

Katarzyna Grobler*

Algorytmy MRP i CRP w systemie informatycznym IFS Applications

1. Wprowadzenie

Ze względu na wzrastające wymagania rynkowe, podstawą prosperowania przedsiębiorstw produkcyjnych jest ich zdolność do sprawnego i opłacalnego zarządzania przepływem produkcji. W celu zwiększenia konkurencyjności, staje się konieczne wsparcie systemem informatycznym. Praktyczne pakiety oprogramowania systemów klasy ERP bardzo skutecznie wspomagają pracę całej firmy.

W dzisiejszych czasach obserwujemy dynamiczny rozwój tego typu systemów oraz wzrost zakresu ich zastosowań. Dzięki zaimplementowanym w systemach nowoczesnych metodyk zarządzania różnymi procesami zachodzącymi w firmie, systemy te pozwalają nie tylko na przechowywanie ogromnej ilości danych, ale przede wszystkim na sprawne przekazywanie, przetwarzanie, analizowanie i kontrolowanie zgromadzonych informacji.

Jeśli system zarządzania produkcją ma przynosić korzyści, musi wspierać zarządzanie produktem podczas całego cyklu jego życia, do czego należą m.in. planowanie zasobów, potrzeb materiałowych czy też zdolności produkcyjnych, harmonogramowanie zaopatrzenia i dostaw oraz wykorzystanie kapitałów i zasobów w sposób optymalny.

Metoda MRP, czyli planowanie potrzeb materiałowych, jest podstawową metodą wchodzącą w skład metodyk wspomagających zarządzanie produkcją. Jej głównym zadaniem jest rozwiązywanie problemów materiałowych na produkcję, czyli optymalizowanie planu zapotrzebowania materiałowego poprzez zbilansowanie całego zapotrzebowania z aktualnym stanem magazynów, produkcją w toku i bieżącymi dostawami.

Zaś metoda CRP, czyli planowanie zdolności produkcyjnych, to kalkulacja całkowitej zdolności produkcyjnej, co oznacza, że obejmuje ona wszystkie wygenerowane rekordy i wszystkie zapotrzebowania na zlecenia produkcji. Jej głównym celem jest pomoc w sprawdzeniu, czy plan produkcyjny jest wykonalny (to znaczy, czy zdolności są wystarczające do wykonania wszystkich zleceń produkcji).

* Katedra Automatyki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie problematyki, zalet zaimplementowania oraz współpracy dwóch modułów IFS/MPR i IFS/CRP w najnowszej wersji jednego z systemów klasy ERP – IFS Applications.

2. Opis systemu IFS Produkcja

Moduły IFS/Planowanie Potrzeb Materiałowych i IFS/Planowanie Zdolności Produkcyjnych wchodzi w skład systemu IFS Produkcja, który wspomaga planowanie, wykonanie, kontrolę i analizę produkcji, na wszystkich etapach procesu produkcyjnego. Opis systemu IFS Produkcja oraz pozostałych systemów należących do IFS Applications można znaleźć w pracach [1, 2] oraz na stronie internetowej firmy [5].

System IFS Produkcja jest jednym z produktów firmy Industrial & Financial Systems, należącym do zestawu kompletnych systemów informatycznych klasy ERP, IFS Applications. IFS Produkcja jest związana z innymi produktami IFS Applications. Powiązania między systemami pokazuje rysunek 1.



Rys. 1. Powiązania systemu IFS Produkcja z innymi systemami IFS Applications

Najściślej powiązanie występuje z produktem *IFS Dystrybucja*, ponieważ zarówno Produkcja, jak i Dystrybucja wykorzystują ten sam system magazynowy. Ponadto połączenie między tymi systemami jest wykorzystywane do sterowania zakupami i produkcją, co ułatwia monitorowanie zapotrzebowań jak również służy do oszacowania kosztów produkcji.

Powiązanie z *IFS Finance* umożliwia transfer transakcji produkcyjnych i magazynowych do systemu finansowego i ich zaksięgowanie, co pomaga kontrolować finanse.

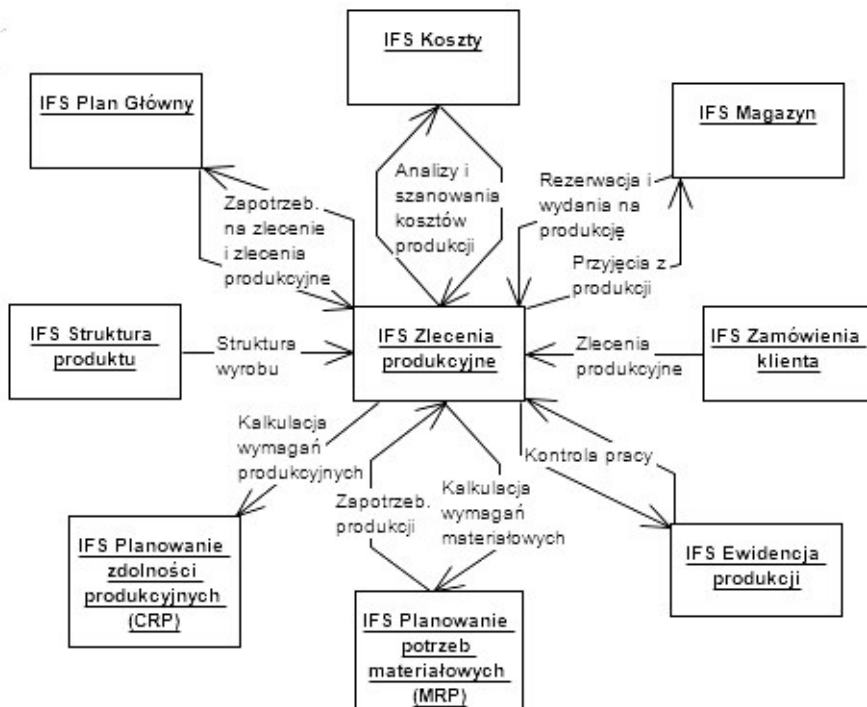
Dane na temat struktury wyrobu mogą pochodzić z produktu *IFS Projektowanie*, który zajmuje się przetwarzaniem danych konstrukcyjnych, podczas gdy IFS Produkcja przetwarza struktury wytwarzanych pozycji. Zatem powiązanie to ułatwia sporządzenie specyfikacji materiałów wchodzących w skład wyrobu, ustalenie partii produkcyjnej, wersji konstrukcyjnej i monitorowanie produktu w czasie cyklu jego życia.

System *IFS Remonty* służy do zarządzania majątkiem przedsiębiorstwa. Wspomaga min. rejestrację urządzeń, nadzorowanie prac konserwacyjnych czy też planowanie bieżących prac remontowych. Połączenie z IFS Produkcja służy przede wszystkim do zintegrowania i nadzoru dokumentacji serwisowej dla produktów wymagających utrzymania.

Powiązanie z *IFS Zarządzanie zasobami* służy przede wszystkim do szybkiego raportowania czasu pracy.

Oczywiście zainstalowanie w firmie tych wszystkich produktów nie jest konieczne do korzystania z aplikacji, ale jest to korzystniejsze ze względu na to, że niektóre połączenia znacznie zwiększają przepływ informacji, co ułatwia zarządzanie.

IFS Produkcja zbudowany jest z niezależnych modułów funkcjonalnych, które można integrować i modyfikować. Powiązania między modułami pokazuje poniższy rysunek 2.



Rys. 2. Powiązania między modułami systemu IFS Produkcja

Moduł IFS/Zlecenia Produkcyjne to narzędzie pozwalające na administrację procesu produkcji. Wspomaga kontrolę wpływu i wypływu środków oraz śledzenie produkcji. Wyszukuje informacje znajdujące się w modułach należących, zarówno do IFS Produkcja, jak i innych produktów. Może również transferować dane do innych modułów.

Zlecenie Produkcyjne może pochodzić zarówno z zamówienia klienta w module IFS/Zamówienia Klienta, jak również może być utworzone z zapotrzebowania produkcyjnego. Natomiast zapotrzebowanie może być wprowadzone ręcznie lub generowane automatycznie albo z modułu IFS/Plan Główny albo z IFS/Planowanie Potrzeb Materiałowych (IFS/MRP). Moduł IFS/Plan Główny jest narzędziem ułatwiającym tworzenie planu określającego, co i kiedy należy skierować do produkcji w oparciu o prognozy i zamówienia klienta. Moduł IFS/MRP wspiera optymalizację zamówień i zarządzanie zasobami materiałowymi dzięki funkcjonalności umożliwiającej obliczenie wymagań materiałowych i produkcyjnych.

Aby umożliwić kalkulację obciążeń gniazd produkcyjnych, moduł IFS/Zlecenia Produkcyjne dostarcza dane na temat zdolności gniazd produkcyjnych do modułu IFS/Planowanie Zdolności Produkcyjnych (IFS/CRP).

Struktury pozycji wytwarzanych mogą pochodzić z modułu IFS/Struktury, gdzie wprowadza się je ręcznie lub wyszukuje z systemu projektowego.

Podczas procesu produkcyjnego potrzebne materiały rezerwuje się i wydaje z modułu IFS/Magazyn jak również w tym module dokonuje się przyjęć do magazynu pozycji wyprodukowanych. Moduł IFS/Magazyn służy do optymalizacji operacji magazynowych poprzez monitorowanie i kontrolowanie przepływu materiałów i towarów.

Podczas trwania procesu produkcji istnieje możliwość raportowania operacji i czasu produkcji (ręcznie lub automatycznie) w module IFS/Zlecenia Produkcyjne. Raporty te można transferować z modułu IFS/Ewidencja Produkcji za pomocą terminalu Raportowania czasu pracy. IFS/Ewidencja Produkcji jako narzędzie do sporządzania raportów produkcyjnych dostarcza informacji o stanie zaawansowania operacji produkcyjnych, ilości produkcji przyjętej i odrzuconej oraz o łącznym czasie pracy operatora. Zatem zapewnia pełną kontrolę nad przebiegiem produkcji, czasem pracy i obecności pracowników.

Po wykonaniu produkcji przeprowadza się wycenę kosztów, aby porównać koszty szacowane z kosztami rzeczywistymi poniesionymi dla danej pozycji. Aby przeprowadzić wycenę, moduł IFS/Zlecenia Produkcyjne transferuje dane do modułu IFS/Koszty. Oznacza to, że ten moduł musi być zainstalowany.

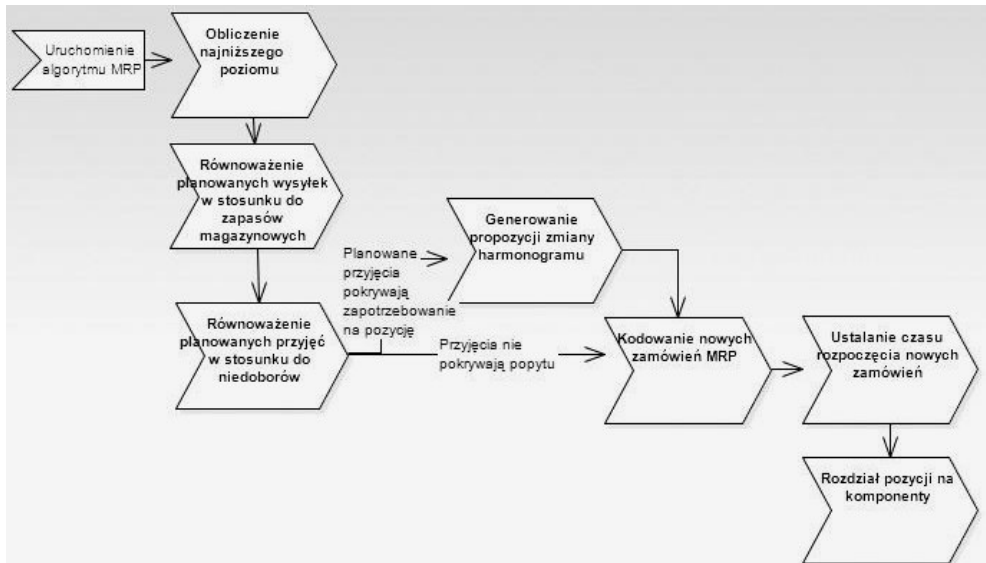
Moduły IFS Planowanie Potrzeb Materiałowych i IFS Planowanie Potrzeb Materiałowych silnie współpracują z innymi modułami. Możliwość pozyskiwania przez nie informacji ze wszystkich dostępnych źródeł opisujących dostawy i zapotrzebowanie powoduje, że oba moduły stanowią w systemie centralny element umożliwiający określenie potrzeb materiałowych i pełnych zdolności produkcyjnych całego zakładu.

2.1. Opis działania modułu IFS/Planowanie Potrzeb Materiałowych

Moduł IFS Planowanie Potrzeb Materiałowych, bazując na pełnej informacji dotyczącej zapotrzebowania materiałowego, stanu magazynów i otwartych zamówień, wylicza za-

potrzebowanie netto i optymalne wielkości partii surowców, komponentów, półproduktów i wytworzonych wyrobów jak również pozwala określić, które części zamienne skierować do produkcji.

MRP przetwarza dane o zapasach magazynowych, popycie oraz dostępności pozycji rozpoczynając od najniższego poziomu każdej pozycji. Obliczenia rozpoczynają się od ostatecznego produktu (wyrobu gotowego) i są prowadzone w dół struktury, na poszczególnych poziomach. Planowanie MRP w systemie IFS Applications składa się z siedmiu faz [3, 4], co przedstawia rysunek 3.



Rys. 3. Fazy obliczeń algorytmu MRP w systemie IFS Applications

Pierwsza faza, czyli „Obliczanie najniższego poziomu” polega na znalezieniu najniższego poziomu występowania pozycji w strukturze. W strukturze wyrobu pozycja znajdująca się na poziomie 0, to pozycja macierzysta, pozycje z poziomu pierwszego, to półprodukty itd. Podczas drugiej fazy „Równoważenie planowanych wysyłek w stosunku do zapasów magazynowych” system oblicza ilość zapasów magazynowych netto w stosunku do planowanych wysyłek pozycji. Podczas trzeciej fazy „Równoważenie planowanych przyjęć w stosunku do niedoborów” MRP sprawdza, czy niedobory pozycji nie są pokryte planowanymi przyjęciami. Jeśli przyjęcia pokrywają zapotrzebowanie na pozycję, system proponuje zmianę harmonogramu zamówień (faza 4 – „Generowanie propozycji zmiany harmonogramu istniejących przyjęć”), w przeciwnym wypadku system przechodzi do fazy 5 – „Kodowanie nowych zamówień MRP”. W tej fazie system tworzy nowe zapotrzebowania zakupu dla pozycji kupowanych lub zapotrzebowania na produkcję dla pozycji produkowanych. Każde takie zamówienie otrzymuje odpowiedni kod MRP formowania partii. Nastę-

nie system określa termin rozpoczęcia procesu produkcji (faza 6 – „Ustalenie czasu rozpoczęcia nowych zamówień”), który jest równy różnicy terminu realizacji i czasu realizacji partii. Czas realizacji partii określa się na podstawie wartości pól zdefiniowanych dla pozycji magazynowej. Podczas ostatniej fazy „Rozdział pozycji na komponenty” system przetwarza całą strukturę pozycji i tworzy zapotrzebowanie na komponenty, gdzie wymagana ilość komponentu jest iloczynem ilości pozycji macierzystej, normy zużycia i współczynnika odpadu.

By móc korzystać z modułu IFS/Planowanie Potrzeb Materiałowych podczas wprowadzania pozycji do systemu należy wybrać dla niej odpowiedni kod formowania partii. Celem wyboru zasady formowania partii jest zachowanie odpowiednich proporcji między kosztami rozpoczęcia produkcji i kosztami magazynowania pozycji. Wybór odpowiedniej zasady zależy od polityki i doświadczeń firmy. W aplikacji wyróżnione są następujące kody [3, 4]:

- Kod A – „Planowanie produkcji dyskretnej lub partii za partia” – ilość zaplanowana (propozycja zamówienia) jest równa potrzebom, z uwzględnieniem zdefiniowanych w danych planistycznych pozycji następujących wielkości: *minimalnej i maksymalnej wielkości* oraz *krotność partii*. Występujące potrzeby są łączone tylko i wyłącznie wtedy, gdy występują tego samego dnia. Zatem zapotrzebowanie netto możemy wyliczyć z następującego wzoru:

$$ZN(x) = ZB(x) - DP(x) \quad (1)$$

gdzie:

- ZN* – zapotrzebowanie netto,
- ZB* – zapotrzebowanie brutto,
- DP* – dostępne pozycje,
- x* – zmienna typu dzień.

Ten typ formatowania jest przydatny dla drogich pozycji, których potrzebujemy rzadko lub jeśli chcemy zapobiec zbytniemu zwiększeniu ilości produkcji.

- Kod B – „System punktu zamówień” – propozycja zamówienia nie jest wynikiem pojawienia się zapotrzebowania netto. By móc korzystać z tego typu formowania partii należy w danych planistycznych zdefiniować wielkości: *Punkt zamówienia* i *Wielkość punktu zamówienia*. W przypadku gdy wielkość zapasu magazynowego spadnie poniżej wartości *Punkt zamówienia*, system utworzy automatycznie propozycję zamówienia w wielkości wielokrotnej ilości podanej w polu *Wielkość punktu zamówienia*, do osiągnięcia lub przekroczenia wielkości zamówienia.
- Kod C – „Poziom uzupełnienia zapasów” – podobnie jak w przypadku kodu B propozycja zamówienia nie jest wynikiem zapotrzebowania netto. Sposób działania tej zasady różni się od zasady B tylko, tym, że pozycja jest ponownie zamawiana do osiągnięcia podanego poziomu, czyli wielkość zamówienia nie jest liczona jako wielokrotność tylko jako różnica *Wielkości punktu zamówienia* i *Ilości pozycji na stanie*. Ten sposób

formowania partii jest przydatny, gdy występują fizyczne ograniczenia dla wielkości zapasów.

- Kod D – „*System stałej wielkości partii*” – zamawiana jest stała ilość pozycji. By móc korzystać z tego typu formowania partii należy w danych planistycznych zdefiniować: *Rozmiar Partii, Ilość maksymalna, minimalna lub krotność partii*.
- Kod E – „*System najniższego kosztu jednostkowego*” – celem tej metody jest osiągnięcie najniższego kosztu jednostkowego. Metoda ta jest bardzo przydatna podczas okresowego występowania zmienności potrzeb, ponieważ w sytuacji gdy produkcja jest częsta wzrastają koszty rozpoczęcia zamówienia a zmniejszają się koszty magazynowania, zaś w sytuacji gdy spada popyt i produkcja jest rzadsza, koszty rozpoczęcia produkcji zmniejszają się za to wzrastają koszty magazynowania. Algorytm ten korzysta z takich danych planistycznych jak *koszt rozpoczęcia realizacji zamówienia i koszt magazynowy w % (czyli procentowy narzut – wskaźnik kosztu utrzymania jednostki zapasu)*. W pierwszej kolejności wylicza dzienny koszt magazynowania ze wzoru (2). Następnie dla każdego nowego zapotrzebowania system określa liczbę okresów, dla których zapotrzebowanie będzie pokryte przez następne zamówienia i jego koszt jednostkowy ze wzoru (3). Algorytm MRP sprawdza jak dużo dziennych zapotrzebowań należy zsumować wyliczając koszt jednostkowy. Po uwzględnieniu zapotrzebowania z kolejnych dni, jeśli algorytm znajdzie najniższy koszt jednostkowy, to propozycja zamówienia pokryje zapotrzebowanie dla wszystkich poprzednich dni po najniższym koszcie jednostkowym.

$$DKM = \frac{KM * KSP}{LD} \quad (2)$$

gdzie:

- DKM* – dzienny koszt magazynowania,
- KM* – koszt magazynowy w %,
- KSP* – koszt standardowy pozycji,
- LD* – liczba dni magazynowania w roku (systemowo ustalona na 220 dni).

$$KJ = \frac{KRZ + DKM * LDwM}{CWZ} \quad (3)$$

gdzie:

- KJ* – koszt jednostkowy,
 - DKM* – dzienny koszt magazynowania,
 - LDwM* – liczba dni w magazynie,
 - CWZ* – całkowita wielkość zapotrzebowania.
- Kod F – „*System minimalnego kosztu całkowitego*” – metoda ta polega na znalezieniu optymalnej wielkości zamówienia poprzez porównanie wartości kolejnych zamówień z optymalnym stosunkiem pomiędzy kosztami indywidualnego zamówienia a koszta-

mi magazynowania. W pierwszej kolejności wylicza dzienny koszt magazynowania z powyższego wzoru (2), następnie wyliczany jest tzw. optymalny iloraz, ze wzoru (4). Algorytm MRP sprawdza jak dużo dziennych zapotrzebowań należy zsumować mnożąc liczbę jednostek pozycji magazynowej z czasem magazynowania, by różnica ilorazu optymalnego i powyższej sumy iloczynów była jak najmniejsza. Propozycja zamówienia będzie pokrywać zapotrzebowania dla tych kolejnych dni, gdzie różnica ta była najmniejsza.

$$OI = \frac{KRZ}{DKM} \quad (4)$$

gdzie:

OI – optymalny iloraz,

KRZ – koszt rozpoczęcia zamówienia,

DKM – dzienne koszty magazynowania,

- Kod G – „Planowanie ilości w zleceniach dla okresu” – polega na agregacji zapotrzebowań brutto dla danej liczby dni, z uwzględnieniem zdefiniowanych w danych planistycznych pozycji następujących wielkości *minimalnej i maksymalnej wielkości* oraz *krotność partii*.
- Kod K – „Planowanie według pozycji fikcyjnej” – pozycja fikcyjna jest to pozycja, która nie ma stanu magazynowego ani nie może być zamawiana. Zatem ta metoda planowania polega na przekazaniu potrzeb do pozycji o najniższych poziomach w strukturze wyrobu (czyli dla części składowych pozycji). Podczas przekazywania zapotrzebowania, system uwzględnia ilość pozycji podrzędnych w strukturze wyrobu.
- Kod M – „Planowanie ręczne” – wykorzystuje się, gdy nie wygenerowano popytu dla komponentów. System przy kalkulacjach uwzględnia zdefiniowane w danych planistycznych pozycji następujących wielkości *minimalna wielkość partii* oraz *krotność partii*.
- Kod O – „Planowanie według pozycji poziomu 0 z planu głównego” – wykorzystywany w planowaniu głównym w module IFS/Plan Główny do kalkulacji pozycji na poziomie 0 (wyrób gotowy) w strukturze wyrobu.
- Kod P – „Planowanie według pozycji widmo” – zasada alternatywna do zasady K. Pozycja widmo w odróżnieniu od pozycji fikcyjnej może posiadać stan magazynowy. Zatem podczas kalkulacji, jeśli stan magazynowy pozycji jest nie zerowy, wtedy w pierwszej kolejności pokrycie zapotrzebowania na pozycję widmo odbywa się z magazynu, po wyczerpaniu zapasów zapotrzebowanie przekazywane jest na niższy poziom (tzn. przekazywana bezpośrednio na części składowe pozycji). Ta zasada formowania partii stosowana jest np dla części zamiennych.
- Kod T – „Planowanie według pozycji – widmo poziomu 0 planu głównego” – stosowane jeśli w planie głównym pozycja poziomu 0 jest pozycją widmo. W takim przypadku system przekazuje prognozy z poziomu 0 na poziom 1 w IFS/Plan Główny.

Zaletą wykorzystania modułu IFS MRP jest, to, że wylicza on zapotrzebowanie materiałowe netto, dane z modułu są wykorzystywane dla zleceń produkcyjnych, zapotrzebowań zakupu lub harmonogramowania produkcji i dostaw, generuje szeroką listę operacji, efektywnie wykorzystuje struktury materiałowe (BOM) lub receptury oznaczone datą lub numerem seryjnym.

2.2. Opis działania modułu IFS/Planowanie Zdolności Produkcyjnych

Moduł IFS Planowanie Zdolności Produkcyjnych umożliwia obliczenie i przedstawienie w postaci graficznej zdolności produkcyjnych wymaganych do zrealizowania planu [1–3].

Planowanie zdolności produkcyjnych (CRP) to technika używana do obliczania obciążenia dla różnych urządzeń i grup produkcyjnych na podstawie istniejącego planu produkcyjnego z modułu planowania potrzeb materiałowych (MRP). Pozwala, to ocenić, czy całościowy plan produkcji jest możliwy do realizacji w określonych warunkach. Działanie algorytmu CRP jest zdecydowanie prostsze niż działanie MRP.

CRP uwzględnia wszystkie istniejące zapotrzebowania na zlecenia produkcyjne bez względu na ich pochodzenie. Uwzględnia także stałe i zmienne propozycje planu głównego czy też marszruty i aktualną sytuację na oddziałach produkcyjnych.

Korzystając z zapotrzebowania na zasoby i informacji o wydajności różnych gniazd produkcyjnych, system przeprowadza szczegółową kalkulację CRP. Kalkulacja rozpoczyna się od bieżącej listy operacji dla standardowej części i przesuwa się do tyłu. System sprawdza, czy obciążenie planuje się tylko dla dni zawartych w kalendarzu produkcji. W kalendarzu produkcyjnym powinny znajdować się tylko dni robocze. MRP nie uwzględnia weekendów i świąt.

Po uruchomieniu kalkulacji zdolności produkcyjnych system kopiuje wszystkie informacje potrzebne do kalkulacji z wyników MRP. Ponieważ następuje kopiowanie informacji, można kontynuować pracę, gdy system przeprowadza procedurę CRP. Jeśli zmieniają się podstawowe dane, na przykład operacje dla części lub wydajność dla gniazd produkcyjnych, należy ponownie przeprowadzić kalkulację. W przeciwnym wypadku wyniki będą nieprawidłowe.

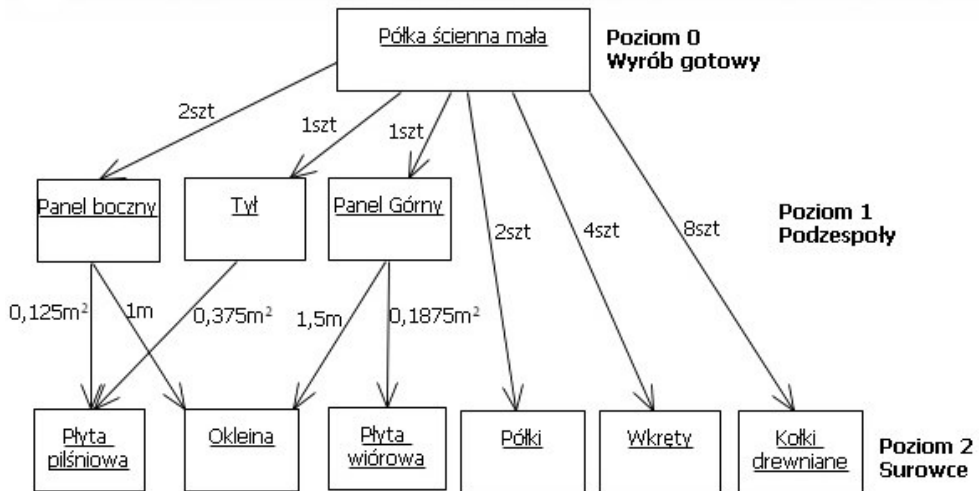
Zaletą wykorzystania modułu IFS CRP, jest planowanie zdolności produkcyjnych w oparciu o całkowite dostawy i zapotrzebowanie, możliwość identyfikacji potencjalnych wąskich gardeł i nadwyżek zdolności produkcyjnych, wykorzystywanie dat i numerów seryjnych w marszrutach oraz generowanie grafów umożliwiających szczegółowe określenie różnych źródeł zapotrzebowania na zdolności produkcyjne.

3. Praktyczny przykład zastosowania algorytmów MRP i CRP

Rozważmy przykład produkcji „Półki ściennej małej” na jednej linii produkcyjnej, do której należą cztery gniazda produkcyjne.

3.1. Działanie MRP

Aby w systemie IFS Applications algorytm MRP działał prawidłowo, należy odzwierciedlić strukturę wyrobu albo poprzez wprowadzenie ręczne w module IFS/Struktury, albo poprzez pobranie z pakietu IFS Projekt. Rysunek 4 przedstawia graf struktury wyrobu „Półki ściennej małej” z zaznaczonymi w nawiasach kodami formowania partii, a na strzałkach normami zużycia.



Rys. 4. Graf struktury wyrobu (BOM) „Półki ściennej małej”

Rozważmy działanie algorytmu podczas pięciu okresów zapotrzebowań. Złożyliśmy następujące cztery zlecenia produkcji na półkę ścienną:

- pierwszego dnia na 120 pozycji,
- drugiego dnia na 100 pozycji,
- trzeciego dnia nie złożono zlecenia,
- czwartego dnia na 50 pozycji,
- piątego dnia na 40 pozycji.

Tabela 1 przedstawia stany magazynowe, planowane przyjęcia oraz zdefiniowany w danych planistycznych pozycji wymagany zapas zabezpieczający dla wszystkich pozycji należących do struktury wyrobu półki.

Policzmy zatem, jakie wyniki powinniśmy otrzymać po uruchomieniu algorytmu MRP. Rozważmy po jednym przykładzie z każdego rodzaju formowania partii:

- Panel boczny – kod formowania partii A – propozycje zamówień mają być równe potrzebom netto, a tylko potrzeby występujące tego samego dnia są łączone. Spodziewane wyniki działania MRP przedstawione są w tabeli 2.

Tabela 1

Pozycja	Stany magazynowe	Planowane przyjęcia	Zapasy zabezpieczający
Panel boczny	5 szt.	0	15 szt.
Tył	100 szt.	0	15 szt.
Panel górny	5 szt.	0	15 szt.
Płyta pilśniowa	2 m ²	0	0
Okleina	5 m ²	0	0
Płyta wiórowa	3 m ²	0	0
Półki	100 szt.	200 szt.	0
Wkręty	50 szt.	300 szt.	0
Kołki drewniane	50 szt.	400 szt.	0

Tabela 2

Spodziewane wyniki MRP dla pozycji: Panel boczny

Okres	1	2	3	4	5
Zapotrzebowanie brutto [szt.]	255	200	0	100	80
Dostępne pozycje [szt.]	5	0	0	0	0
Planowane przyjęcia [szt.]	0	0	0	0	0
Zapotrzebowanie netto [szt.]	250	200	0	100	80
Propozycja zamówienia MRP [szt.]	250	200	Brak propoz.	100	80

- Płyta pilśniowa – kod formowania partii B – by móc skorzystać z tego formowania partii w danych planistycznych pozycji wprowadziliśmy wielkości: *Punkt zamówienia* = 3 m² i *Wielkość punktu zamówienia* = 6 m². W takim razie algorytm MRP będzie się uruchamiał tylko wtedy, kiedy zapas pozycji będzie mniejszy od 3 m², a jako propozycję zamówienia MRP powinniśmy otrzymywać wielokrotność 6. Przyjrzyjmy się jeszcze strukturze wyrobu: płyta pilśniowa jest komponentem zarówno panelu bocznego jak i tyłu półki, zatem jej zapotrzebowanie brutto zależy od zapotrzebowania netto obu tych półproduktów pomnożonych przez normę zużycia. Spodziewane wyniki działania MRP przedstawione są w tabeli 3.
- Okleina – kod formowania partii D – by móc korzystać z tego typu formowania partii w danych planistycznych określiliśmy pole *Krotność Partii*=10, co oznacza, że zaproponowane zamówienie musi być wielokrotnością 10. Ze względu na to, że Okleina jest komponentem zarówno Panelu bocznego jak i Panelu górnego, jej zapotrzebowanie brutto zależy od zapotrzebowania netto obu tych półproduktów pomnożonych przez normę zużycia. Spodziewane wyniki działania MRP przedstawione są w tabeli 4.

Tabela 3
Spodziewane wyniki w MRP dla pozycji: Płyta pilśniowa

Okres	1	2	3	4	5
Zapotrzebowanie brutto [m ²]	44,375	62,5	0	31,25	25
Dostępne pozycje [m ²]	2	0	0	0	0
Planowane przyjęcia [m ²]	0	5,625	3,125	0	1,875
Zapotrzebowanie netto [m ²]	42,375	56,875	0	28,125	23,125
Propozycja zamówienia MRP [m ²]	48	60	Brak propoz.	30	24

Tabela 4
Spodziewane wyniki w MRP dla pozycji: Okleina

Okres	1	2	3	4	5
Zapotrzebowanie brutto [m]	445	350	0	175	140
Dostępne pozycje [m]	5	0	0	0	0
Planowane przyjęcia [m]	0	0	0	0	0
Zapotrzebowanie netto [m]	440	350	0	175	135
Propozycja zamówienia MRP [m]	440	350	Brak propoz.	180	140

- Wkręty – kod formowania partii E – w danych planistycznych zdefiniowaliśmy następujące dane: *Koszt rozpoczęcia zamówienia* = 200 zł, *Koszt standardowy pozycji* = 1,1 zł oraz *Koszt mag. W %* = 20. Z tych danych wynika, że *Dzienny koszt magazynowania* = 0,10zł. By móc policzyć koszt jednostkowy, musimy znać zapotrzebowania (patrz tab. 5). Zapotrzebowanie netto pierwszego dnia = 130. Sprawdźmy jak dużo dziennych zapotrzebowań należy zsumować, wyliczając koszt jednostkowy: Dzień 1: $(200 + 0 \cdot 130) / 130 = 1,54$; Dzień 2: $(200 + 0 \cdot 130 + 0,1 \cdot 400) / (130 + 400) = 0,45$; Dzień 3: $(200 + 0 \cdot 130 + 0,1 \cdot 400 + 0,2 \cdot 0) / (130 + 400 + 0) = 0,45$; Dzień 4: $(200 + 0 \cdot 130 + 0,1 \cdot 400 + 0,2 \cdot 0 + 0,3 \cdot 200) / (130 + 400 + 0 + 200) = 0,41$; Dzień 5: $(200 + 0 \cdot 130 + 0,1 \cdot 400 + 0,2 \cdot 0 + 0,3 \cdot 200 + 0,4 \cdot 160) / (130 + 400 + 0 + 200 + 160) = 0,40$. Po uwzględnieniu zapotrzebowania z dnia piątego koszt jednostkowy nadal maleje z 0,41 na 0,40, czyli propozycja zamówienia pokryje zapotrzebowanie z dni 1, 2, 3, 4 i 5 (patrz tab. 5) po koszcie jednostkowym 0,40. Widać jednak, że jeśli dnia 6 wystąpiłoby zapotrzebowanie, koszt jednostkowy byłby już większy.

- Kołki drewniane – kod formowania partii F – podobnie jak dla kodu formowania partii E określiliśmy w danych planistycznych zdefiniowaliśmy następujące dane: *Koszt rozpoczęcia zamówienia* = 7,5 zł, *Koszt standardowy pozycji* = 0,55 zł oraz *Koszt mag. W %* = 20. Z tych danych wynika, że *Dzienny koszt magazynowania* = 0,05 zł, a *Optymalny iloraz* = 150. By móc policzyć koszt jednostkowy musimy znać zapotrzebowania (patrz tab. 6). Zapotrzebowanie netto pierwszego dnia = 510. Sprawdźmy jak dużo dziennych zapotrzebowań należy zsumować mnożąc liczbę jednostek magazynowej pozycji przez czas magazynowania: Dzień 1: $0 \cdot 510 = 510$, $|150 - 510| = 360$; Dzień 2: $1 \cdot 0 \cdot 510 + 0,05 \cdot 800 = 40$, $|150 - 40| = 110$; Dzień 3: $0 \cdot 510 + 0,05 \cdot 800 + 0,1 \cdot 0 = 40$, $|150 - 40| = 110$; Dzień 4: $0 \cdot 510 + 0,05 \cdot 800 + 0,1 \cdot 0 + 0,15 \cdot 400 = 100$, $|150 - 100| = 50$; Dzień 5: $0 \cdot 510 + 0,05 \cdot 800 + 0,1 \cdot 0 + 0,15 \cdot 400 + 0,2 \cdot 320 = 164$, $|150 - 164| = 14$. Zatem najmniejsza różnica pomiędzy kosztem rozpoczęcia zamówienia i kosztem magazynowania występuje, jeśli propozycja zapotrzebowania pokryje zapotrzebowanie ze wszystkich 5 dni (patrz tab. 6).

Tabela 5

Spodziewane wyniki MRP dla pozycji: Wkręty

Okres	1	2	3	4	5
Zapotrzebowanie brutto [szt.]	480	400	0	200	160
Dostępne pozycje [szt.]	50	0	0	0	0
Planowane przyjęcia [szt.]	300	0	0	0	0
Zapotrzebowanie netto [szt.]	130	400	0	200	160
Propozycja zamówienia MRP [szt.]	890	0	0	0	0

Tabela 6

Spodziewane wyniki MRP dla pozycji: Kołki drewniane

Okres	1	2	3	4	5
Zapotrzebowanie brutto [szt.]	960	800	0	400	320
Dostępne pozycje [szt.]	50	0	0	0	0
Planowane przyjęcia [szt.]	400	1520	720	320	0
Zapotrzebowanie netto [szt.]	510	800	0	400	320
Propoz. zamówienia MRP [szt.]	2030	0	0	0	0

Rysunki 5 i 6 przedstawiają wyniki uzyskane, przy powyższych danych wejściowych, po uruchomieniu algorytmu MRP w systemie. Rysunek 5 przedstawia zapotrzebowania na zlecenia produkcyjne, rysunek 6 przedstawia zapotrzebowania zakupu. Otrzymaliśmy dokładnie takie same propozycje jak po obliczeniach ręcznych.

Przegląd - Zapotrzebowania na zlecenia prod.										
Id zapotrzeb.	Um.	Nr poz.	Opis pozycji		Ilość	Mag. J/M	Status	Plan. termin re	Typ	Właścicie
374	KR	PS_POL2	PS_Tyl		40	PCS	Utw. zapotrz.	2009-05-19	MRP	
373	KR	PS_POL2	PS_Tyl		50	PCS	Utw. zapotrz.	2009-05-18	MRP	
372	KR	PS_POL2	PS_Tyl		100	PCS	Utw. zapotrz.	2009-05-14	MRP	
371	KR	PS_POL2	PS_Tyl		35	PCS	Utw. zapotrz.	2009-05-13	MRP	
370	KR	PS_POL1	PS_Panel boczny		80	pcs	Utw. zapotrz.	2009-05-19	MRP	
369	KR	PS_POL1	PS_Panel boczny		100	pcs	Utw. zapotrz.	2009-05-18	MRP	
368	KR	PS_POL1	PS_Panel boczny		200	pcs	Utw. zapotrz.	2009-05-14	MRP	
367	KR	PS_POL1	PS_Panel boczny		250	pcs	Utw. zapotrz.	2009-05-13	MRP	
366	KR	PS_POL3	PS_Panel gorny		40	PCS	Utw. zapotrz.	2009-05-19	MRP	
365	KR	PS_POL3	PS_Panel gorny		50	PCS	Utw. zapotrz.	2009-05-18	MRP	
364	KR	PS_POL3	PS_Panel gorny		100	PCS	Utw. zapotrz.	2009-05-14	MRP	

Rys. 5. Wyniki algorytmu MRP w systemie IFS Applications – zapotrzebowania produkcji

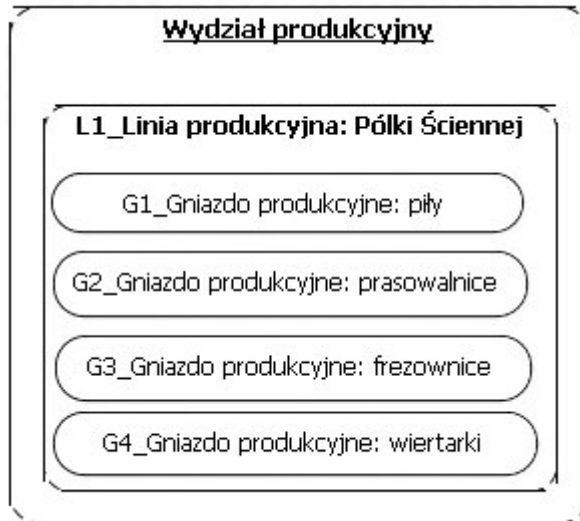
Przegląd - Linie zapotrzebowan zakupu											
Nr zapotrzeb	Nr linii	Nr	Nr poz.	Opis pozycji		Status	Ilość	J/M	Wk. zakup	Zak. J/M	Wym. data pr
375	1	3	PS_POLKA1	PS_Polka		Zaplanow	80	PCS	80	PCS	2009-05-19
376	1	1	PS_WKRET	PS_Wkret		Zaplanow	890	PCS	890	PCS	2009-05-13
377	1	1	PS_PLYTA2	PS_Plyta wiorkowa		Zaplanow	24	m2	24	m2	2009-05-13
377	1	2	PS_PLYTA2	PS_Plyta wiorkowa		Zaplanow	18	m2	18	m2	2009-05-14
377	1	3	PS_PLYTA2	PS_Plyta wiorkowa		Zaplanow	12	m2	12	m2	2009-05-18
377	1	4	PS_PLYTA2	PS_Plyta wiorkowa		Zaplanow	6	m2	6	m2	2009-05-19
378	1	1	PS_KOLKI1	Ps_Kolek drewniany		Zaplanow	2030	PCS	2030	PCS	2009-05-13
373	1	1	PS_PLYTA1	PS_Plyta pilśniowa		Zaplanow	48	m2	48	m2	2009-05-13
373	1	2	PS_PLYTA1	PS_Plyta pilśniowa		Zaplanow	60	m2	60	m2	2009-05-14
373	1	3	PS_PLYTA1	PS_Plyta pilśniowa		Zaplanow	30	m2	30	m2	2009-05-18
373	1	4	PS_PLYTA1	PS_Plyta pilśniowa		Zaplanow	24	m2	24	m2	2009-05-19
374	1	1	PS_OKLEINA1	okleina		Zaplanow	440	m	440	m	2009-05-13
374	1	2	PS_OKLEINA1	okleina		Zaplanow	350	m	350	m	2009-05-14
374	1	3	PS_OKLEINA1	okleina		Zaplanow	180	m	180	m	2009-05-18
374	1	4	PS_OKLEINA1	okleina		Zaplanow	140	m	140	m	2009-05-19
375	1	1	PS_POLKA1	PS_Polka		Zaplanow	140	PCS	140	PCS	2009-05-14
375	1	2	PS_POLKA1	PS_Polka		Zaplanow	100	PCS	100	PCS	2009-05-18

Rys. 6. Wyniki algorytmu MRP w systemie IFS Applications – zapotrzebowania zakupu

3.2. Działanie CRP

Aby w systemie móc obliczyć obciążenia produkcyjne, należy wcześniej określić obszar produkcyjny oraz marszruty. Strukturę produkcyjną zdefiniowaną w celu wyprodukowania „Półki ściennej małej” przedstawia rysunek 7.

Marszruta to podstawowa technologia wykonania produktu, która składa się z działań dotyczących maszyn i robocizn używanych podczas wytwarzania pozycji. Tabela 7 opisuje operacje zdefiniowane dla marszrut w określonych gniazdach produkcyjnych.



Rys. 7. Struktura produkcyjna firmy w IFS Applications

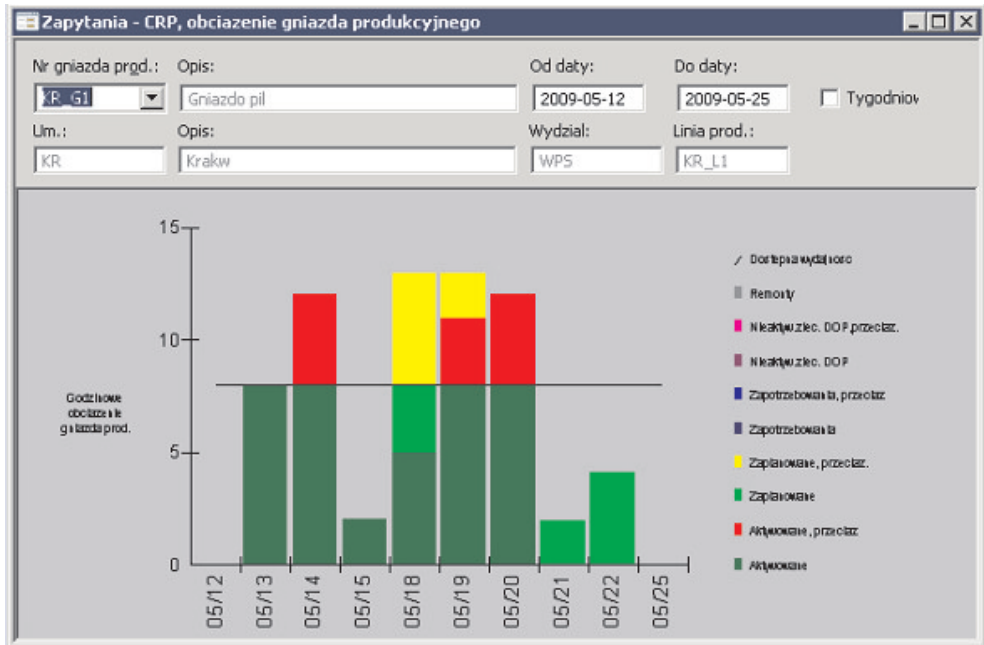
Tabela 7
Operacje marszrut

Mar-szruty	Panel boczny	Nr Gniaz-da	Tył	Nr Gniaz-da	Panel Tylni	Nr Gniaz-da	Półka ścienna	Nr Gniaz-da
1	Cięcie płyt	G1	Cięcie płyt	G1	Cięcie płyt	G1	Montaż	G4
2	Nanoszenie okleiny	G2			Nanoszenie okleiny	G2		
3	Wycinanie otworów	G4			Frezowanie otworów	G3		
4	Frezowanie otworów	G3						

Po uruchomieniu kalkulacji CRP wyniki można obejrzeć na wykresach obciążeń według gniazd produkcyjnych, linii produkcyjnych lub wydziałów produkcyjnych. Przykładowy rysunek 8 obrazuje obciążenie gniazda produkcyjnego: piły zleceniami produkcyjnymi omawianymi w poprzednim rozdziale.

Linia pozioma znajdująca się w górnej części wykresu oznacza teoretyczną zdolność gniazda produkcyjnego. Z wykresu wynika, że 14.05, 19.05 oraz 20.05 gniazdo będzie nadmiernie obciążone. CRP bierze pod uwagę następujące rodzaje obciążeń: Remonty, Nieaktywne zlecenia DOP (dynamiczna obsługa zleceń prod.), Zapotrzebowania produk-

cyjne, Zaplanowane oraz Aktywowane zlecenia produkcyjne. W naszym przypadku obciążenia dotyczą zaplanowanych (kolor żółty) oraz aktywowanych (kolor czerwony) zleceń produkcyjnych.



Rys. 8. Struktura produkcyjna firmy w IFS Applications

Przedstawienie wyników za pomocą barwnego wykresu słupkowego jest bardzo czytelne i dzięki temu ułatwia analizę. Różne kolory przypisane do źródła i wielkości obciążeń ułatwiają wybór odpowiednich działań prewencyjnych.

4. Wnioski

Przedstawione działanie dwóch algorytmów: *Planowania Potrzeb Materiałowych* i *Planowanie Zdolności Produkcyjnych*, zaimplementowanych w systemie, pokazuje jak ważną rolę pełnią te algorytmy w zarządzaniu produkcją oraz jakim ułatwieniem dla pracy firmy jest wdrożenie systemu informatycznego. Łatwy dostęp i przejrzysty sposób wyświetlania wyników ułatwia analizy problemów i dobór odpowiednich działań.

Algorytm MRP jest dość skomplikowany w działaniu. Ważną rolę w optymalnym jego działaniu jest odpowiedni dobór formowania partii, który opiera się na doświadczeniu i analizie błędów. Harmonogramowanie zapasów magazynowych na podstawie propozycji zamówień MRP przy złym doborze kodów nie zoptymalizuje ilości pozycji w magazynie

ani nie obniży kosztów związanych z produkcją. Kolejnym ważnym aspektem jest odpowiednio częste wykonywanie MRP. Algorytm wykonuje obliczenia na kopiach danych, więc po pewnym czasie wyniki stają się nieaktualne np. planowane przyjęcia, które już zostały uwzględnione do użycia w procesie produkcyjnym mogą zostać wycofane przy kontroli jakości.

Algorytm CRP jest mniej skomplikowany w działaniu. Pozwala w łatwy sposób analizować przeciążenia wydziałów, linii i gniazd produkcyjnych. Dzięki tej analizie można w łatwy sposób obciążenia przenieść do zastępczych linii czy też gniazd produkcyjnych.

Podsumowując, systemy informatyczne są niezbędne w dużych przedsiębiorstwach produkcyjnych. Pozwalają na podgląd punktów krytycznych procesu produkcyjnego. Zdecydowanie ułatwiają pracę co przekłada się na zmniejszenie kosztów, optymalizację stanów magazynowych czy też optymalizację wykorzystania zdolności maszyn produkcyjnych.

Literatura

- [1] Dudek-Dyduch E., *Systemy informatyczne zarządzania produkcją*. POLDEX, Kraków, 2002.
- [2] Jagodziński M., *IFS Applications 2002 – wprowadzenie*. WSiIZ, Bielsko Biała, 2001.
- [3] Materiały dydaktyczne udostępnione przez firmę IFS Industrial and Financial Systems Poland Sp. z o.o.
- [4] Pliki pomocy systemu IFS Applications 7.5.
- [5] http://www.ifsworld.com/pl/ifs_applications/default.asp.