowania takich środków mocujących oraz ształunkowych, które unieruchomią przewożone towary, a jednocześnie nie powodowały przekroczenia dopuszczalnych wartości w zakresie bezpieczeństwa⁶².

Osobą odpowiedzialną za umiejętny załadunek towaru oraz jego bezpieczne usytuowanie na pojeździe jest załadowca. Wymaga się od niego, aby określona reguła załadunku nie powodowała zmiany położenia ładunków w stosunku zarówno do pojazdu, jak i względem siebie. Dlatego też dobór odpowiednich środków mocujących i ształunkowych przez załadowcę jest niezwykle ważny w aspekcie bezpieczeństwa procesu transportowego⁶³.

Używane środki do przymocowywania ładunków powinny być w sposób regularny, przed ich każdorazowym użyciem kontrolowane. Należy zwrócić szczególną uwagę na rysy, pęknięcia, przetarcia, rdzę, wygięcia, sprawność mechanizmów, przełamania, deformację oraz zabrudzenia użytych materiałów. Naukowcy zajmujący się badaniami wytrzymałościowymi wybranych środków i elementów mocujących, zalecają nieużywanie i niestosowanie niesprawnych, niedających gwarancji zabezpieczenia ładunku oraz przekraczających współczynniki obciążenia środków mocujących⁶⁴.

Bibliografia

- European Commision: European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport, European Commision General for Energy and Transport. 2014., www.uirr.com/fr/component/downloads/downloads/302.html. (data dostępu 02.10.2023 r.)
- Gołowicz A., Kidawski A., Kowalczyk M., Ogłaza J., Włodarczyk A.: Zabezpieczanie ładunków na pojazdach drogowych, przepisy krajowe i metoda badań zgodnie z PN-EN 12642, *Transport Samochodowy*, 65, 1, 36-40, 2022.
- Jureczek J., Kasperek J., Mellouk S., Sacharuk M.: Wpływ zabezpieczenia ładunków na bezpieczeństwo w transporcie drogowym, *Transport Samochodowy*, 60, 2, 33-44, 2018.
- Madej B.: *Przewozy drogowe osób i rzeczy*, Akademia Transportu i Przedsiębiorczości 2017.
- Maj G.: Bezpieczeństwo przewozu ładunku: zasady doboru ilości odcągów mocujących, *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 18, 6, 2017.
- Markusik S.: *Infrastruktura logistyczna w transporcie: Środki transportu*, Wyd. Politechniki Śląskiej 2011.
- Mężyński A., Wierzbicki P.: Optymalne zarządzanie jako czynnik gwarantujący opłacalność transportu intermodalnego, *Journal of TransLogistics*, 6, 1, 2020.
- Nieoczym A., Caban J., Vrabel J.: The problem of proper cargo securing in road transport–case study, *Transportation Research Procedia*, 40, 1510-1517, 2019.
- Olszewski Z., Krawiec P., Waluś K.: *Mocowanie ładunków a bezpieczeństwo transportu drogowego*, *Logistyka*, 4, CD 2, 5118-5125, 2015.

⁶² Markusik S.: *Infrastruktura logistyczna w transporcie...*, op. cit.

⁶³ Starkowski D., Bieńczyk K., Zwierzycki W.: *Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej Tom I. Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogowym.*, op. cit.

⁶⁴ Różycki M.: *10 przykazań właściwego zabezpieczenia ładunku w transporcie drogowym...*, op. cit.

- Prochowski L.: Technika transportu ładunków, Wyd. Komunikacji i Łączności 2016.
- Rokicki T.: Logistyka: wybrane zagadnienia, Wyd. SGGW 2008.
- Rożej A., Rożej-Adamowicz A.: Organizowanie i monitorowanie procesów magazynowych, Wyd. Szkolne i Pedagogiczne, 2014.
- Różycki M.: 10 przykazań właściwego zabezpieczenia ładunku w transporcie drogowym, Wyd. PPH&U MORITZ Marek Różycki, 2005.
- Sieczka J.: Bezpieczeństwo w przewozach ładunku transportem samochodowym, Gospodarka Materiałowa i Logistyka, Tom LXXI Nr 52, 2019.
- Starkowski D., Bieńczak K., Zwierzycki W.: Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej Tom I. Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogowym, Systherm Technik, Poznań, 2012.
- Wiszniewska M.: Przewóz ładunków, Difin, 2014.
- Zielaskiewicz H.: Analiza popytu na usługi transportowe w kontekście niektórych uwarunkowań zewnętrznych (cz. 1), Logistyka, 35-36, 2011.
- Żukowska J.: Diagnoza stanu bezpieczeństwa transportu w Polsce: [w:] Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu: synteza, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2010.

Autor do korespondencji: grzegorz.zajac@up.lublin.pl

ORCID: Grzegorz Zając 0000-0002-9025-4551

ORCID: Grzegorz Maj 0000-0001-9052-6265

ORCID: Tomasz Słowik 0000-0001-9449-2234

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

ORCID: Maciej Kuboń 0000-0003-4847-8743

WIR
WYDAWNICTWO

ISBN 978-83-64377-52-5