

# ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA SYSTEMU RFID (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION) W USPRAWNIENIU ZARZĄDZANIA WYBRANYM MAGAZYNEM PRZEMYSŁOWYM

Jan SZYMSZAL, Joanna FURMAN, Grzegorz KACZMARCZYK

**Streszczenie:** Skuteczny system automatycznej identyfikacji ma kluczowe znaczenia dla każdego przedsiębiorstwa produkcyjnego. Do najnowszych systemów umożliwiających identyfikację przedmiotów w sposób całkowicie zautomatyzowany należy technologia identyfikacji radiowej w skrócie RFID (ang: *Radio Frequency Identification*), która jest w stanie zapewnić pełną automatyzację odczytu danych o produktach bez konieczności bezpośredniego do nich dostępu. W artykule przedstawiono wyniki analizy możliwości wykorzystania specjalnie zaprojektowanego systemu identyfikacji radiowej w wybranym magazynie przedsiębiorstwa produkcyjnego.

**Słowa kluczowe:** system automatycznej identyfikacji radiowej, RFID, logistyka

## 1. Wprowadzenie

Współcześnie istnieje wiele w pełni zautomatyzowanych systemów wykorzystywanych w procesie identyfikacji przedmiotów (surowców, wyrobów itd.). Od niedawna wdrażana jest nowa - w zastosowaniach logistycznych - technologia, a mianowicie *Radio Frequency Identification* (RFID), która jest w stanie zapewnić pełną automatyzację odczytu danych o produktach bez konieczności bezpośredniego do nich dostępu. Poniżej przedstawiono wyniki szczegółowej analizy możliwości wykorzystania specjalnie zaprojektowanego systemu identyfikacji radiowej (RFID) w wybranym magazynie nowoczesnego przedsiębiorstwa produkcyjnego, umożliwiającego identyfikację na odległość. Analiza wdrożenia systemu RFID przeprowadzona zostanie pod względem wielkości kosztów, wymogów stawianych firmom chcącym wdrożyć system, etapów wdrażania systemu, niezbędnego wyposażenia sprzętowego, możliwości zastosowania systemu oraz procesów zachodzących podczas wymiany danych. Przeprowadzona przykładowa analiza ma na celu zapoznanie przedsiębiorców z nowoczesnymi rozwiązaniami informatycznymi, obiektywne przedstawienie wad i zalet korzystania z tej technologii. Zaproponowany system powinien wspomagać czynności związane z kompletacją i wysyłką wyrobów do odbiorcy finalnego. W przypadku ograniczonej przestrzeni składowania, zadaniem systemu będzie zoptymalizowanie i zaplanowanie powierzchni składowania tak, żeby proces pobierania towaru był sprawny, a powierzchnia magazynowa wykorzystana w optymalnym stopniu.

## 2. Systemy automatycznej identyfikacji i gromadzenia danych

Magazyn jest jednym z najważniejszych elementów w działalności przedsiębiorstw, lecz, jak wykazuje praktyka problemy w funkcjonowaniu magazynów oraz mnogość i różnorodność zachodzących w nim procesów są często niezauważane lub bagatelizowane.

Aby usprawnić gospodarkę magazynową zaleca się wykorzystanie nowoczesnych rozwiązań informatycznych. Jednym z nich jest tzw. Magazynowy System Informatyczny, w skrócie MSI lub WMS (ang.: *Warehouse Management System*) [1,2].

W systemach wspomagających zarządzanie magazynem wykorzystuje się zróżnicowane techniki automatycznego gromadzenia danych (ADC) bazujące na technikach optycznych (kody kreskowe, rozpoznawanie znaków graficznych, pisma i obrazów), techniki magnetyczne (taśmy magnetyczne i karty z paskiem magnetycznym), techniki elektromagnetyczne (identyfikacja radiowa - RFID), techniki biometryczne (rozpoznawanie głosu, odcisków palców czy tęczy oka), techniki dotykowe (ekrany) oraz karty inteligentne.

Interesujący nas system RFID jest zsynchronizowany z wszelkimi urządzeniami niezbędnymi do wykorzystania nowoczesnych standardów identyfikacji GS1 [1,3,10], będącym międzynarodową instytucją *non-profit*, wywodzącą się z dwóch odrębnych organizmów: Amerykańskiej Instytucji UPC, założonej w 1973 r., która była początkiem dla obecnego systemu kodów kreskowych oraz Europejskiego odpowiednika - EAN, założonego w 1976 r. Po połączeniu obu tych przedsięwzięć (1995 r.) dnia 27 lutego 2007 r. nazwa kodów kreskowych znanych jako *Reduced Space Symbology* została zmieniona na GS1 DataBar (ang: *Global Standard One*) i obowiązuje do dziś.

Zadaniem GS1 DataBar jest nadawanie unikalnych międzybranżowych oznaczeń kodowych. Standardy tworzone przez instytucję umożliwiają bezpieczny przesył wszelkich materiałów czy informacji oraz bezproblemową wymianę dóbr między firmami. Obecnie GS1 DataBar stosuje dwa rodzaje standardów identyfikacyjnych [1,4,8,9], a mianowicie globalne numery identyfikacyjne w sposób unikalny rejestrujące wszelkie ruchy materiałowe oraz identyfikatory zastosowania służące do precyzyjnego opisu produkowanej czy dystrybuowanej jednostki, takie jak np. data ważności czy numer serii produkcyjnej.

System wykorzystujący GS1 DataBar umożliwia sprawne zarządzanie łańcuchem dostaw na skalę globalną bez względu na branżę. Jest w stanie zidentyfikować każdy prawidłowo oznaczony materiał niezależnie od tego, w jakie opakowanie zbiorcze został wyposażony. Stosowanie międzynarodowego systemu kodowania likwiduje bariery i ułatwia międzynarodową współpracę i wymianę towarów [5]. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że kody kreskowe GS1 DataBar nie mają na celu całkowitego zastąpienia aktualnie stosowanych kodów EAN/UPC, gdyż decyzja o wdrożeniu nowej symboliki leży wyłącznie w gestii poszczególnych przedsiębiorstw. Wprowadzenie nowej symboliki przystosowuje jednak przedsiębiorstwo do współpracy z wykorzystaniem bardzo nowoczesnej technologii z Elektronicznym Kodem Produktu EPC (ang.: *Electronic Product Code*), nazywanym radiowym kodem kreskowym (lub kodem kreskowym następnej generacji) [1,6,8].

Podstawowym elementem systemu ADC jest oczywiście kod kreskowy, który może występować w różnej postaci graficznej. Może mieć formę jednowymiarową, wielowymiarową lub 3D. Najpopularniejszy jest jednak wzór jednowymiarowy o postaci równoległych czarnych i białych kresek o różnej długości i grubości z przypisanymi u dołu cyframi. Do tych najczęściej używanych zalicza się [1]:

- **EAN 13** - wykorzystujący cyfry od 0 do 9. Kod rozpoczyna się od znaku startu i kończy na jednej cyfrze kończącej. Między kodami producenta i produktu znajduje się znak rozdzielający. Kod EAN składa się z kilku grup cyfr, które mają zakodowane stałe funkcje.
- **EAN 8** - jest to skrócona wersja EAN 13. Jak sama nazwa mówi składa się z 8 cyfr.

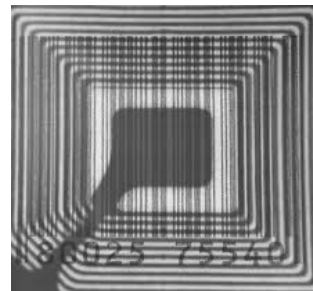
- **UPC-A** i jego skrócona wersja **UPC-E**, wykorzystywane w USA i Kanadzie. Obecnie coraz rzadziej. Te kraje odchodzą od kodów UPC na rzecz EAN 13.
- **ITF-14** i **GS1-128** wykorzystywane do opakowań zbiorczych, oraz wspomniane wcześniej nowoczesne kody:
- **GS1 DataBar**, **Data Matrix** oraz **Symboliki Złożone**, stosowane na opakowaniach o bardzo małej powierzchni, np., strzykawki.

Kody kreskowe mają bardzo szerokie zastosowanie przede wszystkim w logistyce i łańcuchu dostaw. Wynika to z ich wielu zalet, spośród których najważniejsze to [1]: skanowanie na raz tylko jednego kodu, istotne zmniejszenie powstania ryzyka popełnienia błędów, możliwość szybkiej aktualizacji danych, lepsza obsługa klienta, co się wiąże z lepszą jakością usług, możliwość działań optymalizacyjnych w gospodarce magazynowej poprzez racjonalne i optymalne wykorzystanie przestrzeni, zwiększenie wydajności pracy, szybsza realizacja wysyłek, wydatne skrócenie czasu inwentaryzacji. Niestety, wykorzystując systemy ADC oparte jedynie na kodach kreskowych nie eliminuje się całkowicie możliwości popełnienia błędu. Stwierdzono również dość dużą czaso- i pracochłonność oraz niska estetykę etykiet i małą ich wytrzymałość jak również niedogodności wynikające z potrzebnej płaskiej powierzchni przeznaczonej do jej umieszczenia. Każde zagięcie lub zabrudzenie etykiety może doprowadzić do uniemożliwienia odczytania kodu. Nie bez znaczenia jest również wymóg bezpośredniego kontaktu z etykietą podczas skanowania.

Do znacznie lepszych rozwiązań, którymi można wykorzystywać w technologiach ADC, za pomocą których można z powodzeniem wyeliminować wszystkie wyżej wymienione wady zastosowania kodów kreskowych, należy system RFID, który ma wiele wspólnego z kodami kreskowymi lecz wyprzedza je zarówno pod względem technologicznym, jak i pod względem możliwości zastosowania. Historia systemu sięga II wojny światowej, w czasie trwania której, fale radiowe wykorzystywano do rozpoznawania wrogich samolotów. Dziś RFID stosuje się przede wszystkim w handlu i przemyśle [1,7,8,9,10].

System RFID korzysta z unikalnego Elektronicznego Kodu Produktu (EPC) który jest niepowtarzalny na poziomie pojedynczej sztuki towaru. W przypadku kodów kreskowych unikalny numer określa grupę/serię towarów. Numer EPC (96 bitowy) składa się z *Nagłówka*, *Numeru Głównego Menedżera* (unikalnego, identyfikującego firmę), *Klasy Obiektu* (identyfikującego typ znakowanego przedmiotu, unikatowego w zakresie danej firmy), *Numeru Seryjnego* (unikatowego dla *Klasy Obiektu*) [1,3].

W skład systemu RFID potrzebne jest wiele elementów i urządzeń. Do najmniejszych, ale zarazem jednych z najważniejszych elementów, których zadaniem jest emitowanie bądź odbijanie fal radiowych wysyłanych przez skaner należą etykiety lub transpondery, które zawierające miniaturowe tagi radiowe. Odbita lub emitowana fala zawiera unikalny kod znacznika. Na etykietach mogą być zapisywane w dowolnym momencie dane w postaci jawnej lub/i zakodowanej. W przypadku etykiet wielokrotnego użytku dane te można kasować i ponownie zapisywać, nawet do wielu tysięcy razy. Wygląd etykiet wykorzystywanych w systemach RFID przypomina wygląd papierowej etykiety z kodem kreskowym. Często te dwie technologie działają razem (rys. 1). Etykieta może zawierać elektroniczny tag i nadrukowany numer seryjny [14,15]. Aby dane znalazły się na etykiecie trzeba je najpierw zakodować i wydrukować, do czego służy drukarka RFID [12].



Rys. 1. Etykieta RFID [14]

Obecnie wykorzystuje się trzy typy tagów radiowych [1,13]:

- pasywne - czyli etykiety nie zawierające własnego źródła zasilania. Ich zadaniem jest odbicie fali emitowanej przez urządzenie odczytujące. Tagi te zawierają w sobie Elektroniczny Kod Produktu oraz małą antenę. Fala elektromagnetyczna jest odbijana w postaci energii elektrycznej i wysłana do czytnika. Tagi pasywne dzięki mało skomplikowanej budowie mogą zachować niewielkie rozmiary oraz są stosunkowo tanie. Ich niewielki rozmiar spowodowany brakiem wbudowanej baterii i małą anteną skutkuje niestety ograniczonym zasięgiem odczytu. Jeśli w otoczeniu znajduje się wiele urządzeń elektronicznych, które pracują na podobnych częstotliwościach może również dojść do zakłóceń i błędów w odczycie.
- aktywne - etykiety kilkukrotnie droższe od opisanych wcześniej etykiet pasywnych. Ich działanie polega na emisji własnego sygnału radiowego dzięki załączonej do każdej baterii. Zasięg etykiet aktywnych może wynieść nawet kilkadziesiąt metrów, natomiast ich rozmiar ogranicza ich używanie jedynie do ładunków wielkogabarytowych (np. kontenerów oceanicznych).
- półpasywne - twórcy systemu próbując znaleźć złoty środek pomiędzy etykietami pasywnymi i aktywnymi zaproponowali tagi, które posiadają cechy obu etykiet. Mała waga, niewielki rozmiar oraz wbudowana bateria zwiększająca zasięg odczytu powodują, że mogą być stosowane praktycznie w każdej branży.

Największą popularnością jednak, cieszą się wciąż pasywne tagi radiowe, przede wszystkim ze względu na niewielkie koszty.

Na zasięg odczytu etykiet radiowych duży wpływ ma częstotliwość, na jakiej pracują. Wysokie częstotliwości odbijają się od przeszkód na swojej drodze, ale korzystnie wpływają na zasięg odczytu. Niska częstotliwość natomiast mogą być zakłócone przez inne urządzenia (telefony komórkowe) a zasięg ich odczytu jest mocno ograniczony.

W systemach RFID wykorzystuje się obecnie: systemy mikrofalowe pracujące na częstotliwości 2,45 GHz, systemy HF (*High Frequency*) pracujące na częstotliwości 13,56 MHz oraz systemy LF (*Low Frequency*) pracujące na częstotliwości 125 – 134 kHz. Obecnie coraz częściej wykorzystuje się tagi radiowe pracujące na częstotliwości od 966 do 956 MHz, które stanowią pewnego rodzaju kompromis pomiędzy zasięgiem odczytu, a przenikalnością fal radiowych, pozwalające na odczyt nawet z odległości ok. 5 m [13].

Bardzo istotnym elementem RFID jest urządzenie, które przesyła odczytane z tagów dane do systemu. Wykorzystuje się tutaj zarówno skanery przenośne ręczne (mobilne) lub stacjonarne (obsługiwane przez pracownika), mobilne (stosowane przy wózkach widłowych) oraz mające największe zastosowanie czytniki stacjonarne (w postaci bram przy wlotach i wylotach magazynu), które mogą odbierać sygnał od kilkuset tagów jednocześnie, przetwarzać je i wysyłać do systemu oraz mają możliwość wzbudzenia i uśpienia transpondera.

W uproszczeniu, proces działania systemu RFID ujmuje się najczęściej w trzech etapach:

1. Odczytanie elektronicznego kodu produktu przez czytnik RFID i przesłanie do tzw. *Middleware*.
2. Uzyskanie informacji o produkcie poprzez ONS (ang: *Online Naming Service*) przez *Middleware*, który stanowi pewnego rodzaju złącze (interface) pomiędzy czytnikiem RFID a systemem użytkownika, gdyż zarządza przepływem informacji w sieci EPC.

3. Przekazanie informacji za pomocą *Middleware do systemu użytkownika*.

### 3. Propozycja wykorzystanie systemu RFID w zarządzaniu wybranym magazynem

W badaniach własnych przedstawiono propozycję wykorzystanie nowoczesnego systemu RFID w magazynie dużej firmy zajmującej się produkcją wyrobów branży tekstylnej.

Obecnie w skład firmy wchodzi dwa oddzielne zakłady produkcyjne, przy czym w każdym z nich wytwarza się inną część asortymentu. Przedsiębiorstwo posiada również dwa sklepy firmowe znajdujące się odpowiednio przy zakładach. Dostawcy surowców wybierani są przede wszystkim pod względem jakości dostarczanych produktów, jak również ceny. Firma zaopatruje się u rodzimych dostawców oraz u dostawców zagranicznych, których wyroby są często znacznie wyższej jakości. Firma zaopatruje się w tkaninę najczęściej na rynku azjatyckim, gdyż jak stwierdzono surowiec ten posiada bardzo wysokie walory estetyczne i odpowiednią trwałość.

Od początku przedsiębiorstwo prężnie się rozwija i kładzie nacisk na nowe technologie. Inwestuje w pracowników oraz rozbudowę parku maszynowego. Na tę chwilę hala produkcyjna jest w znacznej mierze zautomatyzowana, co ułatwia i przyspiesza pracę. Różnorodność maszyn pozwala na ciągłe rozszerzanie oferowanego asortymentu. Obecnie cały asortyment firmy obejmuje około 220 produktów. Należy dodać, że wszystkie wyroby tekstylne przedmiotowego przedsiębiorstwa posiadają światowy znak bezpieczeństwa wyrobów włókienniczych, czyli certyfikat OEKO-TEX® STANDARD 100.

Badane przedsiębiorstwo mimo starań prowadzących do zminimalizowania procesów magazynowych zmuszone jest do utrzymywania trzech magazynów przyzakładowych. Spowodowane jest to tym, że produkowane dobra sprzedają się znacznie lepiej w okresie jesienno-zimowym. W związku z tym niezbędne jest przygotowanie większych partii materiałów zapasowych, aby w czasie najwyższego popytu nie dochodziło do opóźnień w dostawach czy do niezrealizowania zamówień z powodu braku towaru. Mimo wielu starań do tej pory nie opracowano dokładnego harmonogramu produkcji, który pozwoliłby na racjonalne zaplanowanie wielkości zapasów.

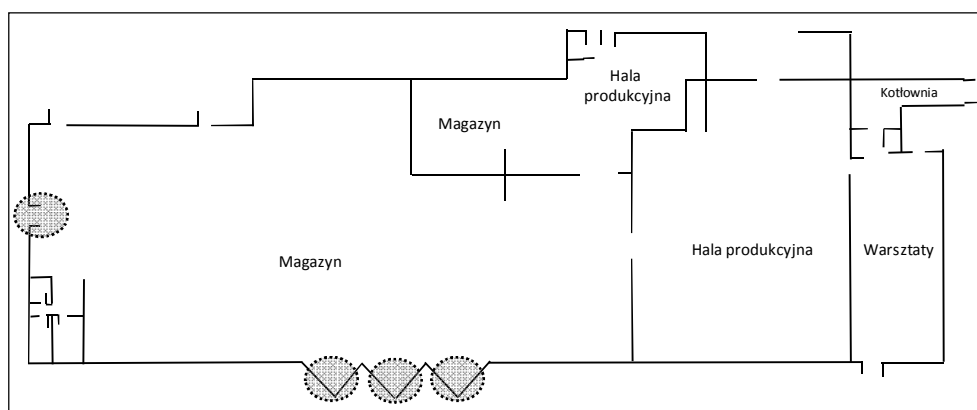
Niniejsze opracowanie poświęcono tylko jednemu z magazynów, znajdującemu się przy większej hali produkcyjnej, w którym okresie zarówno w okresie letnim, jak i zimowym magazynierzy pracują w systemie dwuzmianowym. Na pierwszej zmianie pracuje pięciu pracowników, na drugiej dwóch. Magazyn jest budowlą zasobową, zamkniętą, zbudowany z trwałych materiałów skutecznie chroniących przed opadami i nadmiernym działaniem promieni słonecznych. Jest to magazyn niskiego składowania, bez regałów. Składowanie odbywa się w systemie blokowym piętrowym. Magazyn wyposażony jest w odpowiedni system wentylacyjny w celu zapewnienia pracownikom odpowiednich warunków pracy. Ma charakter uniwersalny, gdyż nie posiada żadnych specjalnych systemów wymaganych do przechowywania żywności, czy produktów medycznych. Charakter branży nie wymaga by surowce i wyroby gotowe przechowywane były w specjalnych warunkach. Magazyn firmy jest magazynem uniwersalnym, całkowicie zamkniętym, chroniącym wyroby przez zawilgocenie czy podmycie. Składowane w nich wyroby poza wymienionymi wyżej aspektami, nie wymagają innych specjalnych warunków przechowywania. Zatem wystarczającym systemem odpowiedzialnym za wymianę powietrza wewnątrz magazynu jest wentylacja grawitacyjna, a za utrzymywanie stałej temperatury zamontowane nagrzewnice. Magazyn jest bezpośrednio połączony z halą produkcyjną, dzięki czemu następuje szybka wymiana surowców i produktów, a także bardzo dobry transfer informacji między działami (rys. 2).

Magazyn posiada wymiary ok. 26 x 72 m i podzielony jest na cztery strefy: magazyn główny, obszar przyjęcia towaru, obszar kompletacji i pakowania oraz obszar wysyłki towaru. Obszar kompletacji i pakowania znajduje się tuż przy trzech rampach załadowniczych, dzięki czemu proces odbioru i wysyłki towaru przebiega sprawnie, nie powodując zamieszania w pozostałych strefach magazynu. W bezpośrednim sąsiedztwie magazynu znajduje się hala produkcyjna, z której magazynierzy pobierają produkt finalny.

Bezpośrednio z magazynu na zewnątrz prowadzą cztery główne wyjścia (rys. 2): trzy na rampy załadownicze oraz jedno wyjście dla pracowników magazynu oraz wyjście materiałów przeznaczonych na sprzedaż dokonywaną przez przedstawicieli handlowych.

Jako środki transportu towarów wykorzystuje się zarówno wózki ręczne, jak i wózki zmechanizowane unoszące z napędem elektrycznym, spalinowe i na paliwo gazowe.

W magazynie badanej firmy wyroby gotowe składuje się w opakowaniach zbiorczych. Należą do nich kartony w różnych rozmiarach oraz palety EUR. Różnorodność opakowań jest konieczna ze względu na rozmaite kształty i wymiary produkowanych wyrobów.



Rys. 2. Schemat magazynu firmy z zaznaczonymi wyjściami wyrobów z hali produkcyjnej [opracowanie własne]

W celu najefektywniejszego wykorzystania przestrzeni magazynowej stosuje się blokowy system składowania oraz system piętrzenia materiałów. Produkty tekstylne charakteryzują się sprężystością i nie odkształcają się trwale. Po wyjęciu wyrobu z opakowania wraca on do pierwotnego kształtu.

W przedmiotowym magazynie odbywa się:

- przyjmowanie surowców od dostawców oraz wysyłka towaru do klientów,
- przyjmowanie wyrobów gotowych z hali produkcyjnej bezpośrednio na halę magazynową i ich składowanie,
- odbiór wyrobów gotowych z produkcji,
- rejestr wyrobów znajdujących się na przestrzeni przeznaczonej do składowania,
- przyjęcie wyrobów ze zwrotów, reklamacji oraz nie przyjętych dostaw.

Ta wielokrotność procesów na tej samej powierzchni magazynowej niejednokrotnie powoduje duże zamieszanie. Zdarzają się błędy w rejestracji procesów oraz drobne pomyłki, które wpływają na niepotrzebny wzrost kosztów oraz czasu pracy.

Problem, który dość często się pojawia związany jest z ludzką omylnością. Są to pomyłki w wysyłce towaru do klientów. Czasami zdarza się, że klient otrzymał nie ten

towar lub nie w tej ilości, której zamawiał. To powoduje utratę wiarygodności w oczach klienta, jego niezadowolenie, a dla firmy najważniejsze jest dobro klienta. Decyzja zmiany dostawcy jest najboleśniejszą stratą dla przedsiębiorstwa. Pomyłki są bardzo odczuwalne przez przedsiębiorstwo. Duże sieci handlowe, które zamawiają towar w bardzo większych partiach nie wyrażają zgody na przyjęcie towaru do swego magazynu w sytuacji, kiedy występują najmniejsze nawet niezgodność w wysłanej ilości lub asortymencie, nakładając przy tym wysokie kary pieniężne na firmę. W takich sytuacjach firma ponosi potrójne koszty, nie tylko za nałożoną karę, ale także za wynajęty transport, płacąc za niego ponownie, gdyż błąd należy naprawić i wysłać właściwy asortyment. Może nastąpić również utrata wiarygodności.

Badany magazyn mimo niedużej powierzchni gromadzi taką mnogość asortymentu, że znalezienie go w gąszczu powstałych tuneli między składowanymi wyrobami jest czasochłonne i frustrujące. Materiały zapakowane są w jednakowe wizualnie kartony, różniące się jedynie rozmiarem. Na kartonach znajduje się opis zawartego wyrobu, natomiast i ten system znakowania przy natłoku pracy zawodzi tym bardziej, że wysyłki wykonywane są nie tylko do dużych sieci, które zawsze zamawiają pełne jednostki ładunkowe, ale również do klientów indywidualnych, małych sklepów, hurtowni czy klientów internetowych. Ta grupa klientów może zamawiać małe, jednostkowe ilości towaru, co wymaga wyjęcia zamówionego wyrobu z wcześniej załadowanych pełnych kartonów, skompletowania go i umieszczenia w nowym kartonie. Często pracownik nie uprzedzony o tym, że z danej jednostki zostały wyjęte pojedyncze sztuki wyrobu traktuje tą jednostkę, jako pełne opakowanie zgodnie z opisem na kartonie i w tym niepełnym stanie wysyła do innego odbiorcy. W tej sytuacji wymagany jest bieżący dostęp do informacji na temat przepływów i rzeczywistych stanów materiałowych w magazynie oraz jego lokalizacji. Ważne są również dokładne informacje związane z produkcją, czyli jakie wyroby i w jakiej ilości danego dnia zostało wyprodukowane oraz kiedy dana partia opuściła halę produkcyjną.

Aby rozwiązać te kwestie bardzo dobrym rozwiązaniem wydaje się być wdrożenie Systemu Radiowej Identyfikacji Towarów RFID. Poprzez użycie bram czytających etykiety radiowe z zapisaną informacją, odczytywanie danych mobilnie, śledzenie ruchów magazynowych i nadzorowanie produkcji, pracownicy wraz z przedsiębiorcą monitorowali by na bieżąco, co się dzieje z materiałem, kiedy i w jakiej postaci opuszcza produkcję lub magazyn, w jakiej ilości oraz czy ta ilość jest zgodna z zamówieniem klienta.

Jak już wcześniej podano, RFID jest systemem dość skomplikowanym. Jego podstawowym zadaniem jest usprawnienie systemu przepływu, a nie jego skomplikowanie. Zatem, aby wszystko działało zgodnie z przeznaczeniem należy go wdrożyć według odpowiedniej kolejności, użytkować w odpowiedni sposób i serwisować zgodnie z zaleceniami producenta. Wdrożenie systemu składa się powinno z następujących etapów:

- stwierdzenia zaistnienia potrzeby wdrożenia systemu,
- zainteresowanie pracodawcy wprowadzeniem zmian,
- wyznaczenie osoby odpowiedzialnej za informatykę (np. kierownika magazynu),
- zgromadzenie funduszy potrzebnych do zakupu i wprowadzenia systemu RFID,
- analiza przedsiębiorstwa, wyszukanie najsłabszych ogniw (etap ten dzieli się na dwa oddzielne projekty: logiki procesu oraz sprzętu),
- gruntowne przekształcenie procesów przedsiębiorstwa (reengineering przełożony przede wszystkim na sprzęt i oprogramowanie),
- zarządzanie tzw. middlewarem; określenie poziomu zarządzania sprzętem niższego rzędu, sposobu wymiany danych. Stworzenie interfejsu do systemów wyższego rzędu (ERP), które nie są bezpośrednio związane z oprogramowaniem niższego

- poziom, aby zapewnić jak najlepszą wydajność systemu poprzez zapobieganie zapychaniu urządzeń zbyt dużą ilością niepotrzebnych danych,
- integracja z systemem nadrzędnym oraz zaangażowanie firm dostarczających oprogramowanie i sprzęt do projektu,
- sprawdzenie działania systemu poprzez przeprowadzenie dwóch testów: pierwszy poza terenem firmy natomiast drugi w firmie,
- użytkowanie oprogramowania.

Na wysoki koszt wprowadzenia systemu RFID mają wpływ nie tylko dość duże koszty związane z zakupem samego sprzętu, ale również z pracami programowymi i analitycznymi oraz serwisowaniem. Ponadto producenci urządzeń wymagają dokonywania cyklicznego sprawdzania systemu i okablowania.

Stwierdzono, że sumaryczny koszt wprowadzenia systemu RFID do zarządzania gospodarką magazynową w badanej firmie wyniesie nieco ponad 400 000 zł, przy czym kalkulację kosztów oparto na indywidualnym projekcie wykonanym dla przedmiotowego magazynu. Ujęto w nim zarówno cenę samego sprzętu, jak i koszty prac montażowych, oprogramowania oraz samych etykiet. Największy udział w sumarycznych kosztach (ok. 37%) mają ramki - czytniki sektorowe RFID UHF w ilości 7 sztuk, a następnie interogatory RFID stanowiskowe oraz do wydawania etykiet z ekranem dotykowym (ok. 21%), kolejno oprogramowanie zarządzające serwerem (ok. 13%), czytniki mobilne z oprogramowaniem RFID UHF (ok. 8%), skanery kontroli ilości produktów przy pakowaniu (ok. 7%), koncentrator RFID (ok. 6%), drukarka Etykiet RFID (ok. 3%) [12] oraz oprogramowanie zarządzające licencją użytkownika (ok. 2,5%). Całkowity koszt 1000 sztuk silikonowych tagów, metek i etykiet samoprzylepnych RFID nie powinien przekroczyć ok. 0,7% sumarycznych kosztów. Należy dodać, że tagi czy etykiety posiadają 5 lat gwarancji, natomiast firmy wdrażające system oferują roczną gwarancję na oprogramowanie z możliwością przedłużenia. W tym okresie wykonawca usługi zobowiązuje się do dostarczania bezpłatnie wszelkich aktualizacji programowania, przeprowadzania niezbędnych szkoleń pracowniczych oraz bezpłatne prace serwisowe wykonywane osobiście lub za pośrednictwem poczty internetowej i specjalnej infolinii.

System RFID rozpoczyna swoje działanie wraz z wydrukowaniem etykiety z zawartym tagiem radiowym. Podczas drukowania następuje nadanie unikalnego numeru wyrobu i wprowadzenie do systemu z przyporządkowanym mu odpowiednim statusem. Zadaniem oprogramowania RFID będzie przekazywanie informacji o lokalizacji oraz trasach przemieszania się obiektu w określonym przedziale czasu i przedstawienia tych danych w formie graficznej na planie budynku oraz rejestracja informacji na temat etapu, na jakim znajduje się wyrób.

System RFID, podobnie jak każdy inny system informatyczny wymaga wprowadzenia pewnych danych początkowych takich jak: baza produktów, pracowników, dostawców, miejsc i uprawień. Kolejne dane będą już uzupełniane i pobierane za pomocą: zakodowanych za pomocą programów kodujących etykiet, stanowiskowych interogatorów RFID, stanowiskowych interogatorów RFID służących do wydawania etykiet, skanerów używanych w strefie pakowania na hali produkcyjnej, bramek RFID uwzględniających kierunek poruszania się pakunku, czytników ręcznych i mobilnych przytwierdzonych do wózków widłowych oraz anten służących do udostępniania danych o położeniu produktu w czasie rzeczywisty. Ze względu na specyfikę produkcji zakłada się trzy formy znakowania wyrobów i wykorzystanie odpornych na wodę i wysokie temperatury:

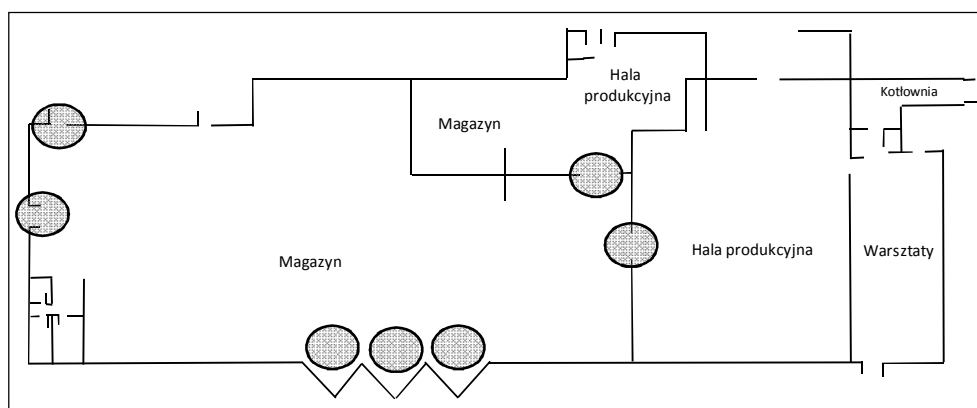
- metek wszywanych w wyrób gotowy,
- tzw. inlay'ów wkładanych na etapie produkcji do środka mniejszych wyrobów,



- etykiet RFID do oznaczenia opakowań zbiorczych: palet i kartonów.

Zadaniem transpondera umieszczonego w etykiecie będzie przekazywanie informacji związanych z: wydrukiem etykiet, opuszczeniem linii produkcyjnej, opuszczeniem strefy pakowania na produkcji, przekazaniem wyrobu do magazynu, przyjęciem wyrobu do magazynu, wydaniem materiału z magazynu oraz opuszczeniem jego granic, przyjęciem na stan do sklepu, sprzedażą w sklepie, zgłoszonymi reklamacjami, zwróconymi wyrobami oraz wyrobami, które zostały przekazane do regeneracji

Po dokładnej analizie przepływów produkcyjno-magazynowych ustalono, że niezbędnym jest umieszczenie łącznie siedmiu bram rozróżniających kierunek ruchu, tzn. 2 bram do magazynu z produkcji oraz 5 bram wyjściowych z magazynu (rys. 2)



Rys. 3. Schemat magazynu wraz z rozmieszczeniem stacjonarnych bram RFID  
[opracowanie własne]

Ustalono, aby wykorzystanie systemu RFID obejmowało:

- rejestrację produktów gotowych na stanowiskach produkcyjnych,
- rejestrację produkcji w trakcie trwania procesu produkcyjnego,
- ocenę wydajności na danej linii i porównanie z harmonogramem produkcyjnym,
- automatyczną kontrolę ilości produktów na etapie pakowania w strefie produkcji
- automatyczną kontrolę wydań z produkcji i przyjęć do magazynu,
- automatyczną lokalizację w magazynie i przedstawienia stanów magazynowych w postaci graficznej na planie budynku
- automatyczną rejestrację wydań wyrobów z magazynu (do klienta finalnego lub sklepu przyzakładowego),
- obliczeniowy stan magazynów,
- inwentaryzację z wykorzystaniem czytników mobilnych.

Jak z wynika z przedstawionych możliwości systemu RFID, można go z powodzeniem wykorzystać zarówno w obszarze łańcucha dostaw, produkcji w toku, jak również obszarze gospodarki magazynowej. Zadaniem systemu RFID w obszarze łańcucha dostaw będzie dostarczanie aktualnej informacji o położeniu nowo dostarczonych z produkcji lub od zewnętrznego dostawcy oznakowanych palet lub innych opakowań zbiorczych do magazynu. Odbywać się to będzie za pomocą wózków wyposażonych w mobilne terminale. System umożliwi konfigurację bramek, w ten sposób, że mogą nadzorować zarówno przyjęcia materiału i jego wysyłkę poprzez funkcję rozpoznawania kierunku ruchu

przemieszczanych opakowań zbiorczych. Wszelkie operacje odbywające się w obrębie bramki są rejestrowane i zapisywane w systemie. Powinny one pozwolić na:

- zmniejszenie prawdopodobieństwa popełnienia błędu,
- przyspieszenie wysyłek,
- usprawnienie przepływu materiałów,
- optymalizację powierzchni magazynowej,
- skrócenie czasu przyjęcia i wydania materiałów z magazynu,
- uzyskanie rzetelnej informacji w każdym momencie pracy
- znaczne usprawnienie w zarządzaniu majątkiem firmy.

Podstawową zaletą systemu RFID w obszarze produkcji w toku jest możliwość minimalizacji roli czynnika ludzkiego i jego ingerencji w przekazywane informacje poprzez automatyczne rejestrowanie każdej wyprodukowanej sztuki oraz opakowania zbiorczego (kartonu). Odbywać się to będzie za pomocą interogatorów zamontowanych pod linią produkcyjną. Możliwości systemu RFID w obszarze produkcji w toku powinny pozwolić między innymi na:

- uzyskanie szczegółowej i rzetelnej informacji o stopniu realizacji zlecenia,
- otrzymanie informacji o przestojach i miejscach gdzie produkcja napotyka na największe trudności (tzw. wąskich gardłach),
- aktualizację harmonogramów, w przypadku nie zrealizowaniu produkcji w stosunku do zakładanych norm i wskazania przyczyn tego faktu aby w przyszłości go wyeliminować,
- istotne skrócenie czasu realizacji zamówień.

Ważnym obszarem działania systemu RFID wspomagającym procesy magazynowe i pozwalająca na dokonanie kilkanaście razy szybszej inwentaryzacji materiałów znajdujących się na magazynie niż za pomocą systemu kodów kreskowych jest śledzenie stanów magazynowych i położenia produktu czasie rzeczywistym. Zasadniczym celem działania systemu RFID jest ciągłe rejestrowanie wszelkich działań podejmowanych w magazynie, ograniczając tym samym wpływ czynnika ludzkiego na wprowadzane dane. Rejestrowanie i śledzenie stanów magazynowych pozwala na:

- dokładne ustalenie tras środków manipulacyjnych na magazynie,
- znakowanie miejsc magazynowych, co pozwala nam na szybką lokalizację szukanego materiału,
- szczegółową rejestrację przyjęć i wydań danych wyrobów,
- aktualizację wszelkich przesunięć w magazynie,
- tworzenie wiarygodnej dokumentacji o wykonywanych w czasie rzeczywistym operacjach.

Należy dodać, że funkcjonowanie systemu RFID w tym obszarze pozwala również na śledzenie majątku trwałego znajdującego się w biurach, czy też sprawdzenie stanu parku maszynowego.

Wszelkie czynności związane z operacjami nadzorowanymi przez system RFID będą gromadzone przez urządzenie zwane *koncentratorem*, którego zadaniem będzie przetworzenie i uporządkowanie otrzymanych informacji tak, aby przesłać je do nadrzędnego systemu magazynowego w postaci czytelnych i jasnych danych, które będą służyć pracownikom.

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Przedstawione propozycje wdrożenia systemu opartego na automatycznej identyfikacji radiowej - RFID, charakteryzują się niestety dość dużymi kosztami. Poza tym całościowy proces wdrożenia systemu nie jest prosty w realizacji, gdyż wymaga dogłębnej analizy obszaru, na którym będzie zastosowany, ścisłego określenia operacji, które przedsiębiorca chce nadzorować i wreszcie samej chęci współpracy pracowników z systemem.

Jak wykazano, do stosowania systemu niezbędny jest wysoko zaawansowany technologicznie sprzęt: czytniki radiowe, anteny, interogatory oraz najważniejsze elementy, czyli tagi radiowy, które zakodowane przez drukarkę RFID zawierają dane na temat rejestrowanych wyrobów [12]. Anteny zamontowane w urządzeniach czytających odbierają za pomocą fal radiowych informacje z tagu i przesyłają do nadrzędnego systemu. Praktycznie zadania czynnika ludzkiego sprowadzają się do analizy otrzymanych danych, wyciągnięcia z nich wniosków i podjęcia odpowiednich działań.

System RFID może być zastosowany w wielu obszarach przedsiębiorstwa jednocześnie. W przedstawionym przypadku system ten wykorzystany w magazynie będzie obejmował proces produkcyjny i wszelkie operacje mające miejsce na magazynie, związane z przyjęciem, składowaniem i wydaniem materiału. Pozwoli na sprawną i wiarygodną rejestrację materiałów, które pochodzą z zewnątrz i które już znajdują się w magazynie, ale będzie rejestrował również przebieg procesu produkcyjnego. Na podstawie uzyskanych danych można będzie rejestrować wydajność pracy poszczególnych komórek czy pracowników, ewentualnie występujących wąskich gardeł czy faktu przestojów maszyn. Stworzy się więc prostą możliwość porównywania, analizy i oceny wyników produkcji w stosunku do wcześniej założonego harmonogramu.

W ramach logistycznych rozwiązań produkcji i dystrybucji zakłada się, że podstawowym zadaniem projektowanego systemu będzie nadzorowanie wysyłki oraz porównywanie materiałów wychodzących zgodnie z zamówieniem. Czynności te będą realizowane przez stacjonarne bramy RFID umieszczone przy wejściach i wyjściach z budynku. System powinien pozwolić również na błyskawiczną inwentaryzację dzięki zamontowanym antenom o dużym zasięgu odczytu etykiet radiowych. Umożliwi to szybką lokalizację szukanego wyrobu na powierzchni składowania, a nawet może przedstawić ją w bardzo czytelnej formie graficznej na planie pomieszczenia magazynowego. Takie rozwiązania powinny w znacznym stopniu skrócić czas kompletacji i wysyłki wyrobów gotowych.

Możliwości systemu RFID są znacznie szersze niż stosowany dotychczas system oparty na tradycyjnych kodach kreskowych, np. ocenia się, że czas samej inwentaryzacji będzie niemal 10 krotnie krótszy. Mimo początkowych dość znacznych nakładów finansowych, wykorzystanie omawianego systemu pozwoli z biegiem czasu na znaczne zmniejszenie kosztów wynikających głównie z nieodpowiedniego zagospodarowania przestrzeni magazynowej, redukcji ilości niepotrzebnego zapasu oraz utraconych korzyści poprzez eliminację wpływu czynników, które mogą przyczyniać się do przestojów i jednocześnie opóźnienia bądź wręcz niezrealizowania zamówienia.

W podsumowaniu można stwierdzić, że system RFID wdrożony i właściwie wykorzystany w badanym magazynie wybranego przedsiębiorstwa produkcyjnego powinien w znacznym stopniu ułatwić:

- Rozładunek dostawy i przegląd zamówionych materiałów (surowców).

- Przyjęcie dostarczonych materiałów, jeśli ładunek jest zgodny z zamówieniem, lub też przyjęcie zamówionych materiałów z opóźnionych dostaw. Informacje te można wykorzystać następnie w procesie wyboru i kwalifikacji dostawców.
- Kontrolę zajętości dostępnej przestrzeni magazynowej oraz racjonalne planowanie jej zagospodarowania.
- Kontrolę rozmieszczenia poszczególnych materiałów i wyrobów w magazynie i ocenę warunków ich przechowywania.
- Sprawne i bezkolizyjne przemieszczanie przyjętych dostaw surowców czy wyrobów gotowych do przydzielonych miejsc ich składowania.
- Stałą kontrola posiadanych zapasów.
- Proces bezbłędnego wydawania materiałów potrzebnych do procesu produkcyjnego lub gotowych wyrobów do wysyłki.

### Literatura

1. Kozłowski R., Sikorski A.: Nowoczesne rozwiązania w logistyce. Wyd. Wolters Kluwer Polska Sp. z o.o., Kraków 2009.
2. Majewski J.: Informatyka w magazynie. Wyd. ILiM, Poznań 2006.
3. Kleist R.A., Chapman T.A., Sakai D.A., Jarvis B.S.: RFID Labeling. Smart Labeling Concepts & Applications for the Consumer Packaged Goods Supply Chain, wyd.2, Printronix Inc., Irvine (CA) 2005.
4. Paddock S., Szablewska L.: Wszyscy mówią, nikt nie wdraża. Eurologistics, nr 6, 2006, s. 110.
5. Grzybowska K.: Podstawy logistyki. Wyd. Difin, Warszawa 2009.
6. Sokołowski G.: Rozwój technologii EPC i wdrożenia na świecie [w:] Najlepsze praktyki w logistyce. Materiały konferencyjne, Wyd. ILiM, Poznań 2006.
7. Liber J.: RFID w globalnym łańcuchu dostaw. Eurologistics, nr 1, 2006.
8. [http://www.alientechology.com/what\\_si\\_rfid.php](http://www.alientechology.com/what_si_rfid.php) (14.10.2011).
9. Materiały Firmy EPCglobal™, [http://www.epcglobaline.org/standards/EPCglobal\\_Tag\\_Data\\_Standard\\_TDS\\_Version\\_1.3.pdf](http://www.epcglobaline.org/standards/EPCglobal_Tag_Data_Standard_TDS_Version_1.3.pdf) (21.09.2010).
10. <http://www.motorola.com/US-EN/Business+Product+and+Services/RFID> (4.03.2011).
12. Szetyński T.: Drukarki inteligentnych etykiet RFID, e-Fakty, nr 6, 2006.
13. <http://www.rfid.net.pl/> (6.04.2013).
14. <http://elektronikab2b.pl/technika/538-rfid-przyszlosc-i-terazniejszosc#.UiOD7FNT2Ps> (15.06.2013).
15. <http://rfid.spoleczenstwoinformacyjne.pl/artykuly/186,234,zasada-dzialania-rfid.htm>, (3.07.2013).

Dr hab. inż. Jan SZYMSZAL\*, prof. nadzw. Pol. Śl.

Dr inż. Joanna FURMAN\*,

Mgr inż. Grzegorz KACZMARCZYK\*

\*Katedra Inżynierii Produkcji

Politechnika Śląska,

40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8

tel./fax.: (032) 6034486

e-mail: [jan.szyszal@polsl.pl](mailto:jan.szyszal@polsl.pl)

[joanna.furman@polsl.pl](mailto:joanna.furman@polsl.pl)

[grzegorz.kaczmarczyk@polsl.pl](mailto:grzegorz.kaczmarczyk@polsl.pl)