

SYSTEM INFORMATYCZNY ERP JAKO NARZĘDZIE OBLICZANIA ODDZIAŁYWANIA PROCESÓW PRODUKCJI NA ŚRODOWISKO

Łukasz DZIEMBA, Stefan SENCZYNA

Streszczenie: W przedsiębiorstwie realizuje się wiele procesów produkcji, a ich przebieg może ulegać modyfikacji. W efekcie ten sam rezultat produkcji może być osiągnięty przy różnych poziomach oddziaływania na środowisko. W publikacji przedstawiono koncepcję wykorzystania systemu informatycznego ERP do obliczania oddziaływania procesów produkcji na środowisko. Podstawą koncepcji jest wykorzystanie struktur danych systemu informatycznego ERP do odwzorowania czynników środowiska i funkcję potrzeb materiałowych do obliczania oddziaływania poszczególnych procesów. Umożliwia to obliczenie i wybranie realizacji procesu o najmniejszym oddziaływaniu na środowisko. Te różnice między realizacjami mogą być niewielkie, ale w dużej skali przyczyniać się do mniejszego oddziaływania procesów produkcji na środowisko.

Słowa kluczowe: Oddziaływanie na środowisko, procesy produkcji, systemy informatyczne klasy ERP

1 . Wprowadzenie

Organizacja przedsiębiorstwa jest strukturą hierarchiczną. Hierarchia nadaje pracownikom kompetencje do podejmowania decyzji kształtujących przebieg procesów biznesowych. Procesy biznesowe są narzędziami realizacji celów przedsiębiorstwa jak wskaźniki ekonomiczne wyznaczane na najwyższym poziomie organizacji. Konsekwentnie, decyzje na wszystkich poziomach organizacji są podporządkowane wskaźnikom ekonomicznym. Założenia ochrony środowiska wymuszają poszukiwanie i stosowanie technologii zmniejszających wpływ przedsiębiorstwa na środowisko. Kształtuje to warunki realizacji procesu planowania i kontroli produkcji będącego podstawowym procesem realizacji celów przedsiębiorstwa.

Proces planowania i kontroli produkcji jest realizowany w interakcji z otoczeniem. W odpowiedzi na potrzeby otoczenia jest planowana produkcja i są gromadzone zasoby. Realizacja produkcji, pod kontrolą organizacji przedsiębiorstwa, musi zapewniać realizację celów ekonomicznych przy jak najmniejszym zużyciu zasobów. Te procesy dzieją się w przedsiębiorstwie współbieżnie. Na wszystkich poziomach organizacji są podejmowane decyzje stymulujące przepływy zasobów aby przez wypełnienie oczekiwań otoczenia realizować cele ekonomiczne przedsiębiorstwa.

Organizacja przedsiębiorstwa, technologie produkcji i ograniczenia nakładane na decyzje w procesie planowania i kontroli produkcji zapewniają, że cele ekonomiczne są osiągnięte nie przekraczając założonych poziomów oddziaływania na środowisko. Jednakże, intensywność oddziaływania procesów produkcji na środowisko, zależnie od szczegółowych uwarunkowań planowania, może ulegać zmianom. Preferowanie decyzji planistycznych skutkujących mniejszym oddziaływaniem procesów produkcji na

środowisko dałoby dodatkowe korzyści nie naruszając znacząco celów ekonomicznych przedsiębiorstwa.

Procesy produkcji to operacje produkcji i przepływy zasobów na stanowiskach produkcji i maszynach. Procesy współdzielą operacje i stanowiska. Czyni to przedsiębiorstwo złożonym systemem, w którym te same cele mogą być osiągnięte różnymi sposobami często niewiele różnymi. Wybierając sposoby o najmniejszy oddziaływanie na środowisko wykorzystamy w pełni potencjał organizacji i technologii w minimalizacji oddziaływania na środowisko. Do realizacji tego celu potrzebna jest informacja o oddziaływaniu procesów produkcji na etapie planowania.

Ugruntowana praktyką doskonalenia zarządzania przedsiębiorstwem jest wspomaganie procesów biznesowych systemami informatycznymi ERP [5]. Jednakże systemy informatyczne klasy ERP są skomplikowanymi strukturami [3]. Rozwiązania polegające na dodaniu nowych funkcji lub modyfikacji istniejących mogą stanowić znaczny koszt dla przedsiębiorstwa. Właściwe jest tutaj rozważenie, czy funkcje wspomaganie procesów planowania i kontroli produkcji dostępne w typowych systemach informatycznych ERP wystarczą dla pozyskania informacji o oddziaływaniu procesów produkcyjnych na środowisko.

Podstawą funkcji wspomaganie i kontroli produkcji jest odwzorowanie wszystkich zasobów przedsiębiorstwa (materiałowych, produkcyjnych, osobowych i finansowych) w hierarchiczne struktury danych systemu informatycznego ERP. Te odwzorowanie służy do obliczania zasobów potrzebnych do realizacji procesów produkcji w odpowiedzi na potrzeby otoczenia [1]. Jeżeli możliwe jest wykorzystanie tych samych hierarchicznych struktur do odwzorowania czynników środowiska to również można obliczyć poziom oddziaływania na środowisko poszczególnych realizacji procesów produkcji [4].

System informatyczny klasy ERP obejmuje wspomaganie wszystkie obszary aktywności przedsiębiorstwa. Najważniejsze to logistyczny, finansowy, osobowy i produkcyjny. Informacje zawarte w tym systemie odzwierciedlają bieżące przepływy zasobów w realizacji procesów produkcji w przedsiębiorstwie. Każda odpowiedź przedsiębiorstwa na potrzeby otoczenia jest precyzyjnie odwzorowana w danych systemu informatycznego klasy ERP [3]. Zakładając, że system informatyczny klasy ERP jest w pełni wdrożony, wspomaga wszystkie procesy planowania i kontroli produkcji to można uznać, że zawiera informacje podstawowe właściwe dla realizacji ciągłego audytu oddziaływania na środowisko [4]. Potrzebne jest jeszcze powiązanie tych informacji ze wskaźnikami środowiska.

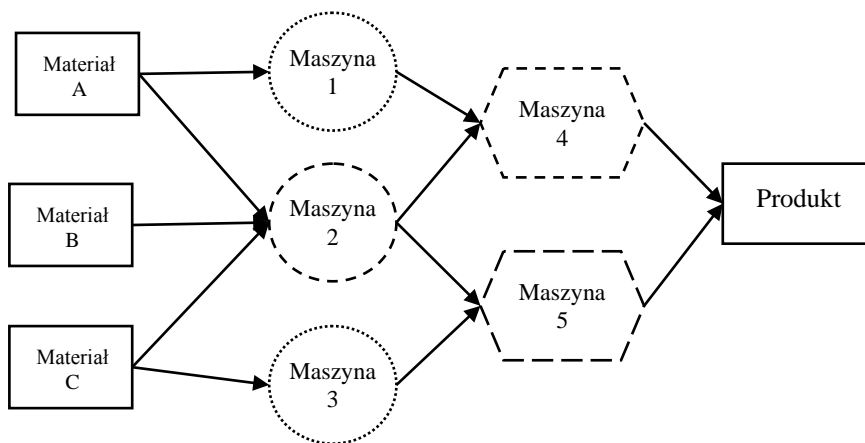
W publikacji pokazujemy możliwość wykorzystania funkcji i struktur danych systemu informatycznego do obliczania oddziaływania realizacji procesów produkcji na środowisko. Wyniki obliczeń umożliwiłyby porównanie poszczególnych realizacji procesów produkcji i wybieranie realizacji o najmniejszy poziom oddziaływania. W ten sposób poprzez kumulację niewielkich różnic można dodatkowo obniżyć oddziaływanie przedsiębiorstwa na środowisko. Dyskusja proponowanego rozwiązania obejmuje następujące zagadnienia:

- przebieg procesów produkcji a różnice w oddziaływaniu na środowisko,
- odwzorowanie procesów produkcji w strukturach systemu informatycznego ERP,
- koncepcja odwzorowania czynników środowiska w strukturach danych systemu informatycznego ERP,
- implementacja rozwiązania.

2. Przebieg procesów produkcji a różnice w oddziaływaniu na środowisko

Procesy produkcji to przetwarzanie materiałów i surowców z użyciem energii na stanowiskach pracy wyposażonych w maszyny. Potencjalnie, każde działanie, zmiana stanu materiałów czy zużycie energii ma wpływ na środowisko. Przebieg procesu jest ściśle podporządkowany technologii produkcji lub recepturze. Wymagany poziom oddziaływania na środowisko jest osiągany przez odpowiednie technologie produkcji i receptury oraz urządzenia przeciwdziałające skutkom przetwarzania materiałów.

Jednakże w przedsiębiorstwie realizuje się wiele procesów produkcji a ich przebieg może ulegać modyfikacji (długość ścieżek transportu, czystość materiałów, mniejsza energochłonność maszyn). W efekcie ten sam rezultat produkcji może być osiągnięty przy różnych poziomach oddziaływania na środowisko. Te różnice mogą być niewielkie, ale w dużej skali przyczyniać się do mniejszego oddziaływania procesów produkcji na środowisko.



Rys. 1. Proces produkcji posiadający alternatywne ścieżki realizacji

Źródło: opracowanie własne

Na rysunku 1 przedstawiono przykład procesu produkcji realizowany na maszynach. Dla przepływów materiałów wejściowych (symbol prostokąta) istnieją alternatywne ścieżki (np. dla materiału A jest to ścieżka do maszyny 1 i ścieżka do maszyny 2). Produkt z maszyny 2 może być przekazany do maszyny 4 lub 5. Rodzaj linii kreskowanej określa poziom oddziaływania maszyn na środowisko. Tak, na przykład maszyna 2 może oddziaływać na większym poziomie, ale dla przetwarzania materiałów A i C nie musi być używana. Zmienia to poziom oddziaływania procesu na środowisko, chociaż ta różnica będzie niewielka.

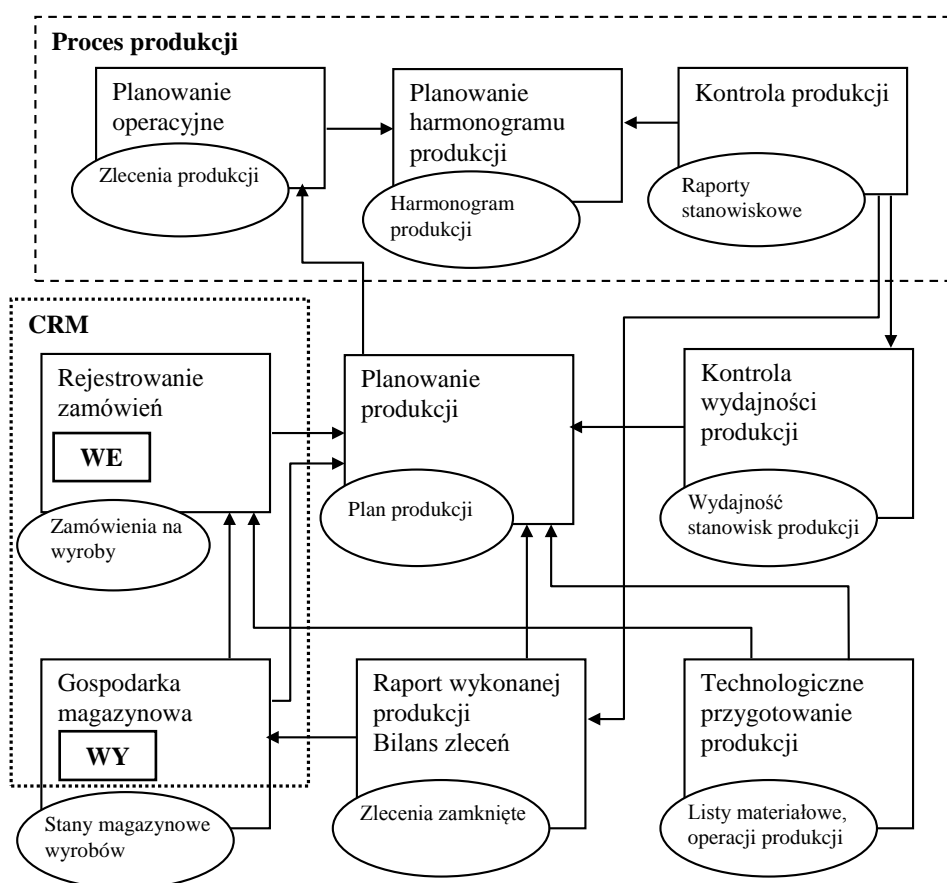
Dla minimalizowania oddziaływania procesów produkcji na środowisko, tam gdzie te różnice mogą wystąpić, potrzebne jest rozwiązanie nie obciążające organizacji przedsiębiorstwa dodatkowymi, nadmiernymi działaniami.

Potencjalnym narzędziem dla obliczenia wpływu procesów produkcji jest system informatyczny typu ERP (Enterprise Resource Planning). Ten system jest powszechnie stosowany do wspomagania zarządzania przedsiębiorstwami i gromadzi dane odwzorowujące wszystkie aspekty działalności przedsiębiorstwa.

W następnym rozdziale przedstawiono charakterystykę systemu ERP w obszarze wspomagania funkcji planowania i kontroli. Natomiast koncepcję odwzorowania czynników środowiska w strukturach danych systemu informatycznego ERP przedstawiono w rozdziale 4.

3. Odwzorowanie procesów produkcji w strukturach danych systemu informatycznego ERP

W przedsiębiorstwie, w odpowiedzi na potrzeby otoczenia, są planowane i realizowane procesy produkcji. Aktywność produkcyjna przedsiębiorstwa polega na ciągłym gromadzeniu zasobów i ich przetwarzaniu dopasowując dynamikę produkcji do zmian w potrzebach otoczenia. W tym celu tworzona jest hierarchiczna organizacja przedsiębiorstwa umożliwiającą planowanie, koordynowanie i kontrolowanie działań w podstawowych dziedzinach aktywności przedsiębiorstwa: przepływów finansowych, obrotu towarowego, gospodarki magazynowej i logistyki, zarządzania kadrami, oraz planowania i kontroli produkcji.



Rys. 2. Zbiory danych i procesy przetwarzania w dziedzinie planowania produkcji

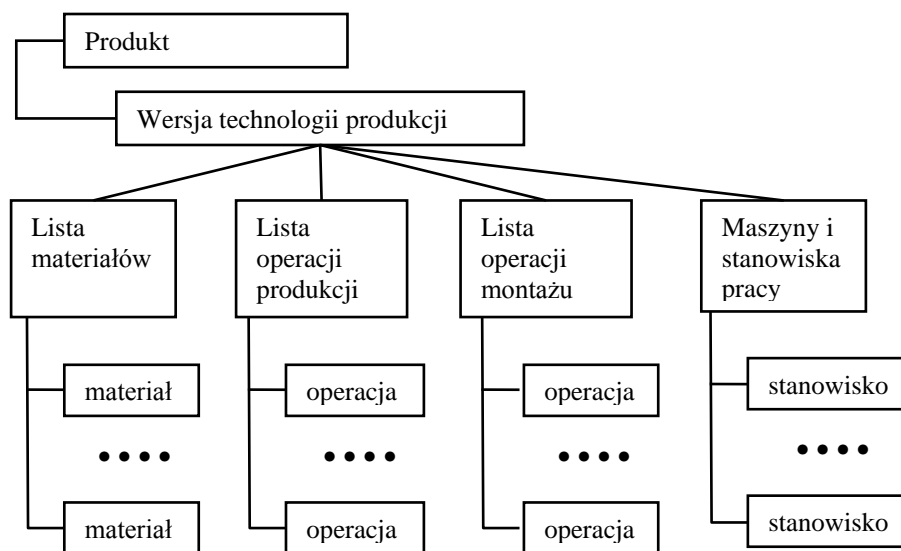
Źródło: opracowanie własne

Informacje o zasobach, potrzebach klientów, planistyczne i finansowe są gromadzone w zbiorach danych w organizacji przedsiębiorstwa. Te zbiory danych są przetwarzane przez procesy, które są równoważne funkcją w dziedzinach aktywności organizacji przedsiębiorstwa. Podstawowe zbiory danych (symbole owalne) i procesy przetwarzania danych (symbole prostokątów) w dziedzinie planowania produkcji przedstawiono na rysunku 2.

Informacje gromadzone w zbiorach danych dokładnie odwzorowują przepływy zasobów w procesach produkcji. Stanowi to potencjał, który można wykorzystać w zarządzaniu przedsiębiorstwem uwarunkowanym czynnikami środowiska.

Procesy produkcji w przedsiębiorstwie są planowane i kontrolowane w odpowiedzi na potrzeby otoczenia [1]. Dla realizacji funkcji planowania i kontroli w systemie klasy ERP muszą być odwzorowane procesy produkcji i powiązane z nimi przepływy zasobów [3]. Podstawą odwzorowania jest model procesu produkcji, który jest formułowany w oparciu o ramowe założenia:

- proces produkcji jest skończony zbiorem miejsc składowania, przekształcania, obróbki surowców lub montażu elementów, które są połączone ze sobą przepływami zasobów.
- produkty oraz odpady na wyjściu lub wyjściach procesu produkcji powstają, gdy zasoby zostaną przemieszone w określony sposób i określonym czasie przez miejsca przekształcania, obróbki surowców lub montażu elementów.



Rys. 3. Model odwzorowania procesu produkcji w strukturach systemu informatycznego klasy ERP

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie powyższych założeń, uwzględniając specyfikę organizacji przedsiębiorstwa, definiowane są zbiory danych i procesy przetwarzania w systemie informatycznym klasy ERP. Model ujednocenia zasady wspomagania planowania i kontroli produkcji przez system informatyczny klasy ERP, dzięki czemu dyskutowane w publikacji rozwiązanie dotyczy szerokiej grupy przedsiębiorstw, wspomaganych systemami ERP [8].

Przykład model procesu produkcji, tworzonego w strukturach danych systemu informatycznego klasy ERP, reprezentatywny dla wielu typów przedsiębiorstw, przedstawia diagram na rysunku 3. Pełne odwzorowanie obejmuje od kilkudziesięciu do kilkuset parametrów każdego z miejsc (składowania, przetwarzania, montażu), co daje złożone zbiory danych, ale dzięki czemu mamy możliwość ich wykorzystania w obliczaniu oddziaływania procesów produkcji na środowisko.

Odwzorowania modelu procesu produkcji w systemie informatycznym klasy ERP musi zapewniać komplet informacji potrzebny dla realizacji funkcji planowania i kontroli. W tym celu w systemie informatycznym klasy ERP są tworzone hierarchiczne struktury danych służące do odwzorowania i aktualizacji następujących aspektów aktywności produkcji przedsiębiorstwa:

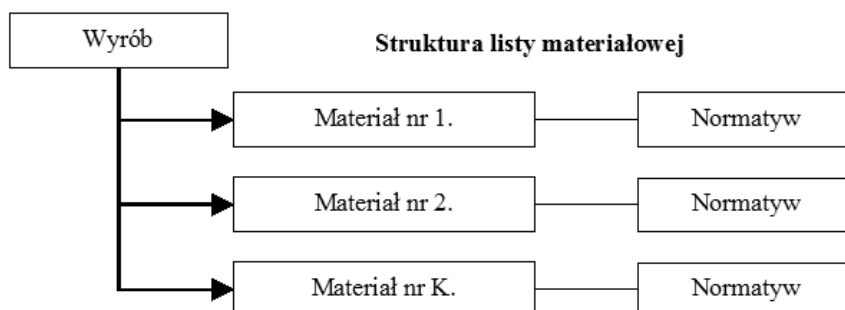
- struktura organizacyjna i zasoby kadrowe przedsiębiorstwa,
- magazyny i listy towarów, materiałów i produktów,
- dostawcy i odbiorcy materiałów, półproduktów, wyrobów,
- maszyny, urządzenia, miejsca pracy i wskaźniki wydajności produkcji,
- technologia produkcji (rysunek techniczny), listy operacji produkcji i montażu, listy operacji produkcji i montażu, marszruty produkcji półfabrykatów,
- kalkulacje kosztów i wycena wszystkich zasobów osobowych i materiałowych zużytych w produkcji,
- urządzenia i materiały pomiarowe.

Dane w systemie informatycznym klasy ERP są wprowadzane i aktualizowane, gdy występują zdarzenia w procesie produkcji (przepływy zasobów, czynności produkcji). Pozwala to obliczać stan procesu produkcji w trakcie jego realizacji i podejmować decyzje zapewniające jak najkorzystniejsze wskaźniki dla przedsiębiorstwa. Na tym mechanizmie opiera się koncepcja wykorzystania systemu informatycznego klasy ERP w obszarze środowiska. Jeżeli, wykorzystując istniejące struktury danych systemu informatycznego klasy ERP, wprowadzimy powiązane z procesem produkcji wskaźniki charakteryzujące środowisko, to będzie możliwe obliczenie wskaźników charakteryzujących wpływ procesów produkcji na środowisko. W następnym rozdziale pokazano wykorzystanie struktur systemu informatycznego klasy ERP dla odwzorowania czynników środowiska w powiązaniu z procesem produkcji.

4. Koncepcja odwzorowaniu czynników środowiska w strukturach danych systemu informatycznego ERP

Podstawą funkcjonowania systemu klasy ERP jest odwzorowanie wszystkich składników przedsiębiorstwa w strukturach danych systemu klasy ERP. Odwzorowanie uwzględnia podział działalności przedsiębiorstwa na dziedziny. Dla odwzorowania czynników środowiska zastosujemy struktury danych należące do dziedziny planowanie i kontrola przepływów materiałowych. Podstawowe struktury danych stanowiące odwzorowania procesu produkcji są następujące:

- listy materiałowe i normatywy produkcji,
- listy operacji produkcji i czasy operacji,
- listy operacji montażu i czasy montażu,
- listy stanowisk produkcji,
- harmonogramy produkcji,
- lista rozkazów (zleceń) produkcji.



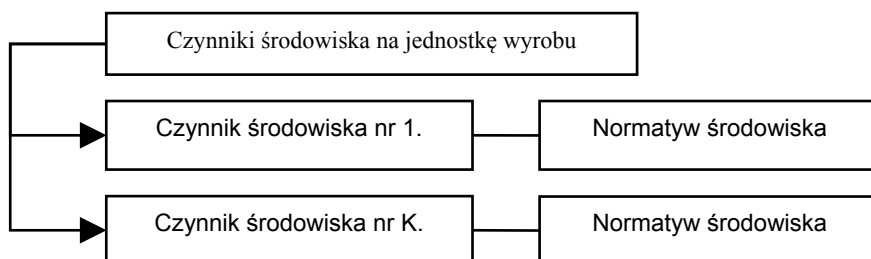
Rys. 4 Struktura listy materiałowej
Źródło: opracowanie własne

Na wymienionych strukturach danych są wykonywane obliczenia funkcji planowania i kontroli, w szczególności:

- planowanie potrzeb materiałowych,
- weryfikacja zdolności produkcji,
- kontrola realizacji rozkazów (zleceń) produkcji.

Strukturę listy materiałowej i normatywów produkcji przedstawia rysunek 4. Lista zawiera wykaz wszystkich materiałów, które należy użyć do produkcji poszczególnych wyrobów. Listę materiałową można zastosować do odwzorowania mierzalnych czynników środowiska, które wystąpią w całym cyklu produkcji wyrobu w przedsiębiorstwie. Czynniki środowiska, po przeliczeniu na jednostkę wyrobu, wprowadzamy na listę jako tzw. normatyw. Odwzorowanie czynników środowiska przez listę materiałową systemu ERP przedstawia rysunek 5. Listy materiałowe są danymi potrzebnymi do obliczania potrzeb materiałowych do planu produkcji. Przy założeniu, że przedsiębiorstwo dysponuje pewnymi zapasami materiałów, obliczenia można przedstawić następująco:

$$[\text{zapasy materiałów}] - [\text{lista materiałowa}] * [\text{plan produkcji wyrobów}].$$



Rys. 5. Odwzorowanie czynników środowiska na liście materiałowej
Źródło: opracowanie własne

Nawiasy kwadratowe oznaczają, że dane są przechowywane w strukturach (tabelach) systemu informatycznego ERP. Wyniki obliczeń, dopuszczając wartości ujemne, stanowią plan potrzeb materiałowych. Podstawiając, jako materiały, na liści materiałowej, odpowiednie czynniki środowiska i powiązane z nimi normatyw środowiska możemy użyć

obliczeń planu potrzeb materiałowych do obliczenia planowanego zapotrzebowania na środowisko.

5. Implementacja rozwiązania

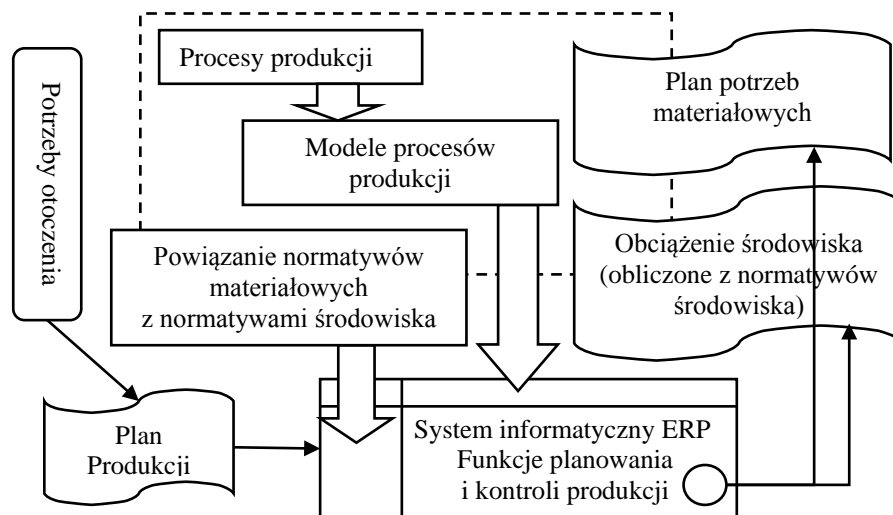
System informatyczny klasy ERP przez swoje funkcje i zbiory danych wspomaga wszystkie obszary działalności przedsiębiorstwa. Na podstawie publikowanej standaryzowanej specyfikacji system informatyczny klasy ERP są wytwarzane implementacje, które uwzględniają wielkość, strukturę organizacyjną lub działalność przedsiębiorstwa. Standaryzacja określa strukturę system informatyczny klasy ERP odpowiednio do podziału działalności przedsiębiorstwa na dziedziny. system informatyczny klasy ERP jest podzielony na moduły korzystające ze zbiorów danych, które stanowią odwzorowanie przedsiębiorstwa.

System informatyczny klasy ERP wspomaga zarządzanie przedsiębiorstwem przejmując funkcje organizacji w poszczególnych dziedzinach aktywności przedsiębiorstwa oraz komunikacji z otoczeniem [6]. Poszczególne dziedziny aktywności przedsiębiorstwa posiadają swoje odwzorowanie w modułach systemu informatycznego klasy ERP. Umożliwia to planowanie i kontrolowanie wszystkich przepływów zasobów [7] w procesie produkcji. Z jednej strony informacje z otoczenia są przetwarzane w informacje właściwe dla zarządzania procesem produkcji i kierowane, jako wymuszenie działań do procesu produkcji. Do kadry na stanowiskach roboczych, a w zaawansowanych systemach bezpośrednio do maszyn. Z drugiej strony informacje płynące z procesu produkcji, po przetworzeniu, obrazują stan procesu produkcji i umożliwiają obliczanie wskaźników ekonomicznych przedsiębiorstwa. W efekcie, decyzje podjęte na ich podstawie służą utrzymaniu właściwej, do potrzeb otoczenia, dynamiki procesu produkcji.

Podstawą uruchomienia i realizacji procesów produkcji jest plan produkcji. Plan produkcji jest sumą potrzeb klientów w otoczeniu przedsiębiorstwa za pewien okres (od kilku do kilkudziesięciu dni). W przypadku dynamicznie działających przedsiębiorstw jest to terminowe zapotrzebowanie (zlecenie) jednostkowego klienta. W obu przypadkach w systemie informatycznym klasy ERP uruchamia się szereg funkcji, aby obliczyć potrzeby materiałowe, rezerwować zasoby do produkcji, obliczyć harmonogramy produkcji. Zaawansowane systemy informatyczne klasy ERP posiadają funkcje symulacji planu produkcji i zleceń [3]. Funkcja symulacji umożliwia obliczenie kosztów produkcji, co jest podstawą do szukania tańszych realizacji produkcji manipulując przepływami zasobów i terminami zakończenia poszczególnych etapów produkcji [1].

W analogiczny sposób można szukać realizacji produkcji, które w jak najmniejszy stopniu obciążają środowisko. Jest to korzyść słabo wpływająca na wskaźniki ekonomiczne przedsiębiorstwa, ale umożliwiająca zarządzanie przedsiębiorstwem zorientowane na środowisko. Na rysunku 6 pokazano strukturę systemu i podstawowe zbiory danych służące wspomaganie zarządzania zorientowanego na środowisko.

Podstawą metody obliczania poziomu oddziaływania procesów produkcji na środowisko jest odwzorowanie modelu procesu produkcji i powiązanie czynników środowiska z tym modelem. Wejściem obliczeń jest plan produkcji. Użycie funkcji symulacji pozwala obliczyć potrzeby materiałowe i poziomy oddziaływania na środowisko do planu produkcji.



Rys. 6. System ERP w obliczaniu różnic oddziaływania procesów produkcji na środowisko
 Źródło: opracowanie własne

Wybór planu produkcji, kierując się najmniejszymi poziomami oddziaływania na środowisko, jest podstawą zarządzania zorientowanego na środowisko. Tworzenie alternatywnych planów produkcji i ich symulacja tworzy zbiór wariantów działania przedsiębiorstwa. Poziomy oddziaływania planu produkcji na środowisko, obliczone po wprowadzeniu normatywów środowiska – rysunek 5, są podstawą selekcji planu produkcji o potencjalnym, najmniejszym oddziaływaniu na środowisko. W tym celu muszą być utworzone alternatywne plany dla realizacji tych samych potrzeb otoczenia. Te działania można, z perspektywy zarządzania, nazwać mikro planowaniem produkcji. Każdy z planów odpowiada na te same potrzeby otoczenia, ale wskazuje na alternatywne ścieżki działania w przedsiębiorstwie. Te ścieżki niewiele będą się od siebie różniły, co wynika z nieznacznie różniące się od siebie surowców, maszyn czy dróg transportu. Tą metodą odnajdujemy mikro zmiany poziomów oddziaływania procesów produkcji na środowisko. Wykorzystując zaawansowaną funkcjonalność systemu informatycznego ERP możemy implementować metodę mikro planowania w minimalnym stopniu wpływając na koszty użytkowania systemów wspomagania zarządzania w przedsiębiorstwie.

Literatura

1. Dziemba Ł., Senczyna S.: Wprowadzenie metody ATP do sterowania siecią przedsiębiorstw wspomaganych systemami informatycznymi ERP. w Systemy wspomagania w Inżynierii Produkcji, 2013.
2. Dziemba Ł., Senczyna S.: Methods for supporting the flow of information about the environmental factors in emergency services and prevent action. System Suporting Production Engineering, ed.: Witold Biały, Jan Kaźmierczak, Gliwice 2012.
3. Senczyna S.: Analiza struktur i przepływów danych w implementowaniu funkcji planowania w systemie informatycznym sieci przedsiębiorstw. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw*, Nr 7 (666) Lipiec 2005.

4. Senczyna S.: Systemy Wspomagania Decyzji. Funkcje systemu ERP w modelowaniu oddziaływania sieci logistycznej na środowisko. Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego. Wydawnictwo UE w Katowicach. Szczyrk 2011.
5. Lech P.: Systemy ERP/ERP II. Zastosowanie w biznesie i wdrażanie. Warszawa: Difin, 2003.
6. Szafraniec M.: Analiza systemu informacyjno-decyzyjnego w Unii Europejskiej. Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, Inżynieria Systemów Technicznych, Zeszyt 2 (11) Gliwice: P.A. Nowa S.A. 2015.
7. Żabińska I.: Analiza procesu logistycznego w obszarze zaopatrzenia dla potrzeb wdrożenia systemu informatycznego wspomagania produkcją. Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, Inżynieria Systemów Technicznych, Zeszyt 2 (11) Gliwice: P.A. Nowa S.A. 2015.
8. Machura A.: Praktyczne zastosowanie metod i narzędzi inżynierii programowania podczas projektowania procesów gospodarczych. Systemy Wspomagania Organizacji. Praca zbiorowa pod red. Porębskiej-Miąc T. i Sroka H. Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2012.
9. Jabłońska M., R.: Komputerowe wspomaganie sterowania poziomem zużycia energii w budynku energooszczędnym. Systemy Wspomagania Organizacji. Praca zbiorowa pod red. Porębskiej-Miąc T. i Sroka H. Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2012.

Dr inż. Łukasz DZIEMBA
Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze
e-mail: l.dziemba@polsl.pl

Dr inż. Stefan SENCZYNA
Wyższa Szkoła Finansów i Prawa, Wydział Technologii Informatycznych
Katedra Informatyki i Metod Ilościowych
ul. Tańskiego 5, Bielsko-Biała
e-mail: stefan.senczyna@gmail.com