

Automatyzacja procesów znakowania i identyfikacji produktów a efektywność czasowo-kosztowa przedsiębiorstwa produkcyjnego – studium przypadku

Mateusz Zakrzewski

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: mathew95.mz@gmail.com

Streszczenie

Współczesne przedsiębiorstwa, aby przetrwać na rynku i poradzić sobie z konkurencją oraz coraz bardziej wymagającym klientem muszą uciekać się do wdrażania najnowocześniejszych rozwiązań. Ma to na celu poprawienie efektywności przeprowadzanych w nich procesach. Przedmiotem niniejszego artykułu jest analiza procesu identyfikacji produktów i przygotowania ich do wysyłki, a następnie przeprowadzenie prognozy wystąpienia możliwych korzyści z wdrożenia technologii RFID (ang. *Radio-Frequency Identification*). Analiza wykazała oszczędności w czasie trwania procesu znakowania i identyfikacji produktów, ale w odniesieniu do ponoszonych kosztów wprowadzenie innowacji okazało się nieopłacalne. Kluczowymi elementami wpływającymi na opłacalność przedsięwzięcia są koszty etykiet z transponderami pasywnymi RFID oraz poziom ich zużycia i zwrotów od kontrahentów. Gdyby ceny transponderów spadły lub podniósł się wskaźnik ich ponownego użycia przyniosłoby to oszczędności w kosztach badanych procesów.

Słowa kluczowe

identyfikacja RFID, automatyzacja, magazyn, efektywność czasowo-kosztowa

Wstęp

W nowoczesnych przedsiębiorstwach produkcyjnych bardzo ważna jest optymalizacja pod względem wykorzystania zasobu jakim jest czas. Firmy coraz częściej sięgają po najnowocześniejsze osiągnięcia nauki wspierające przebiegające w nich procesy. Aby proces magazynowania był jak najbardziej wydajny oraz aby zminimalizować marnotrawstwo zdolności magazynowej, kluczowe jest zastosowanie technologii i systemów, które go usprawnią. Dawniej postrzegano automatyzację procesów jako główny środek do podniesienia efektywności oraz redukcji ponoszonych kosztów z nimi związanych.

Celem artykułu jest identyfikacja obszarów marnotrawstwa czasowo-kosztowego w procesie znakowania i wysyłki towarów oraz wskazanie możliwości zastosowania innowacji technologicznej dotyczącej tych procesów. Zmiany obejmują zastąpienie tradycyjnej metody znakowania opakowań zbiorczych za pomocą kodów kreskowych, metodą automatycznej identyfikacji RFID, która w założeniu ma usprawnić proces, przyczyniając się do skrócenia czasu trwania jego poszczególnych etapów oraz do wyeliminowania występujących błędów w identyfikacji.

Badania zostały przeprowadzone w styczniu 2018 roku na podstawie obserwacji procesów zachodzących w jednym z największych zakładów przetwórstwa mięsnego w Polsce zlokalizowanego w województwie mazowieckim. Z powodu zachowania tajemnicy przedsiębiorstwa jego nazwa nie może być ujawniona.

Wykonane zostały pomiary czasów poszczególnych etapów procesu identyfikacji i przygotowania towaru do wysyłki. Magazyn został poddany badaniu poziomu wilgotności i temperatury w różnych punktach jego obszaru w celu dopasowania odpowiednich urządzeń obsługujących technologię RFID. Po dobraniu sprzętu spełniającego wszystkie parametry została przedstawiona prognoza przypuszczalnej oszczędności czasu i nakładu pracy przy badanym procesie oraz zaprezentowano przybliżony kosztorys inwestycji.

1. Systemy wspierające zarządzanie magazynem i metody identyfikacji produktów w zakładzie produkcyjnym

Obecnie nowoczesne przedsiębiorstwa decydują się na wdrożenie innowacji w celu podniesienia jakości wytwarzanych produktów oraz przeprowadzanych procesów. Wysoko zautomatyzowane procesy zapewniają ciągłe utrzymywanie wysokiej jakości w przedsiębiorstwie, jednak wdrażanie coraz nowszych technologii powoduje powstawanie obszarów narażonych na występowanie błędów [Urban, Ratter, Wangwacharakul, Poksinska, 2018, s. 56].

Planowanie produkcji nie byłoby możliwe bez odpowiednio skonstruowanego i zarządzanego łańcucha dostaw, ukierunkowanego przede wszystkim na potrzeby klienta. Związane jest to z trzema podstawowymi problemami:

- utrzymanie standardów obsługi klienta,
- szczegółowa i kompleksowa analiza kosztów,
- zarządzanie czasem działania [Śląski, Giga, 2005, s. 20].

Te ostatnie musi być rozumiane w dwóch wariantach: po pierwsze z punktu widzenia klienta, a po drugie z punktu widzenia przedsiębiorstwa. Różnice wynikają z postrzegania czasu od złożenia zamówienia do momentu jego realizacji.

Klient postrzega czas od momentu, kiedy złożył zamówienie do otrzymania produktu jako pusty przedział czasowy, który, aby go w stu procentach zadowolić powinien być całkowicie wyeliminowany. Przedsiębiorstwo natomiast musi wtedy przeprowadzić szereg operacji tak, aby klient otrzymał produkt zgodny z jego zamówieniem, odpowiedniej jakości oraz przydatny do użytku [Radziejowska, 2012, s. 306].

W nowoczesnym przedsiębiorstwie produkcyjnym niezbędna jest obecność wspomagających systemów informatycznych, do których należą oprogramowania typu ERP (ang. Enterprise Resource Planning), SCM (ang. *Supply Chain Management*) i WMS (ang. *Warehouse Management System*). Systemy ERP, SCM i WMS są najczęściej wykorzystywane w zakładach produkcyjnych, ponieważ łącznie odpowiadają za prawidłową pracę całej jednostki od planowania produkcji, przez gromadzenie zapasów, a kończąc na procesie magazynowania wyrobów gotowych [Majewski, 2002, s. 51].

System ERP odpowiada za wspomaganie procesów planowania oraz wspiera model zarządzania MRP i MRPII. Bez wsparcia informatycznego metoda ta nie sprawdzałaby się w przedsiębiorstwach o dużej ilości zmieniających się ciągle danych. Jest techniczną formą wspomagania algorytmów opisanych wcześniej w tych modelach dzięki czemu obejmuje całość funkcjonowania firmy produkcyjnej, na którą składają się:

- obsługa klientów,
- produkcja,
- finanse,
- integracja w ramach łańcucha logistycznego [Majewski, 2002, s. 52].

Do wad oprogramowania ERP można zaliczyć wysoki koszt utrzymania prawidłowego funkcjonowania systemu i podłączonych do niego aplikacji. Minusem jest też brak dostosowania metody MRP i MRPII do potrzeb współczesnych przedsiębiorstw, które wykraczają poza to co jest w nich uwzględnione, szczególnie, gdy przekracza to możliwości operatorów systemu [Majewski, 2002, s. 52].

Obszary magazynu obsługiwane przez WMS i wsparte systemami automatycznej identyfikacji można podzielić w następujący sposób:

- przyjęcie,
- składowanie,
- kompletacja/konsolidacja,
- wydanie.

Proces identyfikacji w każdym z tych obszarów różni się od innych. Przy użyciu numerów SSCC (ang. *Serial Shipping Container Code*) i kodów kreskowych GS1-128 (ang. *Global System One*) magazynier posługuje się nimi przy wykorzystaniu

terminalu radiowego z przenośną drukarką tych kodów, a system WMS przyjmuje dane o nich oraz numerach miejsc w obszarze przyjęć. SSCC to niepowtarzalny w globalnym wymiarze numer identyfikacyjny każdej jednostki logistycznej w opakowaniu pojedynczym lub zbiorczym do czasu, gdy ta nie zostanie przepakowana. Po zrealizowaniu tych operacji wiadomo, które i jakie jednostki logistyczne znajdują się w danym obszarze przyjęć oraz co i w jakich ilościach otrzymano od danego nadawcy. Dzięki wsparciu tych narzędzi wiadomo też jakie dokumenty zostały wygenerowane oraz jaki będzie wartościowy i ilościowy stan magazynu [Majewski, 2006, s. 96].

Poza podstawowymi funkcjami systemy WMS obsługują też obszary odpowiadające za ostrzeżenia dyspozytorskie, zarządzanie wydrukiem etykiet i możliwość generowania ich automatycznych wydruków. Dochodzą też funkcje analizy czasu pracy magazynierów wraz z ilością dokumentów i raportów dotyczących przepływów materiałowych. Dzięki wsparciu odpowiednio zsynchronizowanych systemów WMS z innymi aplikacjami można dokonać optymalizacji pracy wózków widłowych, a także uzyskać pomiary wydajności w magazynie i je wizualizować [Łazicki, Krużycka, Zieliński, Jurek, 2016, s. 121].

W celu przypisania informacji do danego produktu niezbędna jest etykieta logistyczna. Jej standardowa wersja zawiera oznaczenie kodowe EAN 128 (ang. *European Article Numbering*), w którym wszelkie informacje przedstawione są poprzez alfanumeryczne symbole. Do jednego oznaczenia można przypisać teoretycznie nieograniczoną ilość danych dzięki systemowi tzw. Identyfikatorów Zastosowania. Jedynym ograniczeniem wpływającym na ilość zakodowanych danych jest tutaj tylko szerokość czytników, ale by w pełni wykorzystywać możliwości systemów SCM wspierających przez EDI (ang. *Electronic Data Interchange*) konieczne jest zastosowanie na etykietach logistycznych Seryjnego Numeru Jednostki Wysyłkowej (SSCC) [Majewski, 2002, s. 53].

SSCC nadawany jest tylko raz w momencie formowania jednostki przez nadawcę i zostaje jej przypisany na cały okres funkcjonowania. Dzięki takiemu rozwiązaniu informacja o nadanej wysyłce dociera do odbiorcy natychmiastowo zanim dotrze fizyczny produkt. Daje to czas na reakcję w przypadku niezgodności zamówienia z rzeczywistością nadaną przesyłką [Majewski, 2002, s. 54].

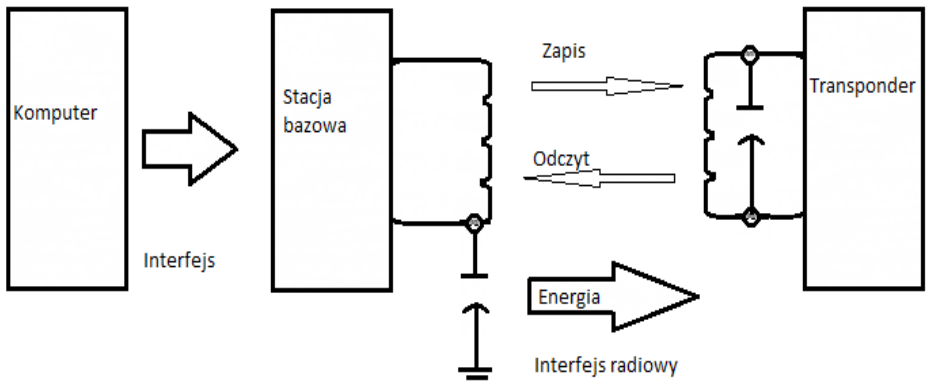
GS1 powstał w wyniku połączenia standardów EAN i UPC (ang. *Universal Product Code*). Ułatwiło to krajową i globalną komunikację pomiędzy każdym z partnerów handlowych poprzez uniwersalność przy zastosowaniu w systemach ADC (ang. *Automatic Data Capture*) oraz EDI. System GS1 jest zestawem standardów pozwalającym na efektywne zarządzanie międzynarodowym łańcuchem dostaw.

Dzięki jego zaimplementowaniu do systemu WMS usprawnia procesy elektronicznego gospodarowania jednostkami logistycznymi oraz umożliwia pełne śledzenie ich przepływu. Z reguły identyfikatory systemu GS1 przedstawione są w symbolach kodu kreskowego, co umożliwia jego automatyczny odczyt na każdym ogniwie łańcucha logistycznego [Majewski, 2006, s. 74].

W literaturze wyróżnia się dziesięć korzyści użycia technologii RFID. Należy do nich między innymi możliwość zapisu i odczytu wielu etykiet na raz, co znacząco wpływa na szybkość przepływu danych i samej jednostki w całym łańcuchu procesów. Zapis na etykiecie jest wielokrotny a sam znacznik nie musi być widoczny. Zyskuje dzięki temu wygoda odczytywania zakodowanych danych, a sam znacznik jest chroniony przez opakowanie przed ewentualnymi uszkodzeniami. W zakładzie produkcyjnym żywności szczególnie ważna może się okazać odporność znaczników RFID na zabrudzenia, wilgoć oraz temperaturę, które są nieuniknionymi czynnikami występującymi na wielu etapach procesu produkcyjnego, magazynowego oraz dystrybucyjnego. Wszystkie zaszyfrowane dane są bardzo dobrze chronione przez zastosowanie numerów seryjnych nadawanych każdemu identyfikatorowi a same etykiety nie wymagają zasilania baterią [Długosz, 2009, s. 89-90].

W układach RFID energia wypromieniowana ze źródła przez antenę stacji bazowej zostaje zgromadzona w transponderze a następnie zostaje używana do uruchomienia nadajnika, który następnie emituje drogą radiową zapisany w układzie kod. Jest on odczytywany przez stację bazową, która połączona jest z komputerem zewnętrznym. Komunikacja pomiędzy transponderem a stacją bazową odbywa się drogą radiową na określonej częstotliwości, której zakres wynosi z reguły od 60kHz do 30 GHz. Możliwości nośnika danych (transpondera) pozwalają na zapis do stu tysięcy razy w zależności od użytej technologii. To, czy możliwy będzie tylko odczyt danych czy też możliwa będzie ich zmiana zależy od użytej energii i czasu pozostawiania transpondera w zasięgu pola magnetycznego. Zasadę działania układu RFID przedstawiono na rys. 1 [Kwaśniewski, Zajac, 2004, s. 123].

Można wyróżnić trzy rodzaje urządzeń RFID według ich sposobu działania. Są nimi układy pasywne, semipasywne oraz aktywne. W układach pasywnych transpondery nie posiadają swojego zasilania a jedynie powodują zakłócenia sygnału wysyłanego przez czytnik tworząc przy tym ciąg danych. Transpondery semipasywne posiadają zasilanie bateryjne, ale uruchamiają się jedynie, gdy znajdują się w polu magnetycznych czytnika. Ostatnim, ale najdroższym rodzajem transponderów są urządzenia aktywne, posiadające własne zasilanie. Dzięki takiemu rozwiązaniu mogą one samoistnie wysyłać sygnały z zapisanymi danymi [Dębowski, 2006, s. 32].



Rys. 1. Schemat działania układu RFID

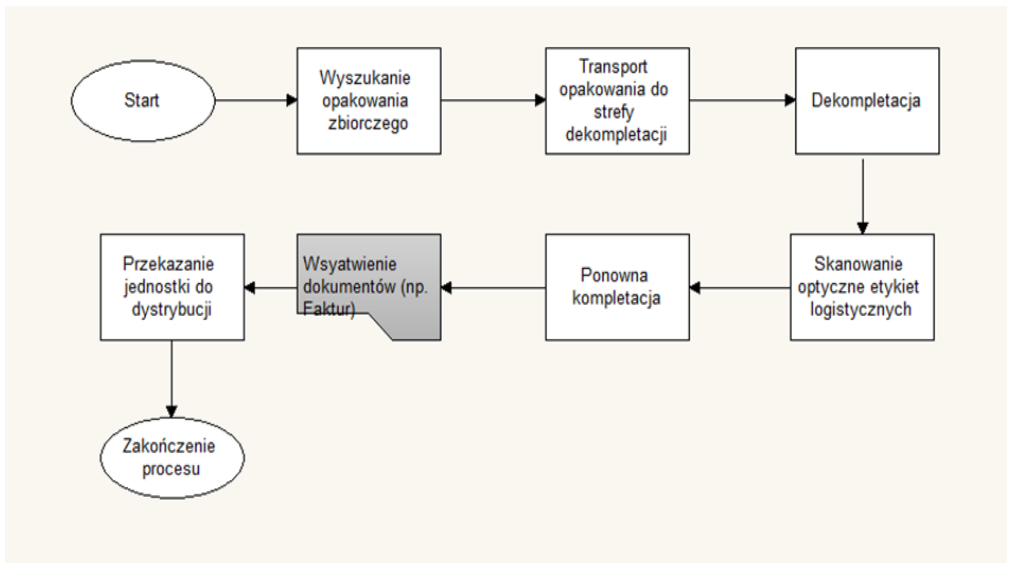
Źródło: S. Kwaśniowski (red.), P. Zając (red.), *Automatyczna identyfikacja w systemach logistycznych*, Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2004, s. 124.

Na rozpowszechnienie tej technologii oraz wzrost zastosowań miało wpływ jednak wynalezienie i udoskonalenie transponderów pasywnych, których koszt wynosi około 0,2 euro. Spadek kosztów wdrożenia RFID w przedsiębiorstwach przyczynił się do wzrostu popularności tych identyfikatorów. Dzięki temu możliwe jest ich zastosowanie w nawet tańszych produktach, a nie tylko w wypadku towarów ekskluzywnych [Dębowski, 2006, s. 31].

W transponderach pasywnych odczyt danych może nastąpić jedynie w odległości do kilku metrów, a w przypadku większej ilości nadajników znajdujących się w polu działania czytnika magnetycznego konieczne jest zastosowanie rozwiązań antykolizyjnych, aby zapobiec wzajemnemu zakłócaniu się odczytów. Wyróżnia się zakres pól bliskich i dalekich. Dla tego pierwszego częstotliwości mieszczą się w przedziale 125÷134 kHz (pasmo LF), 13,56 MHz (pasmo HF). W przypadku zakresu pól dalekich (pasmo UHF) są to częstotliwości 433MHz, 868÷965MHz oraz częstotliwości mikrofalowe 2,45GHz, 5.8GHz [Dębowski, 2006, s. 31].

2. Badanie procesu znakowania i identyfikacji produktów na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego

W badanym przedsiębiorstwie produkcyjnym znakowanie i identyfikacja produktów odbywa się przy pomocy etykiet logistycznych zawierających kod kreskowy. Do skanowania używa się ręcznych skanerów, które są połączone z systemem fakturowania. Każde opakowanie zbiorcze znajdujące się na jednostce paletowej musi być oddzielnie zeskanowane, co pociąga za sobą ryzyko wystąpienia błędów w identyfikacji. Istnieje szansa, że niektóre pozycje zostaną podwójnie dołączone do dokumentu WZ albo nie zostaną w nim uwzględnione. Schemat tego procesu przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Schemat procesu identyfikacji jednostki logistycznej z użyciem kodów kreskowych
Źródło: opracowanie własne.

Pierwszy etap znakowania produktów ma miejsce w momencie ich pakowania w opakowania jednostkowe. Etykiety odnoszące się do danego asortymentu umieszczane są na jego zewnętrznej stronie w celu ich identyfikacji zarówno przez maszyny pakujące w jednostki zbiorcze, jak i przez ostatecznych konsumentów. Opakowania jednostkowe są następnie umieszczane w kartonach na automatycznej linii pakowania TAVIL. Przy pomocy urządzeń pozycjonujących produkty zostają ułożone w rzędach i są przenoszone za pomocą transporterów taśmowych lub rolkowych do

punktu załadunkowego pod robotem pakującym. Urządzenie za pomocą specjalnej końcówki ssącej pobiera produkty i warstwowo układa je w kartonach. Następnie kartony transportowane są do jednej z 12 zamykarek oraz wag. Kartony są transportowane do miejsca etykietowania zbiorczego. Po zważeniu i etykietowaniu kartony trafiają do zasobników komórki paletyzującej, skąd pobiera je robot kompletacyjny i ustawia na palecie.

Do skanowania opakowań w celu wystawienia dokumentów handlowych wykorzystywany jest bezprzewodowy czytnik kodów kreskowych 2D, którego zasięg pracy od bazy komunikacyjno-ładującej wynosi 90m. Może on pracować w otoczeniu, którego wilgotność sięga 95%, a temperatury wahają się od -20°C do 50°C . Zasięg odczytu skanera wynosi 110cm i sygnalizowany jest sygnałem świetlnym oraz dźwiękowym. Parametry tego urządzenia pozwalają na bezawaryjne działanie w warunkach panujących w magazynie wysokiego składowania i strefie wysyłki. Urządzenie skanujące zaprezentowano na rysunku 3. Temperatura waha się tutaj w granicach od 2°C do 8°C , wilgotność mierzona w trzech punktach magazynu wynosi 58%, 56%, 50%, co średnio daje 54,67% wilgotności w całym magazynie. Koszt znakowania zbiorczego w obecnym systemie dla pełnej zdolności magazynowej wynosi 44 100zł.



Rys. 3. Skaner kodów kreskowych

Źródło: opracowanie własne.

Koszt etykietowania opakowań zbiorczych policzony był z uwzględnieniem ceny zakupu taśmy samolaminującej potrzebnej do oznaczenia 63 tysięcy kartonów, które można zmagazynować w strefie wysokiego składowania. Wyznaczona wartość nie obejmuje kosztu serwisowania maszyn znakujących oraz wynagrodzeń wypłacanych dla pracowników zajmujących się ich kontrolą.

$$\mathbf{K} = \mathbf{k} * \mathbf{n} * \mathbf{m}, \quad (1)$$

gdzie:

\mathbf{K} – całkowity koszt znakowania maksymalnej ilości wyrobów w magazynie,

\mathbf{k} – koszt jednej etykiety,

\mathbf{n} – ilość kartonów na jednej palecie,

\mathbf{m} – liczba palet,

$$\mathbf{K} = 0,7 \text{ zł} * 42\text{szt} * 1500\text{szt}$$

$$\mathbf{K} = 44\ 100 \text{ zł}$$

Co w skali roku, przy 60 uzupełnieniach pełnych stanów magazynowych daje 2 646 000 zł.

Czas kompletacji palety zmienia się w zależności od zróżnicowania asortymentu, który jest na niej układany. Średnia prędkość poruszającego się po magazynie wózka widłowego wynosi około 8,5 km/h, a droga do najbardziej oddalonego regału zajmuje magazynierowi 3 minuty. Zlokalizowanie każdego następnego kartonu z wyrobem zajmuje 25 sekund, dlatego przyjmując, że kompletowana paleta liczy 42 opakowania zbiorcze, można wyznaczyć czas na jej pełne załadowanie i dostarczenie do strefy wysyłki.

$$\mathbf{T} = \mathbf{t}_1 + \mathbf{n} * \mathbf{t}_2 + \mathbf{t}_3, \quad (2)$$

gdzie:

\mathbf{T} – całkowity czas kompletacji palety i dostarczenia jej do strefy wysyłki,

\mathbf{t}_1 – czas dojazdu do najbardziej oddalonego regału,

\mathbf{t}_2 – czas na zlokalizowanie i załadowanie kolejnego kartonu,

\mathbf{t}_3 – czas na dostarczenie kompletnej palety do strefy wysyłki,

\mathbf{n} – ilość kartonów,

$$\mathbf{T} = 180\text{s} + 42\text{szt} * 25\text{s} + 60\text{s},$$

$$\mathbf{T} = 180\text{s} + 1050\text{s} + 60\text{s},$$

$$\mathbf{T} = 1290\text{s}, \mathbf{T} = 21,5 \text{ min}$$

Po skompletowaniu palety i dostarczeniu jej do strefy wydania i wysyłki, należy wystawić do niej dokumenty handlowe. Czas potrzebny na realizację tego procesu jest iloczynem ilości kartonów i czasu skanowania jego jednej sztuki, który wynosi 2 sekundy. Przy założeniu maksymalnej ilości kartonów na palecie jest to:

$$\mathbf{T = t * n,} \tag{3}$$

gdzie:

T – czas procesu skanowania asortymentu ustawionego na jednej paletce,

t – czas skanowania jednego kartonu,

n – ilość opakowań,

$$T = 2s * 42szt,$$

$$T = 84s, T = 1,4min$$

Kiedy potwierdzi się zgodność dokumentów handlowych z wprowadzonym zamówieniem można przystąpić do załadunku towaru na auto chłodnię, co zajmuje średnio 17 sekund (0,28min) dla jednej palety. Cały czas trwania procesu uzależniony jest od pojemności ładunkowej auta, które może wynosić 18, 21 lub 33 miejsca paletowe.

Nad kompletacją jednostek ładunkowych dla jednego auta pracuje równolegle trzech pracowników magazynowych obsługujących wózki widłowe, co umożliwi jego szybsze załadowanie. Wyjątkiem jest auto o pojemności 33 miejsc paletowych, ponieważ kompletację ładunku dla tego rodzaju auta przeprowadza sześciu pracowników magazynowych. Dla trzech różnych rodzajów samochodów można wyznaczyć czas potrzebny na zrealizowanie tego procesu:

$$\mathbf{T = k * t_1 / n + (t_2 + t_3) * k,} \tag{4}$$

gdzie:

T- całkowity czas załadunku pojazdu,

t₁ – czas potrzebny na kompletację i dostarczenie palety do strefy wysyłki,

t₂ – czas potrzebny na skanowanie etykiet i wystawienie dokumentów,

t₃ – czas załadunku jednej palety na auto,

n – ilość pracowników magazynowych kompletujących zamówienie,

k – ilość palet,

- dla auta o pojemności 18 miejsc paletowych:

$$T = 18szt * 21,5min / 3 + (1,4min + 0,28min) * 18szt,$$

$$T = 129\text{min} + 1,68\text{min} * 18\text{szt},$$

$$T = 159,24\text{min}, T = 2,65\text{h}$$

- dla auta o pojemności 21 miejsc paletowych:

$$T = 21\text{szt} * 21,5\text{min} / 3 + 1,68\text{min} * 21\text{szt},$$

$$T = 150,5\text{min} + 35,28\text{min},$$

$$T = 185,78\text{min}, T = 3,1\text{h}$$

- dla auta o pojemności 33 miejsc paletowych:

$$T = 33\text{szt} * 21,5\text{min} / 6 + 1,68\text{min} * 33\text{szt},$$

$$T = 118,25\text{min} + 55,44\text{min},$$

$$T = 173,69\text{min}, T = 2,89\text{h}$$

Ważnym czynnikiem jest też czas potrzebny na zliczenie ilości kartonów po rozładunku u odbiorcy, który wynosi 1,5 minuty dla jednej palety liczącej 42 opakowania.

3. Propozycja znakowania i identyfikacji produktów przy pomocy technologii RFID

Urządzenia etykietujące będą musiały zostać zastąpione przez urządzenia umieszczające na kartonach transpondery pasywne, które następnie będą poddawane oddziaływaniu magnetycznemu. Dzięki tej czynności zostaną zaimplikowane do znaczników radiowych dane o znajdującym się w opakowaniu produkcie, które będą wykorzystywane przez następne procesy identyfikacyjne.

Pierwszym punktem odbioru informacji z transponderów bez zmian zostaną zamykarki wyposażone w wagi. Identyfikacja produktu na tym etapie, jest uzasadniona potrzebą przekazania informacji o wymiarach i wadze opakowania do pamięci robota kompletacyjnego oraz weryfikacji zgodności zakodowanych danych z rzeczywistymi parametrami produktu. Dzięki danym z czytnika znajdującego się na zamykarcie, urządzenie jest w stanie dobrać mapę kompletacji palety do pobieranego produktu z linii opakowania. Informacje o skonsolidowanej ilości produktu trafiają też do systemu FIT (Fakturowanie i Transport), dzięki czemu kierownictwo magazynu oraz produkcji mają wgląd do ilości wydanego towaru z etapu pakowania.

Drugim etapem identyfikacji produktu będzie każdy z regałów znajdujący się w strefie wysokiego składowania. W tym momencie zostaną zweryfikowane dane o ilości opakowań z informacją przekazaną przez zamykarki. Pozwoli to na wykrycie pojawiających się możliwych błędów oraz wprowadzenie do systemu FIT informacji o stanach magazynowych. Dane będą się aktualizować po przejściu palety w jedną lub drugą stronę, dlatego będzie możliwy podgląd do rzeczywistych i ciągle aktualizujących się informacji o ilości magazynowanego produktu. Jeśli opakowanie

opuści regał, zostanie to od razu odnotowane w systemie, dzięki czemu osoba nadzorująca będzie miała pełną kontrolę. Pozwoli to też na łatwiejsze zlokalizowanie szukanego produktu, ponieważ w systemie pojawią się dane o numerze regału i miejsca paletowego, w którym się znajduje.

Ostatni odbiornik informacji radiowych zostanie umieszczony w komorze chłodni w samochodzie ciężarowym, na który ładowane będą palety z produktem. Umożliwi to ewidencjonowanie opakowań znajdujących się na aucie oraz zwolni kierowcę z odpowiedzialności za niezgodności w ilości załadowanych produktów. Numer zamówienia wprowadzonego do systemu FIT zostanie powiązany z numerem bocznym auta, które to zamówienie ma dostarczyć do klienta. Czytnik wyśle do transpondera sygnał radiowy, który pozwoli na odczyt danych, a następnie dzięki połączeniu siecią Wifi przekaże je do bazy komunikacyjnej i systemu FIT, z którego po załadowaniu towaru wygenerowane zostaną dokumenty handlowe. Nową mapę punktów identyfikacji przedstawiono na rysunku 4, gdzie:

R – robot kompletacyjny,

Z – zamykarka kartonów,

O – owijkarka palet.

Podane na rysunku odległości ze względu na specyfikę programu rysunkowego wyrażone są w decymetrach.

Koszt zastosowanego pasywnego znacznika RFID dla jednego opakowania to 0,27 €. Średni kurs Euro podany przez Narodowy Bank Polski na dzień 09.12.2019 wynosi 4,28 zł. Do oznaczenia asortymentu przy założeniu średniej wysokości kursu Euro podanej przez NBP koszt oznaczenia maksymalnej ilości produktów znajdujących się w magazynie wyniesie:

$$\mathbf{K = k * n * m,} \quad (5)$$

gdzie:

K – całkowity koszt oznaczenia maksymalnej ilości produktów w magazynie,

k – koszt jednego znacznika,

n – ilość kartonów na palecie,

m – ilość palet w regałach wysokiego składowania,

$$K = 0,27 \text{ €} * 42\text{szt} * 1500\text{szt},$$

$$K = 17010 \text{ €},$$

$$K = 17010 * 4,28 \text{ zł} = 72\,802,8 \text{ zł}$$



Rys 4. Punkty identyfikacji RFID

Źródło: opracowanie własne.

Po wprowadzeniu systemu zwrotu znaczników te wartości znacznie się zmieniają. Przy założeniu 90% skuteczności zwrotów transponderów oraz po wyznaczeniu cyklu pełnego obrotu magazynowego można wyznaczyć prognozę kosztu znakowania produktów metodą RFID.

Zdolność magazynowa strefy wysokiego składowania wynosi 1300 ton, co przekłada się na 1500 miejsc paletowych. Każda paleta może zmieścić do 42 kartonów gotowego wyrobu, dlatego zdolność magazynowa wyrażona w kartonach wynosi:

$$Z = z * n, \quad (6)$$

gdzie:

Z – zdolność magazynowa wyrażona w kartonach,

z – zdolność magazynowa wyrażona w miejscach paletowych,

n – ilość kartonów na palecie

$$Z = 1500\text{szt} * 42\text{szt},$$

$$Z = 63000\text{szt},$$

W ciągu doby zakład opuszcza 300 ton gotowego wyrobu, co stanowi 23,08% zdolności magazynowej. Na podstawie tego można w przybliżeniu wyznaczyć jaka ilość kartonów jest wysyłana codziennie przez przedsiębiorstwo:

$$N = Z * M/m, \quad (7)$$

gdzie:

N - ilość kartonów wyrobu wysyłanych codziennie przez zakład,

Z - zdolność magazynowa wyrażona w kartonach,

M – zdolność magazynowa wyrażona w tonach,

m – dzienna wysyłka wyrażona w tonach,

$$N = 63\ 000\text{szt} * 1300\text{t} / 300\text{t},$$

$$N = 63\ 000\text{szt} * 0,2308,$$

$$N \approx 14538\text{szt},$$

Po ustaleniu przybliżonej ilości wysyłanych kartonów w ciągu jednej doby można wyliczyć cykl całkowitej wymiany towaru na magazynie:

$$C = z / n, \quad (8)$$

gdzie:

C – cykl całkowitej wymiany towaru w magazynie,

z – zdolność magazynowa wyrażona w kartonach,

n – ilość opakowań wysyłanych codziennie przez przedsiębiorstwo,

$$C = 63\,000\text{szt} / 14538\text{szt/dzień}$$

$$C = 4,33 \text{ dnia}$$

Towary wysyłane są przez przedsiębiorstwo przez 5 dni roboczych w ciągu tygodnia, co w skali rocznej daje 260 dni. Oznacza to, że magazyn w pełni rotuje w ciągu roku 60 razy. Na tej podstawie zostaje policzony roczny koszt znakowania towarów, który wynosi 4 368 168 zł. Daje to wzrost kosztów etykietowania względem klasycznej metody znakowania kodem kreskowym o **1 722 168 zł** w skali roku.

Dzięki informacji o regale, w którym znajduje się dany asortyment, czas na zlokalizowanie kolejnego opakowania skraca się do 15 sekund. Opierając się na tym można wyznaczyć czas na skompletowanie i dostarczenie palety do strefy wysyłki po wdrożeniu systemu RFID podstawiając nowe dane do wzoru nr 2:

$$T = 180s + 42\text{szt} * 15s + 60s,$$

$$T = 870s, T = 14,5\text{min}.$$

W tym wypadku pomija się też czas potrzebny na skanowanie optyczne etykiet, który wynosił 1,4 minuty.

Całkowity czas załadunku dla poszczególnych rodzajów aut po wdrożeniu systemu automatycznej identyfikacji RFID został policzony przy pomocy wzoru nr 4 z pominięciem zmiennej „t₂ – czas potrzebny na skanowanie etykiety i wystawienie dokumentów”:

- dla auta o pojemności 18 miejsc paletowych:

$$T = 18\text{szt} * 14,5\text{min} / 3 + 0,28\text{min} * 18\text{szt},$$

$$T = 87\text{min} + 5,04\text{min},$$

$$T = 92,04\text{min}, T = 1,53\text{h}$$

Dodatkowy czas zaoszczędzony na liczeniu opakowań u klienta: 27 minut

- dla auta o pojemności 21 miejsc paletowych:

$$T = 21\text{szt} * 14,5\text{min} / 3 + 0,28\text{min} * 21\text{szt},$$

$$T = 101,5\text{min} + 5,88\text{min},$$

$$T = 107,38\text{min}, T = 1,79\text{h}$$

Dodatkowy czas zaoszczędzony na liczeniu opakowań u klienta: 31,5 minuty

- dla auta o pojemności 33 miejsc paletowych:
 $T = 33\text{szt} * 14,5\text{min} / 6 + 0,28\text{min} * 33\text{szt}$,
 $T = 79,75\text{min} + 9,24\text{min}$,
 $T = 88,99\text{min}$, $T = 1,48\text{h}$

Dodatkowy czas zaoszczędzony na liczeniu opakowań u klienta: 49,5 minuty.

Tabelaryczne zestawienie czasu przygotowania towaru do wysyłki przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Tabelaryczne zestawienie czasu potrzebnego na załadowanie auta

Rodzaj pojazdu	Towar znakowany kodem kreskowym	Towar znakowany znacznikami RFID	Oszczędność czasu	Czas zaoszczędzony na liczeniu opakowań u klienta
	godziny	godziny	godziny	godziny
18 paletowe	2,65	1,5(3)	1,12	0,45
21 paletowe	3,1	1,79	1,31	0,53
33 paletowe	2,89	1,48	1,41	0,83

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa.

4. Analiza czasowo-kosztowa wprowadzenia innowacji w obrębie procesów znakowania i wysyłki towarów w badanym przedsiębiorstwie

Aby mieć obiektywny pogląd na zasadność tego przedsięwzięcia należy zestawić jego roczny koszt z rocznym zaoszczędzonym dzięki niemu czasem. Do wyznaczenia tego zestawienia konieczna jest informacja o ilości wysyłanych samochodów każdego rodzaju w ciągu roku oraz posiadanych rodzajów aut w ogóle. Informacje o taborze, którym dysponuje przedsiębiorstwo przedstawiają się następująco:

- 4 samochody 33 paletowe,
- 28 samochodów 21-paletowych,
- 18 samochodów 18-paletowych.

Z tego wynika, że jeden pełny wywóz towaru, przy wykorzystaniu 100% możliwości taboru zabiera 1044 palety gotowego wyrobu. Roczna zdolność produkcyjna zakładu została wyliczona według wzoru:

$$Z = p * m / q, \quad (9)$$

gdzie:

Z – roczna sprzedaż produktów wyrażona w paletach,
 p – dobową sprzedaż produktów wyrażona w kartonach,
 m – ilość dni roboczych w roku,
 q – ilość kartonów na palecie

$$Z = 14\,538 \text{ szt/dzień} * 260 \text{ dni} / 42 \text{ szt}$$

$$Z = 3\,779\,880 \text{ szt} / 42$$

$$Z = 89997 \text{ palet}$$

Dzięki temu możemy policzyć ilość obrotów pełnej zdolności transportowej taboru w celu wywozu towaru odpowiadającego rocznej sprzedaży:

$$K = z/n, \tag{10}$$

gdzie:

K – ilość obrotów pełnej zdolności transportowej taboru w ciągu

roku,

z – roczna sprzedaż produktów,

n – ilość palet wysyłanych jednym pełnym obrotem taboru,

$$K = 89997 \text{ szt} / 1044 \text{ szt},$$

$$K = 86,2 \text{ pełnych obrotów zdolności transportowej taboru}$$

Zaoszczędzony czas na ładowanie i rozładowanie samochodów w ciągu roku jest iloczynem zaoszczędzonego czasu po załadunku jednego auta wraz z czasem potrzebnym na zliczenie opakowań u klienta i ilości wysłanych aut w ciągu roku. Można to wyznaczyć przy pomocy wzoru nr 11:

$$T = (t_1 + t_2 + t_3) * m, t_n = t_1 + t_z, \tag{11}$$

gdzie:

T – szacunkowa ilość zaoszczędzonego czasu w ogóle,

t₁ - czas zaoszczędzony przy załadunku auta 18 – paletowego,

t₂ – czas zaoszczędzony przy załadunku auta 21 – paletowego,

t₃ – czas zaoszczędzony przy załadunku auta 33 – paletowego,

m – ilość obrotów pełnej zdolności transportowej taboru,

t₁ – czas załadowania auta,

t_z – czas liczenia opakowań u klienta,

n – liczba porządkowa,

$$T = [(67 + 27) \text{ min} + (78,6 + 31,5) \text{ min} + (84,4 + 49,5) \text{ min}] * 86,2,$$

$$T = 29135,6 \text{ min}, T = 485,6 \text{ h}$$

Stosunek wzrost kosztów znakowania produktów względem zaoszczędzonego czasu przedstawia się następująco:

- Wzrost rocznego kosztu znakowania produktów: +1 722 168 zł
- Szacunkowy zaoszczędzony czas, dzięki wprowadzonej innowacji: -485,6h

Zakładając zwrot etykiet od kontrahentów na poziomie 90 % zostaną one w pełni zużyte po 105 z kolei pełnym obrocie stanów magazynowych i wówczas koszt znakowania wyrobów w tym okresie wyniesie 7 185 917,42 zł, a zaoszczędzony czas sięgnie 850,6 godziny:

$$p = n * j, \quad (12)$$

gdzie:

p – ilość dni potrzebnych na rozdysponowanie stanów magazynowych,

n – ilość uzupełnień magazynu do wyczerpania (zużycia) etykiet,

j – liczba dni wysyłki potrzebnych do wyczerpania jednego pełnego magazynu,

$$p = 105 * 4,333 \text{dni}, p = 455 \text{dni}$$

$$O = (k * p / q) / m, \quad (13)$$

gdzie:

O – ilość obrotów pełnej zdolności transportowej taboru,

k – dobowa sprzedaż produkcyjna wyrażona w kartonach,

p – ilość dni potrzebnych na rozdysponowanie stanów magazynowych,

q – ilość kartonów na palecie,

m – ilość wysłanych palet jednym obrotem taboru,

$$O = (14538 \text{szt} * 455 \text{dni} / 42 \text{szt}) / 1044 \text{szt},$$

$$O = 151 \text{ obrotów pełnej zdolności transportowej taboru}$$

Zaoszczędzony czas można oszacować ze wzoru nr 11:

$$T = [(67 + 27) \text{min} + (78,6 + 31,5) \text{min} + (84,4 + 49,5) \text{min}] * 151,$$

$$T = 338 \text{min} * 151,$$

$$T = 51038 \text{min}, T = 850,6 \text{h},$$

Po oznakowaniu 105 pełnych magazynów, jakim dysponuje przedsiębiorstwo różnica w koszcie etykietowania wyniesie:

$$K = 7 185 917,42 \text{ zł} - 105 * 44 100 \text{ zł},$$

$$K = 7 185 917,42 \text{ zł} - 4 630 500 \text{ zł},$$

$$K = 2 555 417,4 \text{ zł},$$

Oznacza to, że po 105 pełnym uzupełnieniu magazynu inwestycja skutkuje wzrostem kosztów znakowania towarów o ok. 2,56 mln zł oraz oszczędność czasu na poziomie 850,6 godzin. Zaoszczędzony czas w przeliczeniu na wynagrodzenia pracowników wynosi 17 140 zł co oznacza, że w ujęciu kosztowym wdrożenie innowacji jest nieopłacalne. Jednak aspektem przemawiającym za wdrożeniem tej technologii jest prawdopodobieństwo zwiększenia wolumenów sprzedaży oraz wyeliminowanie błędów powstających w procesie znakowania i wysyłki towarów. Wtedy przedsiębiorstwo powinno ustalić na czym najbardziej mu zależy oraz czy błędy w identyfikacji stanowią porównywalnie wysokie koszty. Zwiększenie poziomu sprzedaży również będzie miało pozytywny wpływ na opłacalność przedsięwzięcia – wraz z wzrostem liczby zakupionych znaczników i ich ponownego użycia zmniejsza się różnica względem kosztu klasycznej metody identyfikacji przy użyciu kodów kreskowych.

Podsumowanie

Literatura zawiera bardzo wiele pozycji na temat zarządzania logistycznego w przedsiębiorstwie produkcyjnym oraz zastosowania nowych technologii w obsłudze procesów produkcyjnych i magazynowych. Znaczna część badaczy pisze na temat wdrażania nowych technologii, ich praktycznych zastosowań w obrębie działalności przedsiębiorstwa oraz integracji poszczególnych technologii z systemami informatycznymi. Dąży się do jak najbardziej efektywnego przebiegu procesów i wyeliminowania lub przynajmniej maksymalnego zminimalizowania występowania marnotrawstwa.

W trakcie przeprowadzania badań posłużono się parametrami dotyczącymi czasu przebiegu poszczególnych procesów, warunków otoczenia, w którym ma być wprowadzona innowacja oraz kosztów ponoszonych na rzecz znakowania produktów. Braki w dostępności źródeł zostały wypełnione przez zastosowanie ogólnodostępnych danych na temat kosztów materiałów służących do tradycyjnego znakowania towarów oraz odniesienie ich do zdolności badanego przedsiębiorstwa. Dało to przybliżony obraz kosztowności procesów.

Na podstawie symulacji przebiegu procesu identyfikacji i przygotowania towaru do dostarczenia klientowi oraz dzięki danym od producenta rozwiązań automatycznej identyfikacji RFID wyznaczono czasy potrzebne na zrealizowanie wszystkich etapów i czynności występujących od pakowania produktów w opakowania zbiorcze do dostarczenia ich do klientów. Pokazało to znaczne oszczędności w czasie na podstawie zestawienia rocznego oraz trwającego rok i dziewięć miesięcy. Po takim czasie następuje całkowite wyczerpanie się zastosowanych nowych znaczników identyfikacyjnych.

Policzone zostały także przewidywane koszty związane z tym przedsięwzięciem, a analiza wykazała wygenerowanie wzrostu kosztów znakowania towarów na poziomie 2,56 mln zł na samej identyfikacji towarów po upływie 455 dni roboczych od zastosowania radiowych metod znakowania opakowań zbiorczych. Wdrożenie tej technologii pozwoli jedynie na zmniejszenie ilości błędów w procesie znakowania i wysyłki towaru. Opłacalność przedsięwzięcia zostanie osiągnięta jedynie poprzez zwiększenie poziomu zwrotów etykiet.

Literatura

1. Dębowski L. (2006), *Technika RFID i jej aplikacje*. „Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej vol. 22”, s. 31-36
2. Długosz J. (2009), *Nowoczesne technologie w logistyce*., Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne
3. Łazicki A., Krużycka L., Zieliński L., Jurek R. (2016). *Zarządzanie Magazynem*. Warszawa: Wiedza i Praktyka.
4. Majewski J. (2002), *Kategorie systemów wspomagających zarządzanie logistyką*, „Informatyka dla logistyki”, Poznań: Biblioteka logistyka
5. Majewski J. (2006), *Informatyka w magazynie*, Poznań: Biblioteka logistyka.
6. Kwaśniewski S., Zajac P. (2004), *Automatyczna identyfikacja w systemach logistycznych*, Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej
7. Radziejowska G. (2012), *Aspekty logistyczne w zarządzaniu realizacją zamówień na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego*, „Zeszyty Naukowe, Organizacja i Zarządzanie/ Politechnika Śląska vol. 60, s. 305-320
8. Śląski P., Giga A. (2005), *Zarządzanie procesami logistycznymi w łańcuchu dostaw*, „Problemy Techniki i Uzbrojenia vol. 34, s. 19-24
9. Urban W., Ratter E., Wangwacharakul P., Poksinska B. (2018), *Coexistence of the BRC Standard for Packaging and the Lean Manufacturing methodology*, “Engeneering Management in Production and Services vol 10(3), s. 51-61

Automatization of labelling and identification processes and their impact on time and cost effectiveness of production company – case study

Abstract

The aim of this article was to discover how the fact that a wide range of products is produced by a company may facilitate its identification process simultaneously reducing costs of its production in the near future. Next, it was noticed that too much time and energy is devoted to simply counting boxes immediately after unloading them at the client's store. As a consequence of inappropriate identification during previous stages, a driver may be accused of being suspect or neglectful. That is, the initial stage of control is incomplete. It is worth mentioning that before the innovation only two control points worked, which was definitely not enough and stunt the whole process. Thus, the programme of modification of the identification stage aims at implementation of new control points.

The article covers such topics as an influence of information technology on the logistic processes, or characteristics of WMS systems. Moreover, the potential risk of introducing new systems in the company was discussed. Finally, various systems and devices facilitating automatic identification were described. Next, the third chapter consists of a characteristic of the examined company and its identification processes. The last chapter presents a project of new identification system, RFID. The results of a conducted analysis of introducing this system suggest that it is a great opportunity for the company, mostly in case of time, which may be reduced. The problem is that launch this innovation will increase cost of products labelling and it will only be profitable if labels are returning on higher than 90% level or label price going down.

Keywords

RFID identification, automatization, warehouse, time – cost efficiency