

Honorata POTURAJ
Tadeusz LEWANDOWSKI*

PROCEDURA IDENTYFIKACJI OTOCZENIA W FAZIE PROJEKTOWANIA SYSTEMU TRANSPORTU WEWNĘTRZNEGO Z WYKORZYSTANIEM POJAZDÓW AGV

Słowa kluczowe: *systemy transportu wewnętrznego, pojazdy AGV, projektowanie systemu*

W pracy przedstawiono wytyczne do przeprowadzenia procedury identyfikacji otoczenia w fazie projektowania systemu transportu wewnętrznego z wykorzystaniem pojazdów AGV. Zaprezentowano autorskie narzędzia do prowadzenia procesu identyfikacji potrzeb, uwarunkowań i wymagań klienta, który przygotowuje wdrożenie systemu transportu z wykorzystaniem pojazdów AGV.

1. WSTĘP

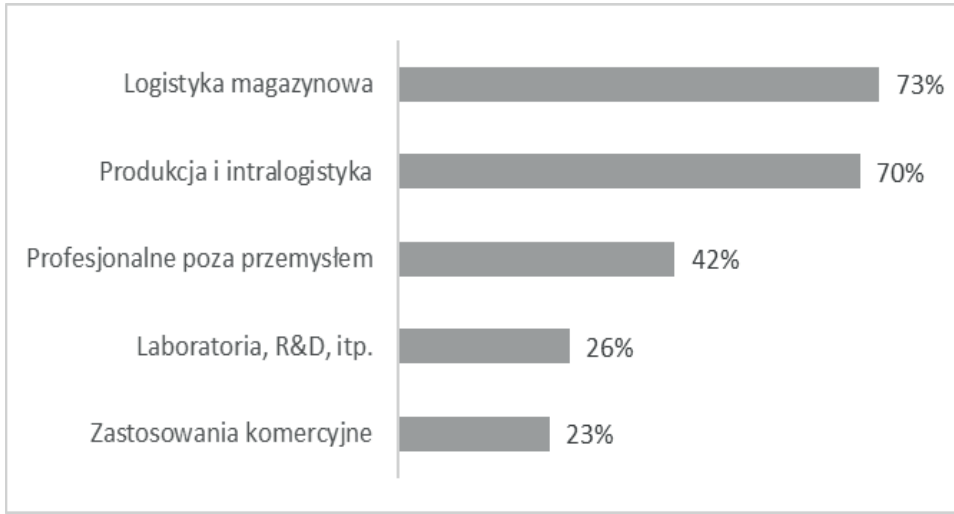
Jednym ze składników infrastruktury magazynu jest system transportu wewnętrznego, który ma istotny wpływ na jakość i czas przemieszczania towarów. Kształtuje on poziom wydajności oraz chroni materiały transportowane przed uszkodzeniem czy utratą wartości użytkowych.

Rodzaj systemu transportu wewnętrznego jest definiowany przez wchodzące w jego skład urządzenia oraz zabudowa, do których zaliczane są:

1. maszyny i urządzenia transportowe,
2. infrastruktura do składowania,
3. urządzenia pomocnicze.

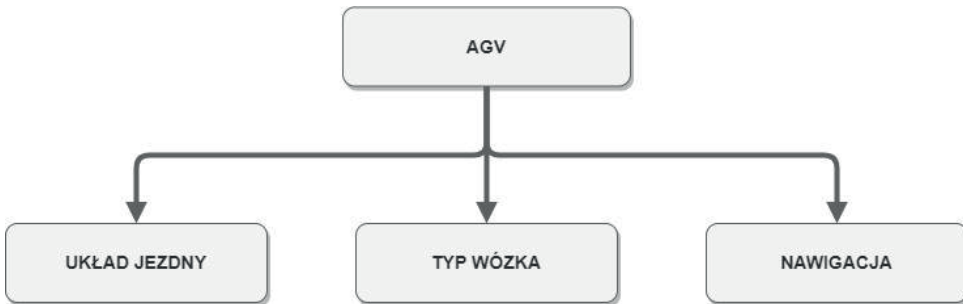
Wózki AGV klasyfikowane jako urządzenia transportowe. AGV (skrót od Automated Guided Vehicle), to zautomatyzowane kołowe pojazdy transportowe, poruszające się bez kierowcy lub operatora, są zazwyczaj zasilane bateryjnie, ich tor jazdy określany jest przez system nawigacji i prowadzenia. Z raportu „*Roboty współpracujące i mobilne roboty AGV*” [1] opracowanego przez magazyn APA oraz portal AutomatykaB2B.pl wynika, że systemy AGV są najczęściej wdrażane w logistyce magazynowej oraz produkcji. Na rys.1 przedstawiony jest wykres lokalizacji obszarów aplikacji AGV.

* Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław.



Rys. 1. Lokalizacje obszarów aplikacji AGV [1]
Fig. 1. Application areas of AGV [1]

Główne cechy charakterystyczne, które pozwalają na skategoryzowanie wózków AGV przedstawiono na rys.2.

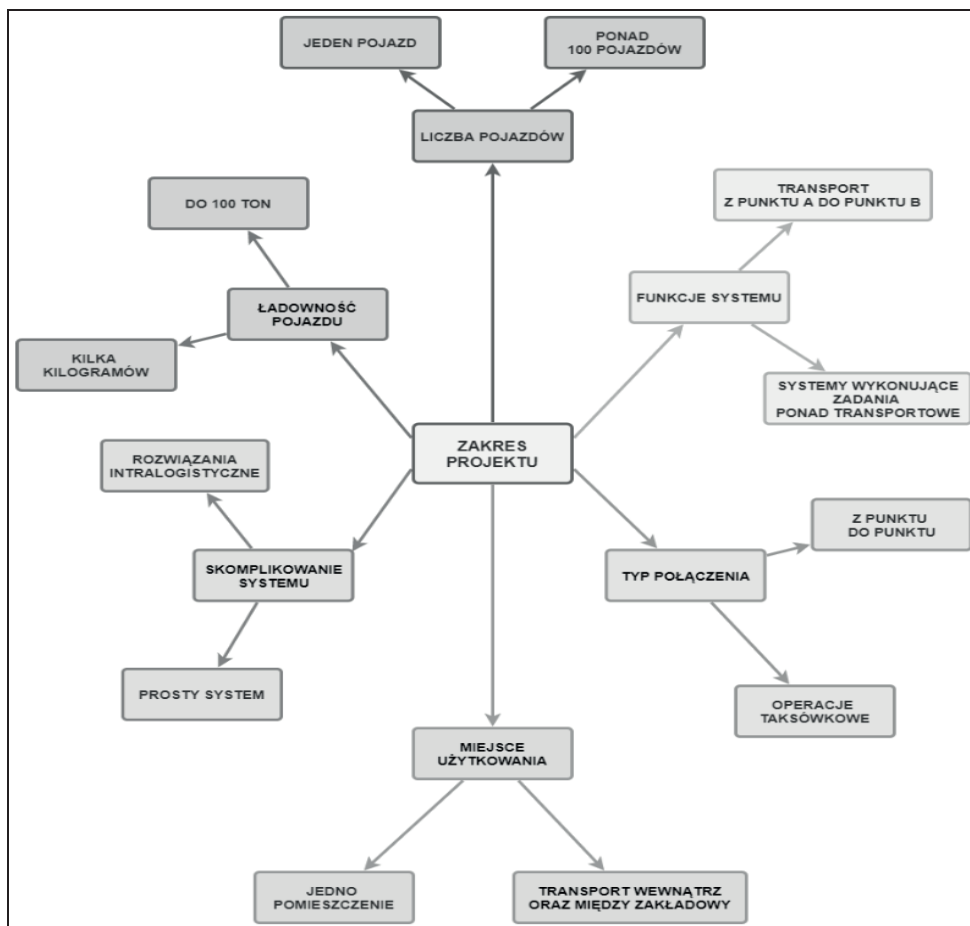


Rys. 2. Główne cechy charakteryzujące pojazdy AGV
Fig. 2. Main features of AGV

2. PROJEKTOWANIE SYSTEMU TRANSPORTU Z WYKORZYSTANIEM POJAZDÓW AGV

Planowanie i projektowanie systemu transportu z wykorzystaniem wózków AGV zostało szczegółowo opisane w wytycznych opracowanych przez Stowarzyszenie Inżynierów Niemieckich (VDI - Verein Deutscher Ingenieure) pt. „*Ganzheitliche Planung von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS)*” [2]. Zostały w nich uwzględnione wszystkie etapy życia systemu, od etapu planowania i projektowania do wycofania sprzętu z eksploatacji. Zakres projektu wprowadzenia systemu pojazdów automatycznych powinien uwzględniać wszystkie istotne czynniki i uwarunkowania mające

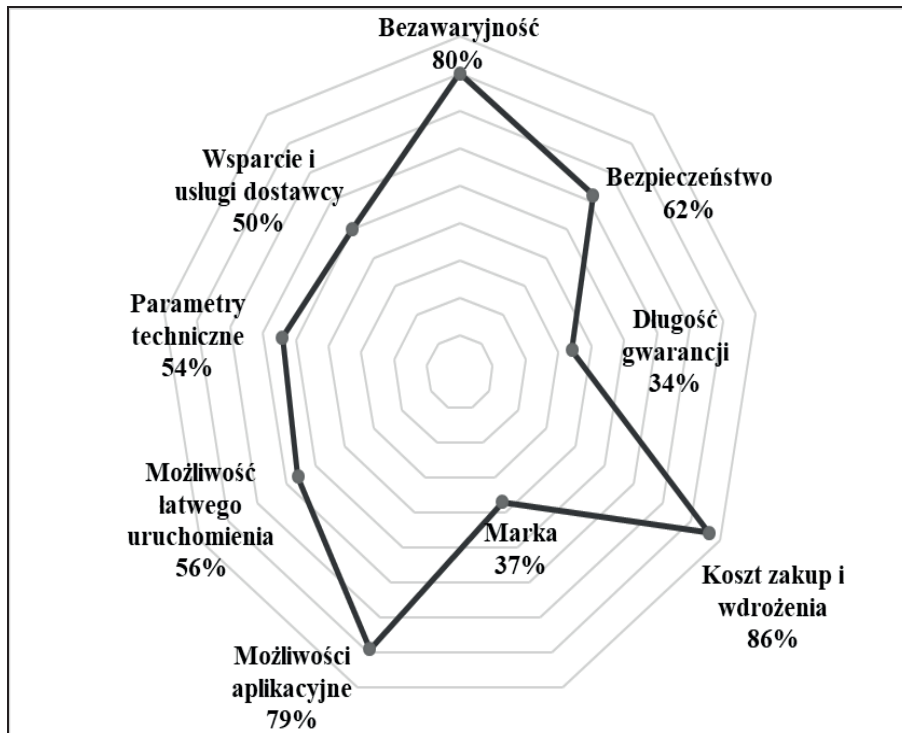
wpływ na instalację i eksploatację systemu. Rys.3 przedstawia jak szeroki może być zakres projektu w zależności od jego cech.



Rys. 3. Zakres projektu wdrożenia systemu AGV (opracowanie własne na podst. [3]).

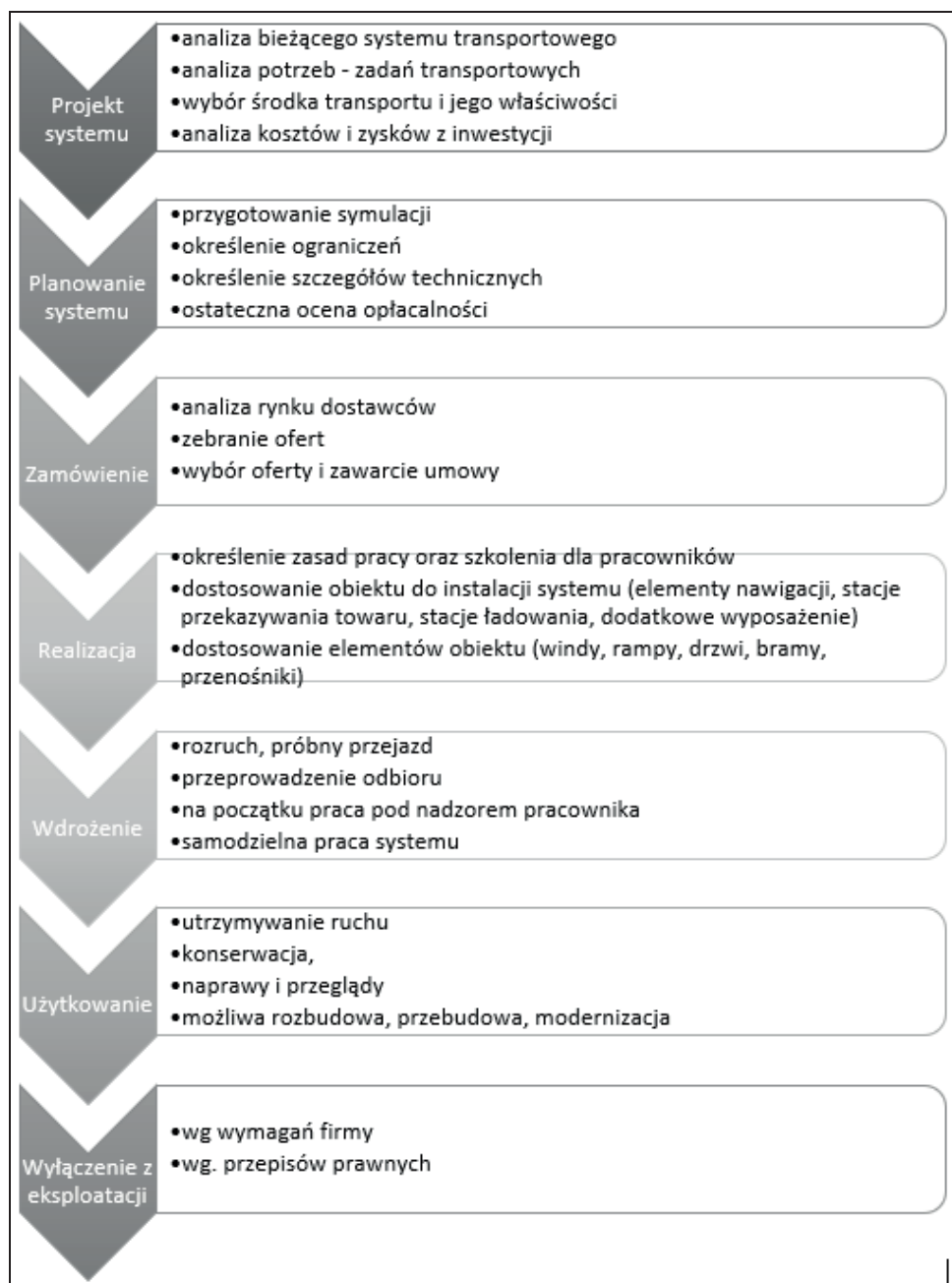
Fig. 3. Range of AGV implementation [3]

Raport „*Roboty współpracujące i mobilne roboty AGV*” prezentuje na jakie cechy zwracają uwagę potencjalni użytkownicy systemu AGV. Najważniejsze z nich to: bezawaryjność, możliwości aplikacyjne oraz koszt zakupu i wdrożenia. Ważę tych cech prezentuje wykres przedstawiony na rys.4.



Rys. 4. Waga cech systemu AGV dla jego potencjalnych użytkowników [1].
Fig. 4. Importance of the features of AGV system for their potential users [1].

Ze względu na możliwości systemu pojazdów autonomicznych istotnym jest, aby proces ich wprowadzania był prawidłowo i systemowo zaplanowany. Istotna jest analiza stanu bieżącego, celu, który ma zostać osiągnięty oraz planów rozwoju. Schemat zamieszczony na rys.5 przedstawia poszczególne etapy instalacji systemu pojazdów autonomicznych.



Rys. 5. Procedura wprowadzania systemu transportu z wykorzystaniem wózków AGV
 Fig. 5. Procedure of introducing a transport system with AGV vehicles

System transportu wewnętrznego z wykorzystaniem pojazdów autonomicznych jest zależny od wielu elementów i procesów, które już funkcjonują w przedsiębiorstwie, a po zainstalowaniu wywiera na nie istotny wpływ. Z tego powodu nie istnieją dwa identyczne projekty systemów, nawet jeżeli jest to kolejny realizowany projekt. Rozwój technologii, nowe sposoby nawigacji czy rosnąca integracja systemu transportowego z systemem zarządzania sprawiają, że projekt wdrożenia takiego systemu jest praktycznym wieloaspektowym zadaniem, który podkreśla znaczenie umiejętnego planowania.

3. IDENTYFIKACJA OTOCZENIA W PROCESIE PROJEKTOWANIA SYSTEMU TRANSPORTOWEGO Z WYKORZYSTANIEM WÓZKÓW AGV – „AGV CHECKLIST”

Przeprowadzenie identyfikacji potrzeb, uwarunkowań i wymagań na etapie projektowania systemu transportu wewnętrznego z wykorzystaniem pojazdów AGV można zrealizować z wykorzystaniem opracowanej przez autorów (na bazie uregulowań VDI 2510) interaktywnej listy kontrolnej – AGV-CHECKLIST. Narzędzie funkcjonuje w środowisku arkusza kalkulacyjnego.

Wytyczna VDI 2510 zawiera obszerny przegląd technologii oraz terminologii, dzięki czemu możliwa jest bezproblemowa komunikacja pomiędzy operatorami, producentami czy technologami. Lista kontrolna jako podstawa planowania i uruchomienia projektu określa konieczne elementy i zapewnia, że projekt koncepcyjny będzie kompletny, pomaga określić sytuację początkową i może być wykorzystana jako argumentacja podczas wystąpienia nieprawidłowości lub awarii wynikających ze zmodyfikowania danych początkowych. Dokładna analiza przyszłego środowiska pracy pojazdu AGV pozwala na dobranie odpowiedniego sprzętu, który będzie funkcjonował wydajnie i bez zakłóceń.

Lista kontrolna składa się z 9 części. Zawiera szczegółowe pytania dotyczące obszarów, które podlegają analizie podczas planowania i wdrożenia systemu AGV.

Etapami przeprowadzania identyfikacji z wykorzystaniem tej metody są:

1. Identyfikacja potrzeb klienta oraz ogólny opis projektu - zebranie informacji o kliencie (firma, w której system zostanie zainstalowany) oraz projekcie. Istotne jest na tym etapie zdefiniowanie, czy AGV będą instalowane w firmie po raz pierwszy, czy jest to rozbudowa już istniejącego systemu.
2. Identyfikacja zadań transportowych - kolejna część listy kontrolnej, która zawiera szczegółowe pytania dotyczące: transportowanego ładunku, sposobie składowania ładunku oraz jednostkach transportowych. W przedsiębiorstwie może być transportowanych wiele rodzajów ładunków, które będą się różniły gabarytami, stanem skupienia, typem wyposażenia dodatkowego koniecznego do transportu lub specjalnymi wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa. Podczas wypełniania listy kontrolnej należy pamiętać, aby ten fragment powielić dla wszystkich

transportowanych typów ładunków. Arkusz procesu identyfikacji zadań transportowych dla systemu AGV przedstawiono na rys.6.

3. Identyfikacja sposobu transportu ładunku - pozwala opisać w jaki sposób ładunek jest przenoszony, czy jest to zmechanizowane czy konieczna jest operacja ręczna. Określa się również kierunek przenoszenia obciążenia w stosunku do stacji, na jakiej wysokości jest ono przechowywane, z jakiej wysokości musi zostać podjęte oraz gdzie ma być przetransportowane.

4. Material to be conveyed, loading aid and unit load			
(One check list is for one material to be conveyed or one loading aid)			
Name of material to be conveyed:			
Designation of material to be conveyed:			
Description:			
Characteristics:	Liquid	<input type="checkbox"/>	Fragile
	Increased temperature of the material	<input type="checkbox"/>	
	Central position of centre of gravity	<input type="checkbox"/>	Critical position of centre of gravity
	Tendency to tilting	<input type="checkbox"/>	Tendency to slipping
Dimensions:	Length: _____ mm	Width: _____ mm	
	Mass: _____ [kg/piece]		
Securing of material required:	<input type="checkbox"/>		
Special requirements:			
Loading aid:	Material conveyed without loading aid? <input type="checkbox"/>		
	Material conveyed using loading aid? <input type="checkbox"/>		
Type of loading aid:	Transport frame	<input type="checkbox"/>	Vessel
	Euro pallet 1200mm x 800mm	<input type="checkbox"/>	Rack
	Industrial pallet 1200mm x 1000mm	<input type="checkbox"/>	Crate
	Container with level bottom	<input type="checkbox"/>	Pallet
	Cage pallet/transport box	<input type="checkbox"/>	
Others:			
Description of loading aid (sketch, if required):			
Characteristics of loading aid:	Stackable	<input type="checkbox"/>	Suitable for roller conveyor
	Can be picked up by fork?	<input type="checkbox"/>	Unit load needs securing?
Dimension of loading aid:	Length: _____ mm	Width: _____ mm	
	Mass: _____ [kg/piece]		
Unit load/transport unit:	One unit load consists of _____ x material to be conveyed per loading aid.		
	One transport unit consists of _____ x unit load.		
	Material for securing unit load available?	<input type="checkbox"/>	

Rys. 6. Arkusz procesu identyfikacji zadań transportowych dla systemu AGV

Fig. 6. Transport tasks identification process sheet for the AGV system

4. Identyfikacja przestrzeni transportowej - ta część listy kontrolnej dotyczy layoutu pomieszczeń, po których wózki AGV będą się przemieszczać. Trzeba tutaj określić liczbę stacji przeładunku, ładownia czy postoju, trasy przejazdu wózków tj. np. przez ile pomieszczeń będą przejeżdżać, czy konieczny jest wjazd do piwnicy, czy będą przemieszczać się za pomocą windy oraz jakie drzwi czy blokady drogi pojazd będzie musiał pokonać. Ważne jest również zachowanie tej minimalnej ścieżki transportowej na odcinkach prostych i w łukach. Również istotny jest opis przeszkód na drodze transportowej, ponieważ ma wpływ na projekt nadwozia oraz wybór sposobu nawigacji. Arkusz procesu identyfikacji przestrzeni transportowej dla systemu AGV przedstawiono na rys.7.

6. Layout	
True-to-scale layout drawing must be attach. Column grids and other structural restrictions must be included.	
Number of stations:	Load-change stations _____ off
	Work stations _____ off
	Waiting stations _____ off
	Charging stations _____ off
	Service stations _____ off
Course across workshop halls	Number of halls to be crossed _____ off
	Basement available _____
Course covering several storeys	Number of storeys to be travelled on _____ off
	Storeys connected by vertical conveyors _____
	Storeys connected by lifts _____
Transport paths	Maximum inclinations _____ %
	Path lengths with inclinations _____ m
	Minimum path width on _____
	• straight lines _____ mm
	• in curves _____ mm
Use of paths	_____ by emergency medical services
	_____ by the fire brigade
Ground obstacles along the course	_____ expansion joints _____ rails
	_____ duct and manhole covers _____ conducting lines
	Detailed information on ground obstacles:
Rolling shutters, sliding doors, swing doors, fire doors	number _____ off
	minimum door width _____ mm
	minimum door height _____ mm
	Are rails being crossed? <input type="checkbox"/>
	minimum distance in front of the door _____ mm
Lifts, vertical conveyors	lift/vert. conveyor suitable for AGVS <input type="checkbox"/>
	minimum lift width _____ mm
	minimum lift height _____ mm
	minimum lift/clearance height _____ mm
	maximum permissible load capacity _____ kg
AGV driving modes possible inside lifts, vertical conveyors	drive-trough modes <input type="checkbox"/>
	reversing mode <input type="checkbox"/>
Safety aspects, critical areas should be marked in the layout:	Safeguarding of these areas by means of:
	_____ technical measures
	_____ warning devices
	_____ special measures required (to be agreed with employers' liability insurance association and labour inspectorate):
Charging stations, positions are marked in the layout	Number of stations: _____
	Other information: _____

Rys. 7. Arkusz procesu identyfikacji przestrzeni transportowej dla systemu AGV

Fig. 7. Layout identification process sheet for the AGV system

5. Identyfikacja przepływów ładunku – w części listy poświęconej przepływowi ładunków istotny jest opis wymaganego typu transportu, np. wózki AGV mogą odpowiadać tylko za przewożenie elementów, ale mogą również uczestniczyć w kompletacji zamówień gdzie będą odpowiadały za przepływ linii.
6. Identyfikacja możliwych źródeł zasilania – część listy dotycząca możliwości zasilania wózków AGV
7. Identyfikacja możliwych systemów nawigacji – zebranie danych umożliwiających wybór sposobu nawigacji, pozycjonowania oraz kontroli wózka. Informacje zbierane podczas uzupełniania tej części dotyczą również instalacji systemu komunikowania się pojazdów ze stacjami czy systemem zarządzającym zamówieniami. Arkusz procesu identyfikacji systemu nawigacji dla pojazdów AGV przedstawiono na rys. 8.

9. Control				
Vehicle navigation	laser-guided navigation		magnetic navigation	
	magnetic spot navigation		contour navigation	
	inductive line guidance		optical line guidance	
Positioning	Magnet		Photocell	
	Transponder		Other:	
Accuracy of positioning	along _____ mm	across _____ mm		
	maximum distance to external stations _____ mm			
Control system	automatic		semi-automatic	PLC
Host computer	by the customer		by Metroplan	
AGV connection	radio control		light barrier	
Connection with station	radio control		data cable	light barrier
Order management	central by host computer		central by control panel	
	local by control panel		control panel on AGV	
	call button, sensor			
Connection with host computer	ERP system		Network	
	Own system		Desired system:	_____

Rys. 8. Arkusz procesu identyfikacji systemu nawigacji dla pojazdów AGV

Fig. 8. Navigation system identification process sheet for the AGV system

8. Identyfikacja środowiska pracy – wilgotność powietrza, temperatura, zanieczyszczenia w powietrzu czy na podłożu mają istotny wpływ na pracę pojazdu autonomicznego. Do tych warunków muszą być dostosowane parametry techniczne pojazdu, aby podczas jego pracy nie dochodziło do zakłóceń czy nieprzewidzianych awarii. Istotnym jest, aby parametry otoczenia zostały dokładnie zidentyfikowane, ponieważ daje to możliwość dostosowania elementów pojazdu do faktycznych warunków środowiskowych.
9. Wymagania dodatkowe – ostatni element listy kontrolnej jest miejscem na wpisanie dodatkowych wymagań bezpieczeństwa, które nie zostały wzięte pod uwagę podczas analizy poprzednich obszarów. Dodatkowe zasady mogą wynikać ze

specyfikacji firmy, posiadanego ubezpieczenia czy przyjętych przez pracowników standardów.

4. PODSUMOWANIE

Automatyzacja w transporcie wewnętrznym to dynamicznie rozwijający się obszar wprowadzanych w przedsiębiorstwach innowacji. Szybkie tempo rozwoju nowych technik i technologii sprawia, że pomimo coraz powszechniejszego ich stosowania wciąż brakuje dokumentów normalizacyjnych i standaryzujących. Brak zdefiniowanych ścieżek postępowania sprawia, że proces wdrażania nowych rozwiązań wydłuża się a wybrany system może nie spełnić oczekiwań. Poważnym zagrożeniem są również zakłócenia pracy systemu, które mogą wynikać z braku analizy danego zagadnienia podczas jego projektowania. Propozycja wprowadzenia narzędzi porządkujących proces identyfikacji oraz badania otoczenia w fazie planowania i projektowania systemu transportowego z wykorzystaniem pojazdów AGV przedstawiona w niniejszej pracy jest próbą uporządkowania procedur i eliminacji błędów projektowych.

LITERATURA

- [1] AutomatykaB2B, APA, *Roboty współpracujące i mobilne roboty AGV*. (Raport z rynku, 23.05.2019)
- [2] Verein Deutscher Ingenieure, VDI 2510: *Fahrerlose Transportsysteme (FTS)*, Berlin : Beuth, 2005
- [3] GUNTER ULLRICH, *Automated Guided Vehicle Systems A Primer with Practical Applications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

GUIDELINES WHICH ARE USED IN ENVIRONMENT IDENTIFICATION DURING DESIGN PHASE OF AGV SYSTEM PROJECT IN INTERNAL TRANSPORT

Key words: *internal transport system, AGV Vehicles , system design*

The article presents guidelines, which are used in environment identification during design of AGV system in internal transport. We presented proprietary tools for the process of identifying the needs, conditions and requirements of the client, which prepare the implementation of the AGV transport system.

Corresponding author:
e-mail: honorata.poturaj@gmail.com