

Usprawnienie organizacji transportu wewnętrznego poprzez zastosowanie stacji pociągu logistycznego

Wojciech Tarasiuk

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: wojciech.tarasiuk.106246@student.pb.edu.pl

Marta Jarocka 

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: m.jarocka@pb.edu.pl

DOI: 10.24427/az-2023-0062

Streszczenie

Transport wewnętrzny jest kluczowym aspektem funkcjonowania przedsiębiorstw produkcyjnych. Efektywne zarządzanie nim zapewnia ciągłość procesów produkcyjnych. Jednym ze sposobów usprawniania procesu transportu wewnątrz przedsiębiorstwa jest wdrażanie innowacyjnych rozwiązań technicznych, takich jak pociągi logistyczne. Mimo, iż producenci pociągów logistycznych uznają je za stosunkowo łatwe do wdrożenia, występują sytuacje nieoptymalnego wykorzystania tych rozwiązań. Celem pracy było opracowanie koncepcji stacji pociągu logistycznego w transporcie wewnętrznym wybranego przedsiębiorstwa produkcyjnego i wskazanie zasadności jej zastosowania. W opisywanym studium przypadku zaproponowano wprowadzenie usprawnienia w postaci wdrożenia dodatkowego osprzętu do istniejącego systemu pociągu logistycznego. Skutkowałoby to skróceniem średniego czasu potrzebnego na załadunek, transport gotowego wyrobu z hali produkcyjnej do magazynu oraz przygotowanie pustych opakowań do transportu z 145,70 s do 87,52 s. Zatem czas niezbędny na wykonanie wymienionych czynności zostałby zredukowany o 40%.

Słowa kluczowe

pociąg logistyczny, transport wewnętrzny, stacja pociągu logistycznego

Wstęp

Transport odgrywa ważną rolę w funkcjonowaniu współczesnych przedsiębiorstw produkcyjnych. Odpowiednio zorganizowany system transportu wewnętrznego umożliwia bowiem sprawne przemieszczanie towarów w obrębie danego zakładu. Do realizacji transportu niezbędna jest infrastruktura logistyczna, dostosowana do indywidualnych potrzeb organizacji. W procesie transportu wewnętrznego coraz częściej wykorzystuje się pociągi logistyczne wraz z infrastrukturą wspomagającą, do której zalicza się między innymi stacje do ich obsługi. Celem artykułu było opracowanie projektu stacji pociągu logistycznego, której implementacja usprawniłaby proces transportu wewnętrznego w przedsiębiorstwie produkcyjnym.

1. Usprawnianie procesu transportowego w świetle literatury

Transport jest ważnym elementem współczesnych przedsiębiorstw produkcyjnych. Niepoprawna jego organizacja może przyczyniać się do powstania problemów związanych z produkcją, czyli trudności z terminowym dostarczaniem surowców i materiałów oraz wywożeniem gotowych produktów. W konsekwencji tego stanu rzeczy, możliwa jest kumulacja strat oraz wzrost kosztów operacyjnych, co może ostatecznie skutkować utratą lojalności ze strony klientów. W ramach transportu wyróżnia się transport zewnętrzny i wewnętrzny [Halusiak i Uciński, 2013, s. 10-11].

Istotną częścią każdej działalności produkcyjnej jest transport wewnętrzny, ponieważ zapewnia przepływ materiałów, narzędzi, części i innych elementów potrzebnych do realizacji procesu technologicznego. Transport wewnętrzny, nazywany również transportem wewnątrzzakładowym, definiowany jest w literaturze jako zespół czynności związanych z przemieszczaniem towaru w obrębie danego przedsiębiorstwa. Zaliczany jest on do grupy transportu bliskiego. Operacje wykonywane w ramach systemu transportu wewnątrzzakładowego odbywają się pomiędzy określonymi obszarami lub stanowiskami i pozwalają na wymianę dóbr pomiędzy nimi [Topolski, 2018, s. 968].

Zorganizowanie sprawnego transportu wewnętrznego w przedsiębiorstwie polega na przemieszczaniu ładunków w jak najkrótszym czasie, korzystając z jak najkrótszych tras i minimalizując zużycie środków transportowych [Głodowska i Świderski, 2019, s. 11]. Niezbędna jest więc odpowiednia organizacja i zarządzanie procesem transportu.

Według badacza Abt działania, które usprawniają transport wewnętrzny poprzez wykorzystanie mechanizacji i automatyzacji procesów transportowych prowadzą do efektywnego wykorzystania środków transportowych oraz optymalizacji procesów transportowych. Ponadto sprzyjającymi zmianami są działania wynikające z wdrażania zarządzania logistycznego w transporcie [Abt, 1998, s. 154-155].

Doskonalenie procesu transportu nie musi polegać na kosztownych inwestycjach w nowoczesny sprzęt i nowe rozwiązania. Aby osiągnąć widoczne korzyści w transporcie wewnętrznym można wykorzystać koncepcję Lean Management. Polega ona między innymi na identyfikacji i eliminacji marnotrawstw, które występują w danym zakładzie [Karwasz i Skuza, 2019, 391]. Autor Topolski zaproponował następujący zbiór sposobów na usprawnianie transportu wewnętrznego [Topolski, 2018, s. 969]:

- jednokierunkowy przepływ materiałów – stworzenie płynnego, jednokierunkowego przepływu materiałów, eliminując zakręty i skrzyżowania; preferowane trasy obejmują prostoliniowe, okrężne (po kole) lub zgodne z wzorcem S, U lub Z;
- redukcja operacji transportowych – zmniejszenie liczby operacji transportowych poprzez eliminację zbędnych etapów;
- skrócenie drogowej trasy - zmniejszenie odległości między punktami przeładunku, co skutkuje skróceniem tras transportowych, co z kolei prowadzi do oszczędności czasu i kosztów;
- ciągłość strumienia materiałów – wykorzystanie ciągłego przepływu materiałów i eliminacja operacji przeładunkowych, aby uniknąć opóźnień produkcyjnych, przestojów i dodatkowych operacji transportowych;
- zastosowanie praw fizyki – wykorzystanie zasad fizyki w systemach transportu wewnętrznego, na przykład zastosowanie pochylni czy zjazdów, o ile nie wpływa to negatywnie na integralność transportowanego towaru;
- efektywne wykorzystanie przestrzeni budynków – pełne wykorzystanie dostępnej przestrzeni w budynkach w celu poprawy ogólnej wydajności pracy;
- skuteczna konserwacja i utrzymanie – regularna konserwacja i utrzymanie w dobrym stanie technicznym urządzeń transportowych oraz infrastruktury transportowej;
- zapewnienie bezpieczeństwa – priorytetowe zapewnienie bezpieczeństwa w miejscach, gdzie operacje transportowe mogą stwarzać zagrożenie dla pracowników.

Jednym ze sposobów usprawniania procesu transportu wewnątrz przedsiębiorstwa jest wdrażanie innowacyjnych rozwiązań technicznych, takich jak pociągi logistyczne. Zastosowanie ich prowadzi do zredukowania operacji transportowych

i zapewnia ciągłość przepływu strumienia materiałów. Pociągi logistyczne są to zestawy transportowe składające się z wózka ciągnikowego oraz z dołączonych do niego wagonów. Głównym celem wykorzystania tego rodzaju środka transportu jest zorganizowanie trasy w taki sposób, aby podczas pojedynczego kursu można było dokonywać zarówno wiele rozładunków, jak i załadunków [Karwasz i Skuza, 2019, 393]. Najczęściej trasa pociągu logistycznego jest zdefiniowana oraz utworzona zgodnie z zasadą kursu mleczarza (ang. milk run). Zasada ta polega na zaopatrywaniu grupy stanowisk przez ten sam pociąg poruszający się po ustalonej trasie i w tym samym cyklu obsługi. Dostawy realizowane są zgodnie z zapotrzebowaniem stanowisk produkcyjnych z centralnego magazynu zwanego supermarketem. Istnieją przypadki, w których stosuje się dwie oddzielne trasy dostarczania materiałów i odbierania wyrobów gotowych [Bozer i Ciemnoczółowski, 2013, 555].

Pomimo tego, że pociągi logistyczne uważane są przez ich producentów za stosunkowo łatwe do wdrożenia, wciąż istnieją przypadki wykorzystania tego typu rozwiązań w sposób nieoptymalny. Jak wynika z badania przeprowadzonego przez autorów A. Karwasz i D. Skuza, w przedsiębiorstwach posiadających zestawy transportowe wciąż możliwa jest poprawa funkcjonowania tego środka transportu.

2. Charakterystyka środowiska badawczego

Analizowane przedsiębiorstwo, dla którego dokonano próby opracowania projektu stacji pociągu logistycznego, jest producentem osprzętu rolniczego. Proces produkcyjny realizowany jest w jednej hali produkcyjnej. Przepływ materiałów w fabryce odbywa się z jednego końca hali na drugi, gdzie produkty przed umieszczeniem w magazynie, trafiają na dział montażu jako półfabrykaty. Dział montażu składa się z dziesięciu linii produkcyjnych, które zostały oznaczone numerami od L1 do L10, a także buforu logistyki montażowej pełniącego ważną rolę w procesie produkcyjnym. Do buforu trafiają części głównie po procesie malowania w zlokalizowanej obok malarni. Z buforu logistyki montażowej natomiast, półfabrykaty transportuje się na poszczególne linie montażowe.

Transport na poszczególne linie montażowe wykonywany jest za pomocą pociągu logistycznego. Składa się on z ciągnika Still LTX 50 (rys. 1) oraz czterech wagonów.



Rys. 1. Ciągnik holowniczy Still LTX 50

Źródło: Internetowy katalog maszyn [<https://www.lectura-specs.pl/pl/model/wozki-podnosne-widlowe/traktor-holowniczy-987589-1-still/ltx-50-11706983>, 07.11.2023].

Ciągnik ten pozwala na transport towarów, których waga wraz z platformami i wagonami nie przekracza 5 ton. W przedsiębiorstwie wykorzystuje się wagony marki Still z serii LiftRunner. Wagon transportowy przedstawiono na rysunku 2.

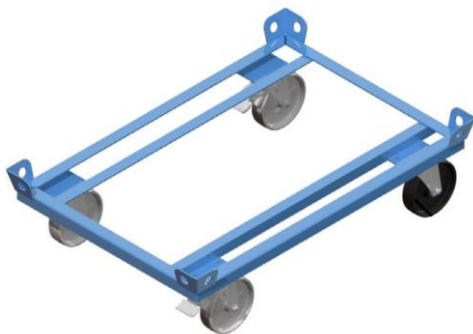


Rys. 2. Wagon transportowy LiftRunner rama typu "B"

Źródło: Instrukcja obsługi producenta LiftRunner [https://data.still.de/assets/products/Vehicles/Tugger_Trains/STILL_LiftRunner/pdfs/Tugger_train_B-Frame_DE_Manual.pdf?mod=1680011726&download=1&s=afa0251ceef95a22941189bd3e5b083, 07.11.2023].

Wykorzystywane wagony to rama typu B z hydraulicznym systemem automatycznego podnoszenia wagonów do góry po wejściu operatora do ciągnika. Wagony te pozwalają na załadunek i rozładunek z obu stron, co znacznie ułatwia i przyspiesza procesy transportowe. Z uwagi na konstrukcję wagonów transportowych

niezbędne jest wykorzystanie dodatkowych platform transportowych. Budowę platform transportowych przedstawiono na rysunku 3.

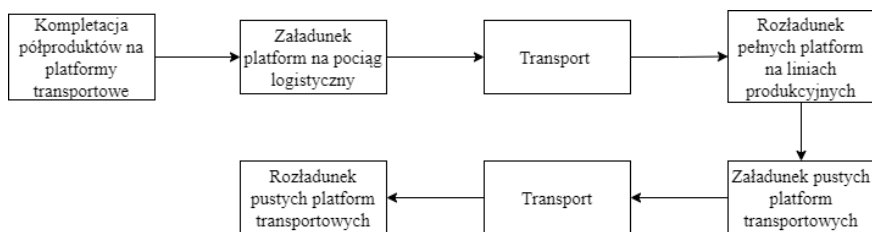


Rys. 3. Platforma transportowa wykorzystywana w systemie ciągnika logistycznego

Źródło: Instrukcja obsługi producenta [https://data.still.de/assets/products/Vehicles/Tugger_Trains/STILL_LiftRunner/pdfs/Tugger_train_B-Frame_DE_Manual.pdf?mod=1680011726&download=1&s=afa0251ceef95a22941189bd3e5b083, 07.11.2023].

Stosowane w przedsiębiorstwie platformy transportowe posiadają cztery koła skrętne, umożliwiające szybkie i łatwe manewrowanie oraz hamulec nożny, który pozwala na bezpieczne zablokowanie platformy. Umożliwiają one nie tylko załadunek i transport nośników transportowych w systemie pociągu logistycznego, ale również manipulację całą jednostką transportową w obrębie danego stanowiska produkcyjnego. Skutkuje to możliwością transportu dużej liczby komponentów wzdłuż linii produkcyjnych za pomocą siły ludzkiej.

W procesie transportu wewnętrznego realizowanego z wykorzystaniem pociągu logistycznego można wyszczególnić konkretne czynności. Schemat tego procesu przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Schemat transportu wewnętrznego z wykorzystaniem pociągu logistycznego

Źródło: opracowanie własne.

Aby móc przetransportować załadowaną platformę do docelowego miejsca przy stanowisku produkcyjnym, niezbędna jest realizacja procesu kompletacji. W tym celu pracownik przygotowuje zgodnie z planem produkcyjnym elementy, które będą potrzebne na danych stanowiskach montażowych. Zestaw pociągu logistycznego dysponuje miejscem na cztery platformy załadunkowe. Podczas kompletacji przestrzega się zasady, że na jedną platformę przygotowuje się elementy tylko do jednego stanowiska produkcyjnego. Z tego powodu, pociąg logistyczny może przetransportować towar do maksymalnie czterech miejsc odbioru. Proces kompletacji w buforze logistyki montażowej polega na zebraniu na nieużywane aktualnie platformy załadunkowe półproduktów niezbędnych do realizacji zamówienia transportowego. W zależności od specyfiki danych półproduktów pracownik może wybrać platformę załadunkową z ustawioną na niej paletą z nadstawkami lub paletą bez nich. Skompletowane platformy oczekują na proces transportu do miejsca docelowego lub są transportowane od razu, jeśli nie zostały przygotowane wcześniej, a pociąg oczekiwał na kompletację. Kolejne czynności wykonywane przez pracownika rozpoczynają się od załadowania przygotowanych wcześniej platform transportowych na pociąg logistyczny. Następnie, cały zestaw przejeżdża po wyznaczonej trasie, pozostawiając platformy z półfabrykatami przeznaczonymi na poszczególne linie produkcyjne. Po dokonaniu rozładunku platform i zwolnieniu miejsc na wagonach pociągu logistycznego dokonywany jest załadunek pustych platform transportowych, na których dostarczono materiały w poprzednich przejazdach. W dalszym etapie następuje powrót całego zestawu do buforu logistyki montażowej oraz rozładunek pustych platform transportowych.

Wprowadzenie stacji pociągu logistycznego do procesu transportu wewnętrznego stanowi kluczowy element usprawnienia całego systemu. Dzięki strategicznie umiejscowionej stacji, możliwe jest skoordynowane i efektywne przemieszczanie załadowanych platform do docelowych miejsc przy stanowiskach produkcyjnych. To rozwiązanie zapewnia płynność działania, umożliwiając sprawną wymianę pustych platform transportowych na te, które są gotowe do dostarczenia niezbędnych do produkcji materiałów. Stacja pociągu logistycznego staje się kluczowym ogniwem systemu transportu wewnętrznego. Zapewni ponadto logiczną organizację procesu przeładunku platform transportowych.

3. Koncepcja stacji pociągu logistycznego

Projekt stacji pociągu logistycznego zakłada możliwość załadunku platform transportowych po jednej stronie i ich rozładunku po drugiej. Zastosowanie tego typu rozwiązania pozwoli na oddzielenie zestawów transportowych

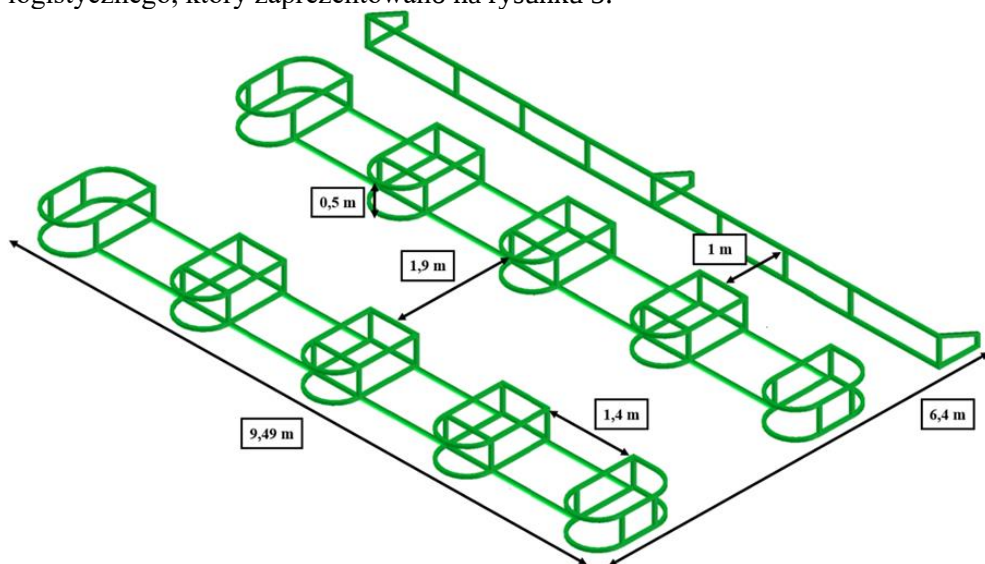
przygotowanych do przemieszczenia na linie produkcyjne od tych, które wróciły z linii produkcyjnych jako puste. Na podstawie zebranych informacji dotyczących aktualnego sposobu funkcjonowania pociągu logistycznego oraz danych dotyczących wymiarów poszczególnych jego części zaprojektowano stację, która docelowo obsługiwałaby pociąg z czterema wagonami. Podsumowanie niezbędnych wymiarów jednostki transportowej przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Wymiary niezbędne do projektu stacji pociągu logistycznego

Element pociągu logistycznego	Pozyskane wymiary
Ciągnik holowniczy	Szerokość = 80 cm
Wagon transportowy	Długość (z dyszlem) = 206,9 cm Szerokość = 107 cm Długość dyszla = 53,3 cm
Platforma transportowa	Długość = 126 cm Szerokość = 86 cm

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie zebranych informacji i danych opracowano projekt stacji pociągu logistycznego, który zaprezentowano na rysunku 5.



Rys. 5. Projekt stacji pociągu logistycznego

Źródło: opracowanie własne w programie AutoCAD.

Projekt zakłada obsługę czterech wagonów pociągu logistycznego, co wynika z obecnego wyposażenia pociągu. Całkowita długość stacji pociągu wynosi 9,49 m i policzona została z wykorzystaniem następującego wzoru:

$$a = k(b + c) + d(k - 1) + 2e,$$

gdzie:

- a – długość całkowita stacji pociągu logistycznego,
- k – liczba wagonów pociągu logistycznego,
- b – długość platformy transportowej,
- c – dodatkowa długość równa 14 cm dla każdej platformy,
- d – odległość pomiędzy kolejnymi wagonami pociągu logistycznego,
- e – długość ogranicznika bocznego.

Oprócz wymiarów wagonów i platform transportowych, do każdej długości platformy dodano 10 cm, w celu bezproblemowego manipulowania platformami transportowymi w obszarze stacji pociągu logistycznego. Natomiast całkowita szerokość zaprojektowanej stacji pociągu logistycznego wynosi 6,4 m i została policzona z wykorzystaniem wzoru:

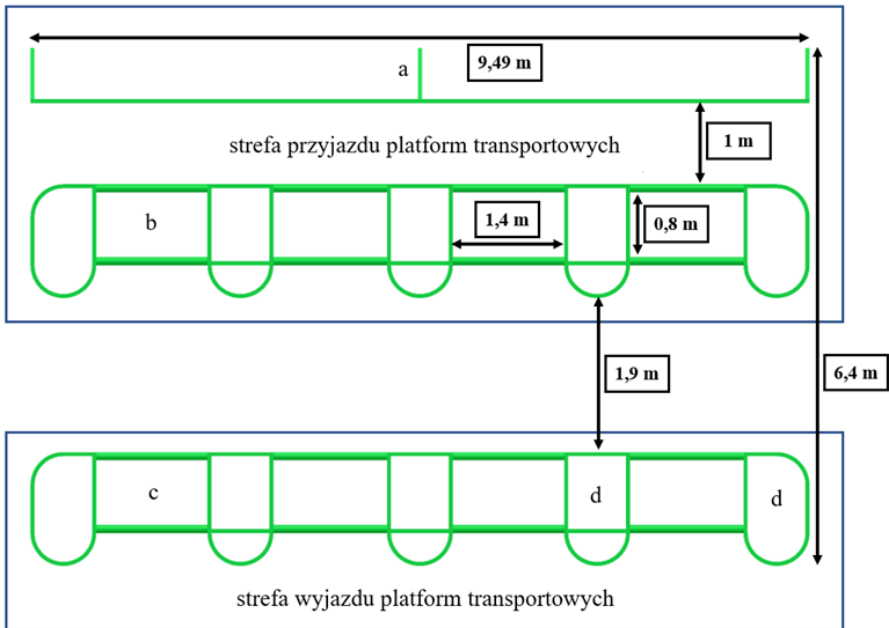
$$a = 3(b + c) + 2d + e + f + g,$$

gdzie:

- a – szerokość całkowita stacji pociągu logistycznego,
- b – szerokość platformy transportowej,
- c – dodatkowa długość równa 14 cm dla każdej platformy,
- d – szerokość dodatkowych półkoli ograniczających platformy,
- e – szerokość wagonu transportowego wraz z dodatkową szerokością dla wagonów transportowych,
- f – dodatkowa szerokość dla wagonów transportowych równa 70 cm,
- g – szerokość całkowita barierki zabezpieczającej.

Podobnie jak w przypadku obliczania długości stacji, do wyznaczenia jej szerokości również dodano dodatkową długość w celu swobodnego manipulowania. Ponadto, przyjęto dodatkową długość na swobodny przejazd wagonami transportującymi platformy.

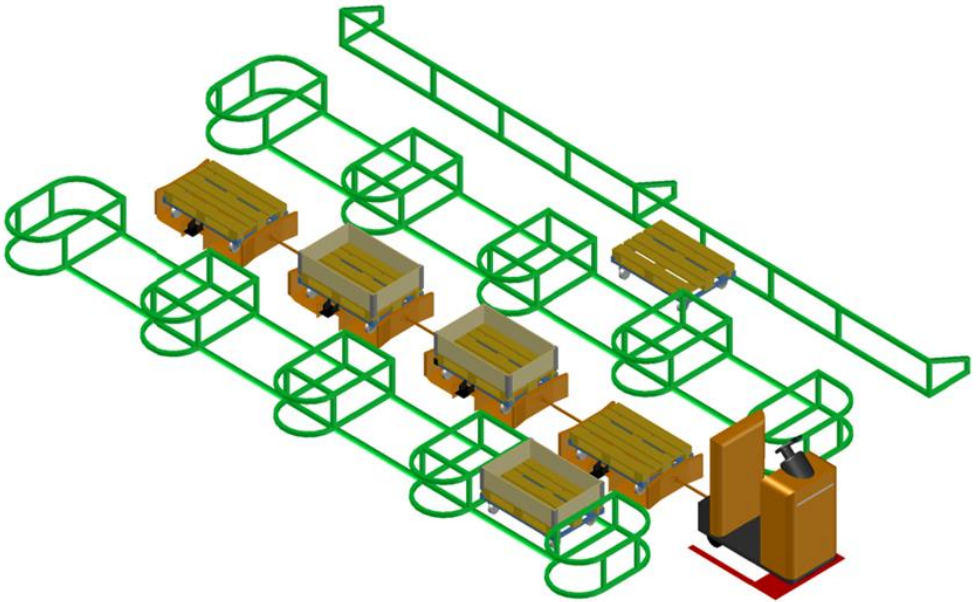
W zaprojektowanej infrastrukturze można wyróżnić strefę wyjazdu platform transportowych i strefę wjazdu. Widok z góry wraz z zaznaczonymi strefami przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Projekt stacji pociągu logistycznego - widok z góry

Źródło: opracowanie własne w programie AutoCAD.

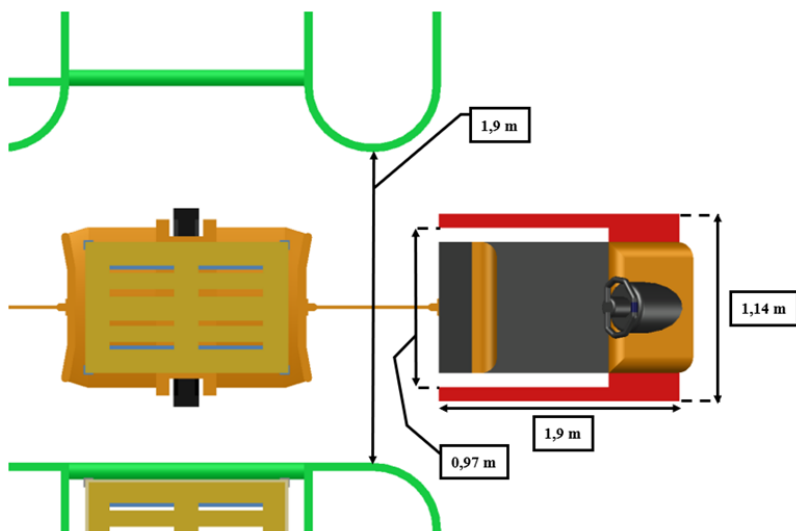
Na przedstawionym schemacie literą *a* oznaczono belkę zabezpieczającą platformy transportowe przed niekontrolowanym wyjazdem poza wyznaczony obszar. Ze względu na to, że wagony, które posiada przedsiębiorstwo, umożliwiają załadunek i rozładunek platform z obu stron, w projekcie wyróżniono strefę wyjazdu i strefę przyjazdu. W strefie wyjazdu platform transportowych pracownicy mogą je przygotowywać do transportu, czyli umieszczać w nich potrzebne na dane linie produkcyjne elementy. Przygotowana platforma znajduje się w polu odstawczym oznaczonym literą *c*. Pozostaje ona tam do przyjazdu pociągu i załadowania na wagon. Natomiast do strefy przyjazdu platform transportowych przepychane są platformy, które wracają puste z linii montażowych i będą oczekiwały na ponowne załadowanie. Taka organizacja stref umożliwi płynny obrót przygotowanymi i pustymi platformami transportowymi. Na krańcach konstrukcji oraz pomiędzy poszczególnymi polami odstawczymi zaplanowano ograniczniki, które są metalowymi konstrukcjami. Oznaczone zostały na rysunku literami *d*. Wyznaczają one przerwy pomiędzy poszczególnymi wejściami na platformy oraz fizycznie uniemożliwiają przesuwanie platform w niewłaściwych kierunkach. Na rysunku 7 zobrazowano stację pociągu logistycznego wraz z pociągiem logistycznym oraz platformami transportowymi.



Rys. 7. Stacja z pociągiem i platformami transportowymi

Źródło: opracowanie własne w programie AutoCAD.

W projekcie stacji założono do jej zbudowania wykorzystanie profili zamkniętych o wymiarach zewnętrznych 40x40mm. Dodatkowo, zaplanowano progi, które mają za zadanie ograniczać niechciane przemieszczanie platform transportowych na kołach. Projekt zakłada wykorzystanie oznaczenia podłogowego, którego zadaniem jest wskazanie operatorowi najlepszego miejsca na zatrzymanie pociągu logistycznego. Zasadę wykorzystywania tego elementu przez operatora pociągu logistycznego zaprezentowano na rysunku 8.



Rys. 8. Czerwona linia zatrzymania

Źródło: opracowanie własne w programie AutoCAD.

Operator pociągu logistycznego, podczas przejeżdżania przez stację powinien zatrzymać ciągnik holowniczy w wyznaczonym czerwonym obszarze. Ułożenie końca przedniego panelu pociągu logistycznego na końcu obszaru umożliwi ustawienie wagonów w odpowiednim miejscu i bezproblemową wymianę platform transportowych.

Podsumowanie

Zaprojektowana stacja pociągu logistycznego wykorzystywana może być przez pracowników przedsiębiorstwa jako infrastruktura wspomagająca pracę pociągu logistycznego.

Przed przystąpieniem do opracowywania projektu zebrano niezbędne dane do jego przygotowania, przeanalizowano w tym celu dokumentację techniczną urządzeń wykorzystywanych w przedsiębiorstwie. Kolejnym krokiem było opracowanie koncepcji stacji pociągu logistycznego z wykorzystaniem oprogramowania AutoCAD. Projekt został przygotowany z uwzględnieniem wymagań przedsiębiorstwa, które obejmowały materiał, z którego stacja mogłaby zostać wykonana. Ponadto w celu ułatwienia korzystania ze stacji pracownikom przygotowano oznaczenia podłogowe, które określają miejsce zatrzymania pociągu logistycznego. Tym samym,

pracownik może swobodnie dokonywać załadunku i rozładunku platform transportowych z wagonów.

Z uwagi na fakt, że transport wewnętrzny stanowi bardzo ważną część działalności operacyjnej przedsiębiorstw produkcyjnych, implementacja usprawnień w jego zakresie może przynieść znaczące korzyści pod względem lepszej organizacji produkcji, a tym samym wyższej konkurencyjności.

ORCID iD

Marta Jarocka: <https://orcid.org/0000-0002-2610-8007>

Literatura

1. Halusiak S., Uciński J. (2013), *Transport wewnętrzny: zagadnienia wybrane*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej.
2. Topolski M. (2018), *Zarządzanie inteligentnym transportem wewnętrznym poprzez komputerowe algorytmy probabilistyczne*, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe 19, s. 968-972.
3. Głodowska K., Świdorski A. (2019), *Istotność doboru technologii transportowej w zastosowaniu do optymalizacji procesu transportu wewnętrznego w strefie kompletacji*, Gospodarka Materiałowa i Logistyka 5, s. 8-14.
4. Abt S. (1998), *Zarządzanie logistyczne w przedsiębiorstwie*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
5. Karwasz A., Skuza D. (2019), *Improving Internal Transport*, Innovation, Engineering and Entrepreneurship, s. 391-397.
6. Internetowy katalog maszyn, <https://www.lectura-specs.pl/pl/model/wozki-podnosne-widlowe/traktor-holowniczy-987589-1-still/ltx-50-11706983>.
7. Instrukcja obsługi producenta LiftRunner, https://data.still.de/assets/products/Vehicles/Tugger_Trains/STILL_LiftRunner/pdfs/Tugger_train_B-Frame_DE_Manual.pdf?mod=1680011726&download=1&s=afa0251ceeef95a22941189bd3e5b083.
8. Bozer Y.A., Ciernoczołowski, D. D. (2013), *Performance evaluation of small-batch container delivery systems used in lean manufacturing—Part 1: system stability and distribution of container starts*, International Journal of Production Research 51 (2), s. 555-567.

Improving the organization of internal transport by using a logistics train station

Abstract

Internal transport is a key aspect of the functioning of manufacturing enterprises. Effective management ensures the continuity of production processes. One of the ways to improve the transport process within the company is to implement innovative technical solutions, such as logistics trains. Even though logistics train manufacturers consider them relatively easy to implement, there are situations of suboptimal use of these solutions. The aim of the work was to develop the concept of a logistics train station in the internal transport of a selected manufacturing company and to indicate the validity of its use. In the described case study, it was proposed to introduce an improvement in the form of implementing additional equipment to the existing logistics train system. This would result in a reduction in the average time needed for loading, transporting the finished product from the production hall to the warehouse and preparing empty packaging for transport from 145.70 s to 87.52 s. Therefore, the time necessary to perform the above-mentioned activities would be reduced by 40%.

Key words

logistic train, internal transport, logistic train station