

Mgr inż. Marcin Paprocki, email: paprockm@uek.krakow.pl  
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Katedra Technologii i Ekologii Wyrobów

## **MODELOWANIE I SYMULACJA ROZWOJU WYROBU W FAZIE PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI ZGODNIE Z ZAŁOŻENIAMI PROJEKTOWANIA WSPÓLBIEŻNEGO (CE)**

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono tendencje związane z rozwojem wyrobu w warunkach globalnej konkurencji. Następnie opisano nowe strategie rozwoju wyrobu (projektowanie współbieżne (CE) oraz inżynierię krzyżujących się przedsięwzięć (CEE)). Dla strategii projektowania stworzono model współbieżnego rozwoju wyrobu w fazach przygotowania produkcji przy użyciu metody IDEF0. Podobny zakres rozwoju wyrobu został opisany przy użyciu notacji BPMN. Następnie zdefiniowano workflow (przepływ pracy) dla rozwoju wyrobu według nowych strategii rozwojowych. Po wprowadzeniu danych wejściowych oraz przyporządkowaniu zasobów ludzkich i narzędzi wspomaganego komputerowo projektowania, przeprowadzono symulację workflow dla rozwoju wyrobu w fazie przygotowania produkcji zgodnie z założeniami projektowania współbieżnego (CE).

## **MODELING AND SIMULATION OF PRODUCT DEVELOPMENT IN PRODUCT PREPARATION PHASE ACCORDING TO CONCURRENT ENGINEERING (CE)**

**Abstract:** This paper describes trends connection with the product development in condition global competitive. Thereafter were described new strategies of product development (Concurrent Engineering (CE) and Cross Enterprise Engineering (CEE)). For Concurrent Engineering strategy was modeling product development in product preparation phase with the help IDEF0 methodology. The similar range of product development was described with the help BPMN notation. Thereafter was definition workflow for product development according to new development strategies. After input data implementation and human and computer aided design assign, workflow simulation for product development in product preparation phase according to Concurrent Engineering (CE) was conducted.

### **1. TENDENCJE ZWIĄZANE Z ROZWOJEM WYROBU W WARUNKACH GLOBALNEJ KONKURENCJI**

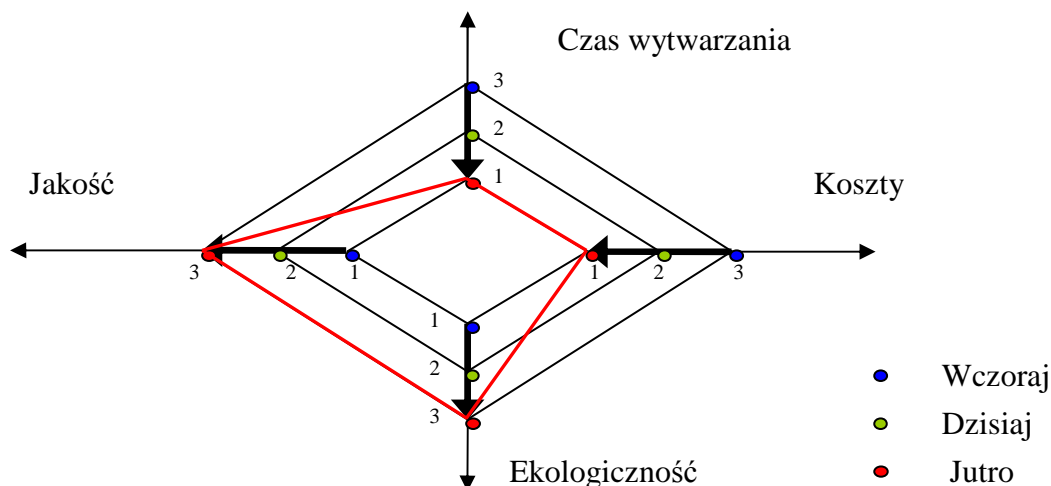
Globalizacja, znoszenie barier celnych, przekształcanie się rynku producenta na rynek klienta, to procesy zachodzące w gospodarce, które zmuszają przedsiębiorstwa do przystosowania się do nowych warunków funkcjonowania. Przedsiębiorstwa, aby sprostać konkurencji i utrzymać się na rynku powinny stosować nowoczesne strategie projektowania, systemy wytwarzania oraz metody sprzedaży. Ważne jest, by klientowi zaoferować wyrób:

- w niskiej cenie,
- wysokiej jakości,
- w jak najkrótszym czasie.

W ostatnich czasach coraz większe znaczenie nabiera konieczność wytwarzania ekologicznych wyrobów powstałych przy użyciu technologii jak najmniej szkodliwych dla środowiska naturalnego w tym w szczególności dla człowieka.

Należy przypuszczać, że w najbliższej przyszłości utrzyma się tendencja w zakresie spadku kosztów, skrócenia czasu wytwarzania wyrobów oraz wzrostu jakości, a także ekologiczności wyrobów oferowanych klientom, Rys. 1. Wpływać na ten proces będą:

- postęp techniczny,
- duża konkurencja na globalnym rynku,
- rosnąca świadomość (ekologiczna) i zwiększające się oczekiwania klientów.



Rys. 1. Kształtowanie się tendencji związanych z rozwojem wyrobów

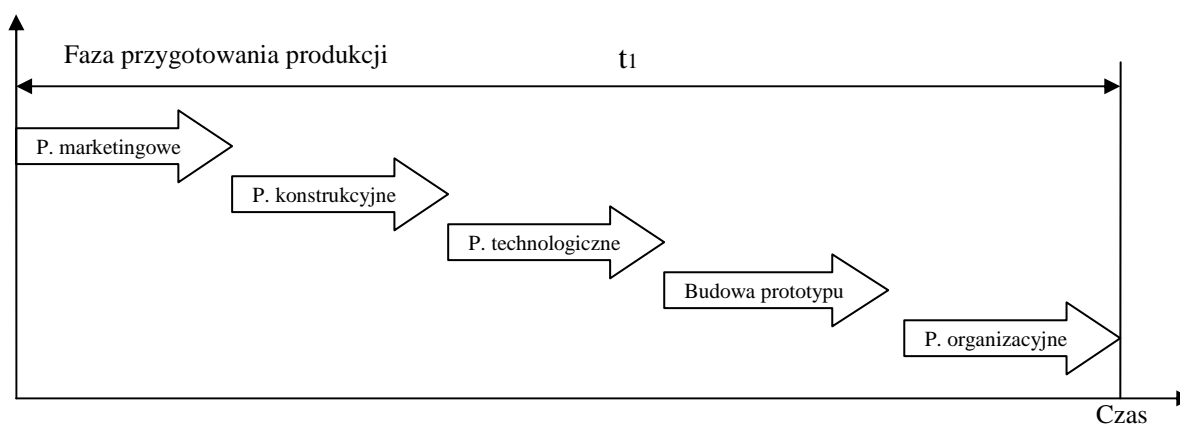
Obecnie w coraz szerszym zakresie klient decyduje o cechach wyrobu, jaki chciałby nabyć. Wyrób powinien być zaprojektowany, wytworzony i serwisowany tak, aby w jak największym stopniu zaspokajał oczekiwania nabywców. Z drugiej strony uregulowania prawne powodują, że w coraz większym zakresie wyeksplotowane wyroby powinny być poddane recyklingowi. W wyniku tych przesłanek narodziła się koncepcja rozwoju wyrobu w całym jego cyklu życia od projektowania, poprzez wytwarzanie, sprzedaż i użytkowanie, aż po recykling. Koncepcja ta zakłada, że o sukcesie produktu nie decydują wyłącznie fazy projektowania i wytwarzania. Sukces rynkowy powinien być kreowany na każdym etapie życia wyrobu. Zaniedbanie w którejkolwiek z faz życia wyrobu może spowodować nieodwracalne straty dla przedsiębiorstwa. Aby sprostać powyższym wyzwaniom, przedsiębiorstwa powinny stosować nowe strategie rozwoju wyrobu (CE i CEE).

## 2. STRATEGIE ROZWOJU WYROBU

Rozwój wyrobu w fazie przygotowania produkcji można realizować według strategii:

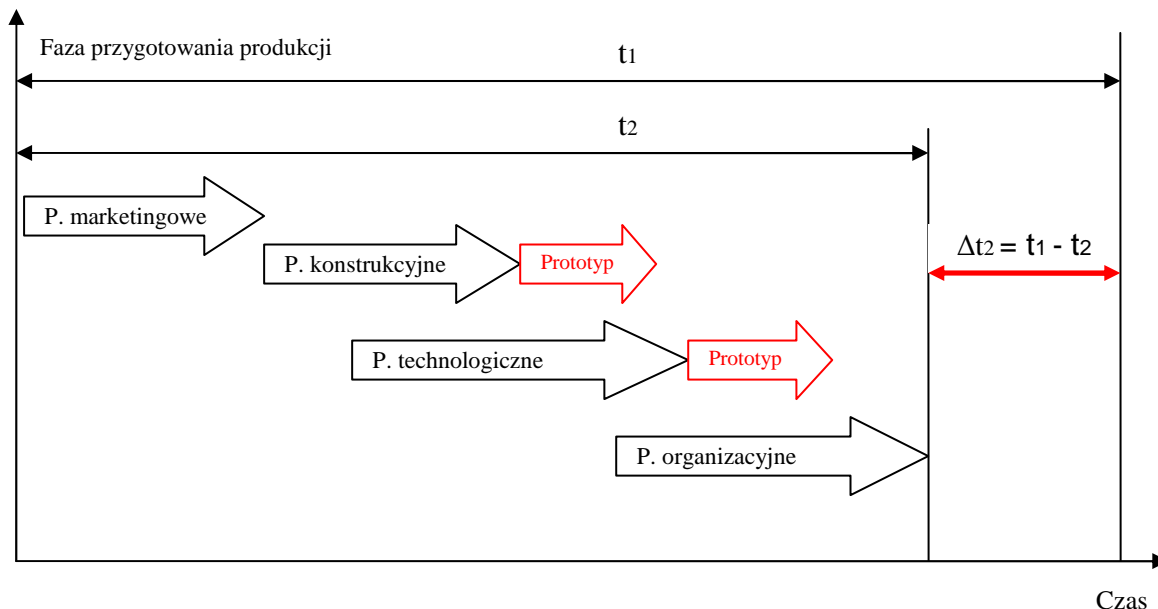
- projektowania sekwencyjnego,
- projektowania współbieżnego,
- inżynierii krzyżujących się przedsięwzięć.

W konwencjonalnej (sekwencyjnej) metodzie projektowania poszczególne fazy projektowania i realizacji produkcji realizowane są kolejno jako zamknięte etapy działań [2], (Rys. 2).



Rys. 2. Strategia rozwoju wyrobu w fazie przygotowania produkcji według projektowania sekwencyjnego (opracowanie własne na podstawie [3]), gdzie:  $t_1$  – czas projektowania sekwencyjnego dla fazy przygotowania produkcji

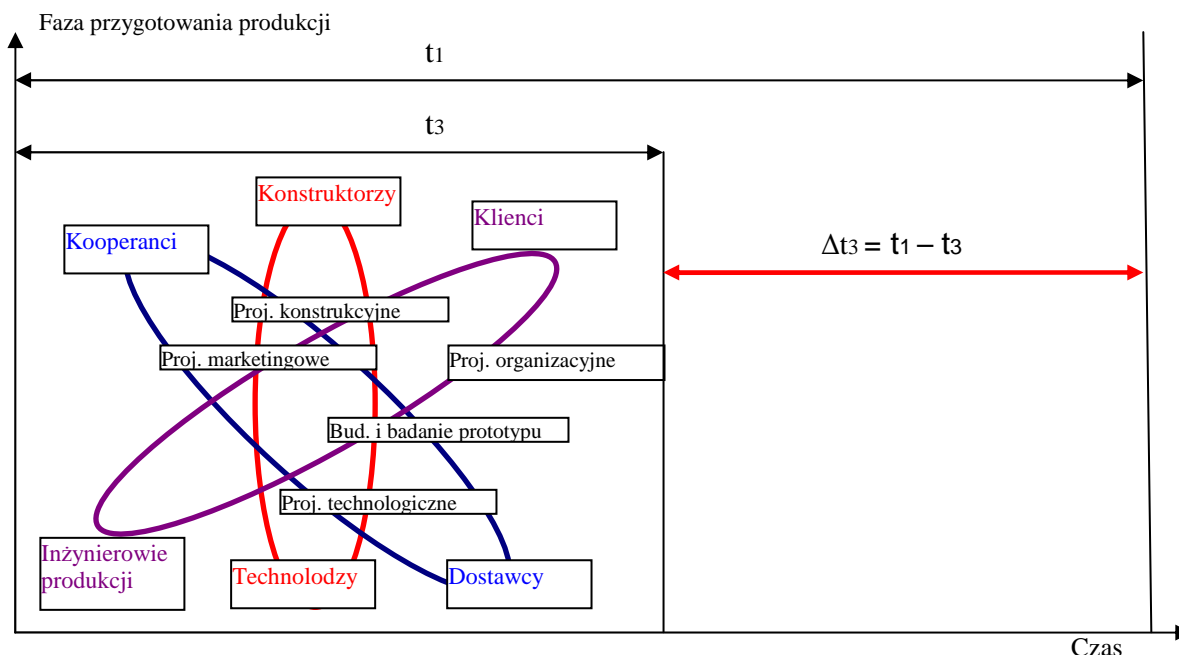
Strategia rozwoju wyrobu zgodnie z projektowaniem współbieżnym CE (*Concurrent Engineering*) wymaga, by wszystkie fazy w cyklu życia wyrobu były wykonane możliwie równocześnie (współbieżnie). Strategia CE zakłada, że wyroby, procesy i zasoby powinny być planowane we wczesnych fazach projektowych w celu skrócenia czasu wprowadzenia wyrobu na rynek, (Rys. 3).



Rys. 3. Strategia współbieżnego rozwoju wyrobu w fazie przygotowania produkcji według projektowania współbieżnego (CE), przy użyciu technik RP/RT (opracowanie własne na podstawie [3]), gdzie:  $t_1$  – czas projektowania sekwencyjnego dla fazy przygotowania produkcji,  $t_2$  – czas projektowania współbieżnego dla fazy przygotowania produkcji,  $\Delta t_2$  – różnica pomiędzy czasem projektowania sekwencyjnego, a czasem projektowania współbieżnego dla fazy przygotowania produkcji

Strategia rozwoju wyrobu zgodnie z inżynierią krzyżujących się przedsięwzięć CEE (*Cross Enterprise Engineering*), stanowi rozszerzenie strategii CE w kierunku projektowania wyrobów w środowisku geograficznie rozproszonym [4]. Implementacja strategii CEE jest możliwa dzięki szybkiemu rozwojowi intranetu i internetu oraz zastosowaniu strategicznego wsparcia przedsięwzięć (*strategic enterprise backbone*).

Pozwala to, na współpracę w zakresie rozwoju wyrobu z partnerami, producentami, sprzedawcami, serwisantami, dostawcami i klientami. Inżynieria krzyżujących się przedsięwzięć, łamie bariery współpracy związane z odległością i problemami komunikacji w zakresie przesyłania danych, informacji i dokumentów, (Rys. 4).



Rys. 4. Strategia rozwoju wyrobu w fazie przygotowania produkcji według inżynierii krzyżujących się przedsięwzięć (CEE), gdzie:  $t_1$  – czas projektowania sekwencyjnego dla fazy przygotowania produkcji,  $t_3$  – czas projektowania według inżynierii krzyżujących się przedsięwzięć dla fazy przygotowania produkcji,  $\Delta t_3$  – różnica pomiędzy czasem projektowania sekwencyjnego, a czasem projektowania według inżynierii krzyżujących się przedsięwzięć dla fazy przygotowania produkcji

Głównymi celami projektowania według nowych strategii rozwoju wyrobu (CE i CEE), są:

- poprawa jakości wyrobu oraz procesów projektowych i wytwórczych,
- obniżenie kosztów,
- skrócenia cykli rozwoju wyrobu (czasu od pomysłu do wejścia wyrobów na rynek).

Cele i założenia projektowania według CE i CEE można zrealizować poprzez:

- zrównoleglenie, integrację, unifikację i standaryzację: faz przygotowania produkcji i użytkowania wyrobu,
- współpracę zespołów specjalistów na zasadzie pracy grupowej,
- zastosowanie systemów komputerowego wspomaganie CAX m.in. CAD/CAM, CAE, CAP, CAQ (QFD, FMEA), CAAPP, CAPP oraz PPC itp.
- użycie technik RP/RT i RM,
- użycie metod DFX,
- zastosowanie systemów PDM i rozwiązań PLM.

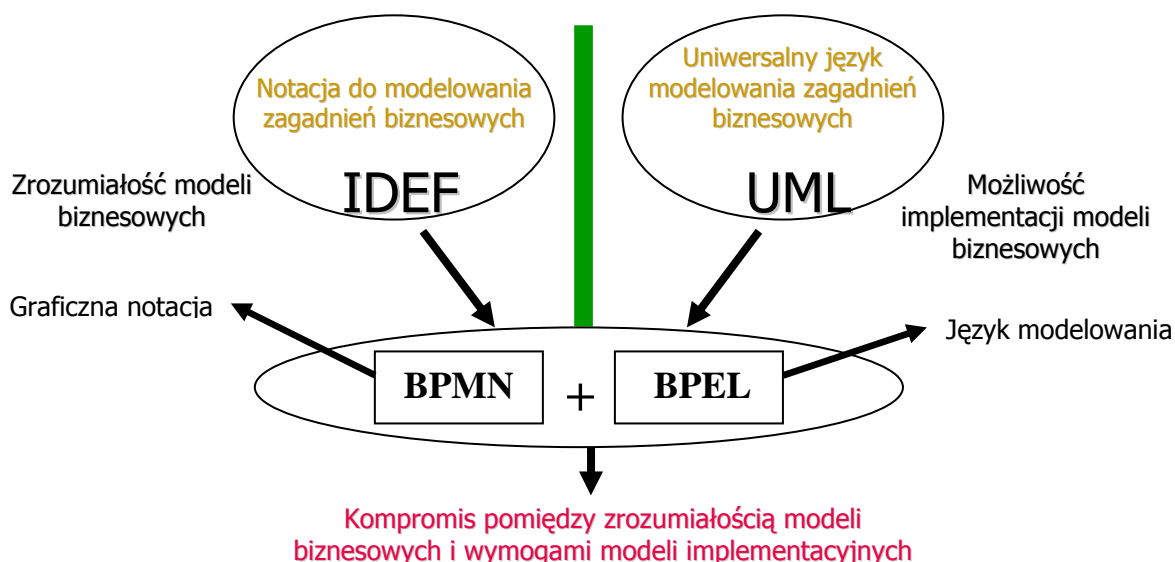
### 3. MODELOWANIE ROZWOJU WYROBU

Do modelowania rozwoju wyrobu zgodnie z nowymi strategiami rozwojowymi stosowane są metody ogólnego przeznaczenia. Metody te, można podzielić na dwie klasy, tj. na [1,5]:

- notacje IDEF (*Integration DEFinition language*),
- uniwersalny język modelowania UML (*Unified Modeling Language*).

Wyżej wymieniony podział, autor [1] proponuje uzupełnić o powstałą po 2000 roku notację modelowania procesów biznesowych BPMN (*Business Process Modeling Natation*).

Notacja BPMN stanowi kompromis pomiędzy zrozumiałością modeli biznesowych i wymogami modeli implementacyjnych, Rys. 5.



Rys. 5. Narzędzia (metody) służące do modelowania rozwoju wyrobu (opracowanie własne na podstawie [1])

#### 4. MODELOWANIE WSPÓLBIEŻNEGO ROZWOJU WYROBU W FAZIE PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI PRZY UŻYCIU METODY IDEF0

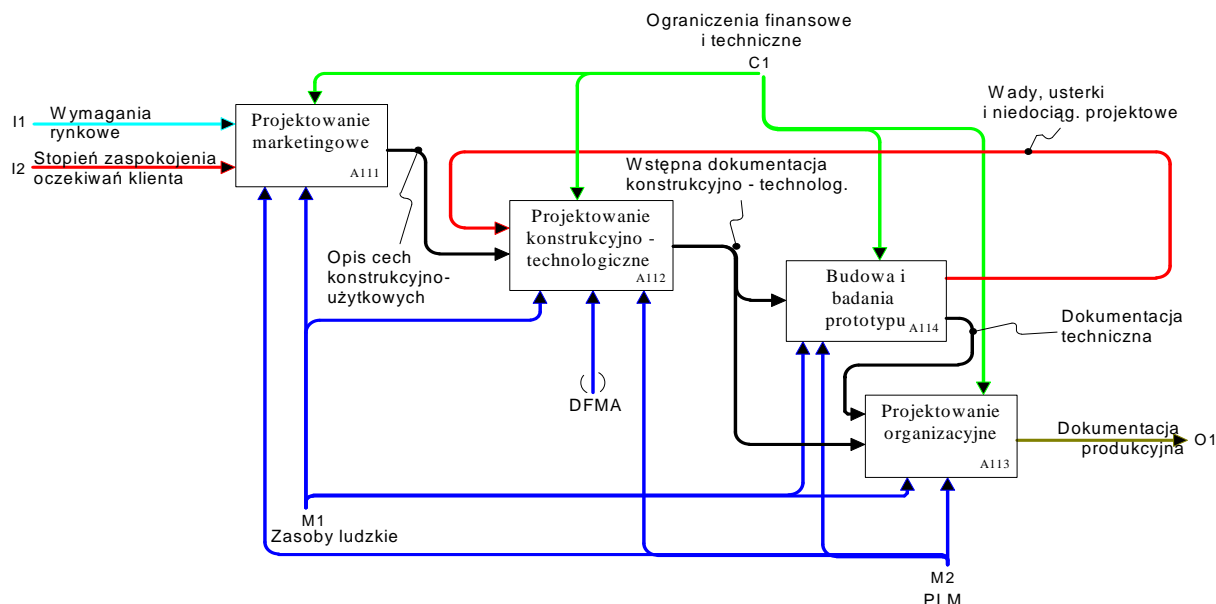
Metoda IDEF0 służy jako narzędzie do modelowania systemów oraz procesów. Metoda ta również umożliwia opisanie rozwoju wyrobu w całym jego cyklu życia - przygotowanie produkcji oraz wytwarzanie i użytkowanie. Za pomocą metody IDEF0 można opisać już istniejące strategie rozwoju wyrobów, a następnie przeanalizować je w celu modelowania nowych, bardziej efektywnych.

Zależności funkcyjne pomiędzy poszczególnymi fazami przygotowania produkcji zostały pokazane za pomocą metody IDEF0 dla koncepcji modelowania współbieżnego (CE), Rys. 6. Integracja faz konstrukcyjnej i technologicznej poprzez zrównoleglenie projektowania konstrukcyjnego z technologicznym, w znaczący sposób wpływa na skrócenie czasu przygotowania produkcji.

Integracja faz w konstrukcyjno-technologiczną jest możliwa dzięki [3]:

- zastosowaniu systemów wspomagających ocenę rozwiązania konstrukcyjnego wyrobu DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*) – projektowania zorientowanego na wytwarzanie i montaż,
- implementacji systemów PDM (*Product Data Management*) – ewoluujących w kierunku rozwiązań PLM (*Product Lifecycle Management*) – zarządzania cyklem życia wyrobu,
- tworzenie interdyscyplinarnych zespołów złożonych z konstruktorów, technologów i innych specjalistów.

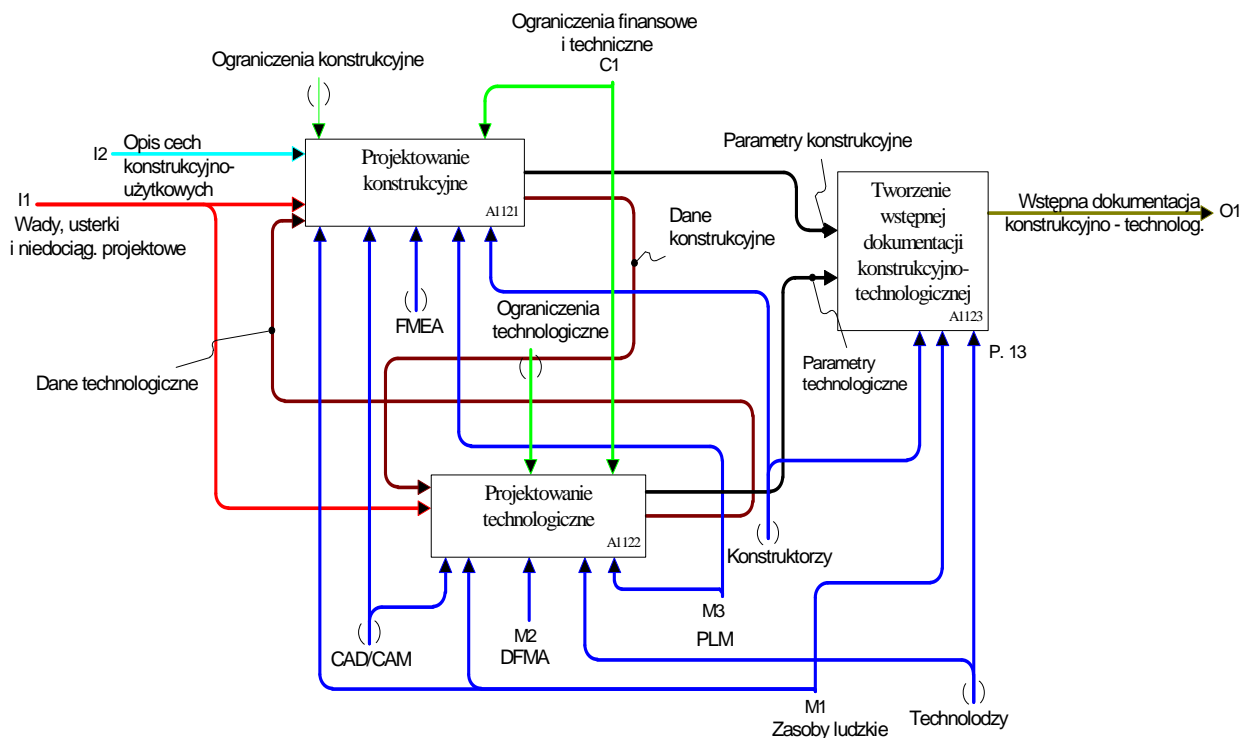
Poprzez zastosowanie nowoczesnych technik tworzenia prototypów wirtualnych oraz budowy prototypów metodami: RP/RT i RM możliwe i opłacalne jest ich tworzenie we wczesnych fazach przygotowania produkcji (już nawet po projektowaniu konstrukcyjnym). Daje to możliwość szybkiego wychwycenia ewentualnych usterek projektowych. W dużym stopniu wpływa to na poprawę jakości projektowania i procesów produkcyjnych oraz na jakość finalną wyrobu. Z tego powodu skróceniu również ulega czas wprowadzenia produktu na rynek. Informacja o wykrytych wadach, usterkach i niedociągnięciach konstrukcyjno-technologicznych dostarczana jest odpowiednio do fazy projektowania konstrukcyjno-technologicznego.



Rys. 6. Fazy przygotowania produkcji dla projektowania współbieżnego (integracja faz projektowania konstrukcyjnego i technologicznego)

Po dokonaniu dekompozycji fazy projektowania konstrukcyjno-technologicznego, otrzymujemy dwa równoległe procesy projektowania konstrukcyjnego oraz technologicznego. Dane konstrukcyjne są na bieżąco dostarczane z fazy projektowania konstrukcyjnego do fazy projektowania technologicznego, natomiast dane technologiczne z fazy projektowania technologicznego do fazy projektowania konstrukcyjnego (Rys. 7).

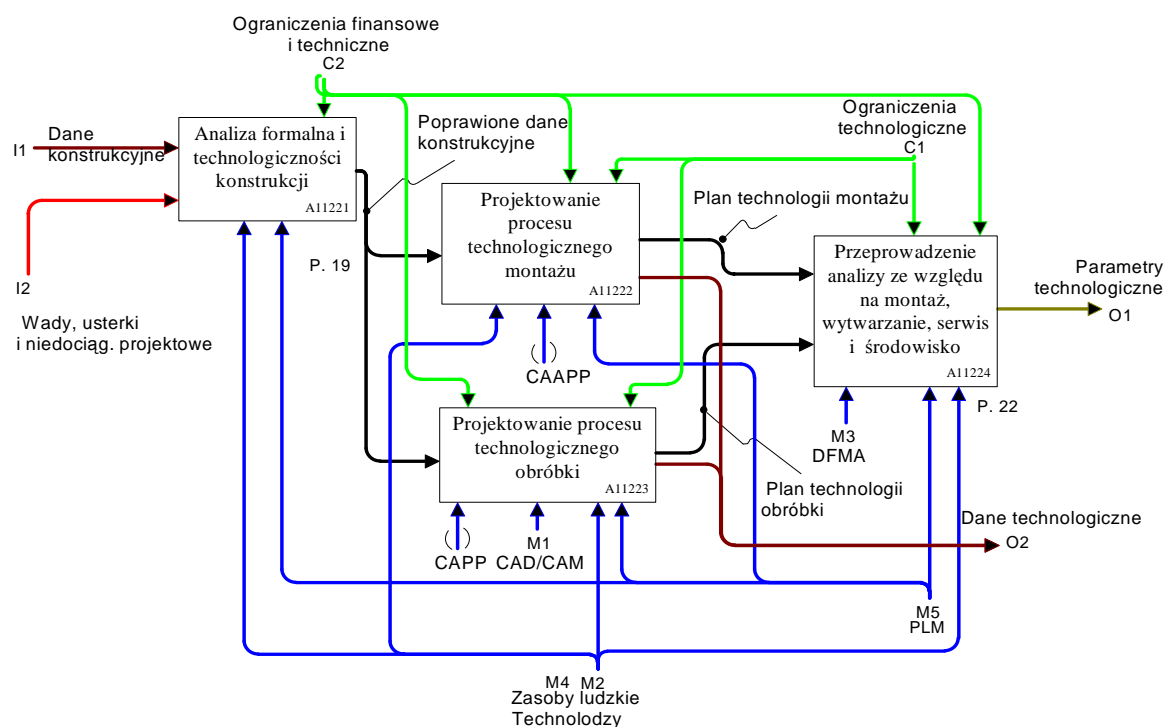
Procesy projektowania powinny odbywać się możliwie równocześnie. Szybka i efektywna wymiana informacji możliwa jest dzięki zastosowaniu systemów PDM. Dane mogą być wymieniane w trybie off line lub on line. Po zrealizowaniu procesu projektowania tworzona jest dokumentacja konstrukcyjno-technologiczna.



Rys. 7. Zrównoleżenie faz projektowania konstrukcyjnego i technologicznego



Po dekompozycji projektowania technologicznego otrzymujemy cztery podfazy (Rys.8). Przy uwzględnieniu danych wejściowych dokonuje się analizy formalnej oraz technologiczności konstrukcji. Poprawione dane konstrukcyjne są danymi wejściowymi do realizacji zrównoleglonych, występujących współbieżnie faz projektowania procesu technologicznego montażu i obróbki. Projektowanie współbieżnego procesu technologicznego montażu wspomagają systemy CAAPP (*Computer Aided Assembly Process Planning*), a projektowanie współbieżnego procesu technologicznego obróbki wspomagają systemy CAPP (*Computer Aided Process Planning*). Następnie, po uzyskaniu planów technologicznych montażu i obróbki, przeprowadza się przy pomocy systemu DFMA analizę projektowania pod kątem: montażu, wytwarzania, serwisu i środowiska. Rezultatem tych działań jest ustalenie parametrów technologicznych nowego wyrobu.

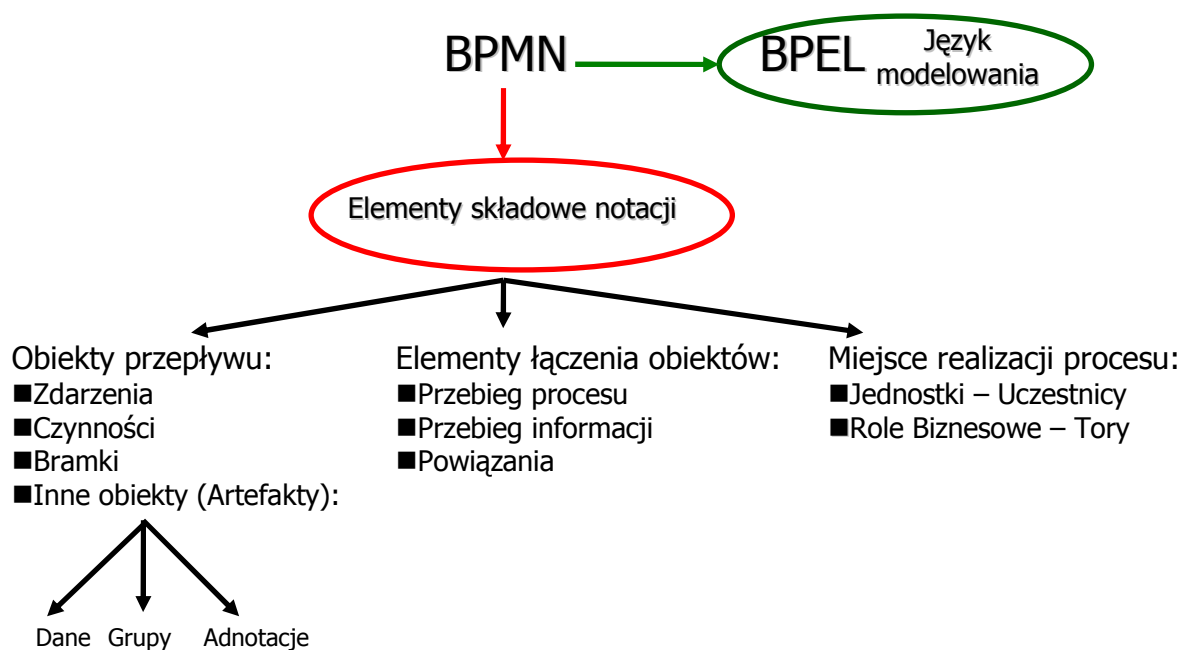


Rys. 8. Projektowanie technologiczne

## 5. MODELOWANIE I SYMULACJA WSPÓLBIEŻNEGO ROZWOJU WYROBU W FAZIE PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI PRZY UŻYCIU NOTACJI BPMN

BPMN jest graficzną notacją opisującą etapy w procesie biznesowym. Została zaprojektowana tak, aby odzwierciedlać przepływ procesów i wymianę informacji pomiędzy różnymi jego uczestnikami. Notacja BPMN pozwala na tworzenie diagramów biznesowych (diagramów typu Flowchart).

Usystematyzowany podział elementów składowych (obiektów) do tworzenia diagramów w notacji BPMN przedstawia, Rys. 9.

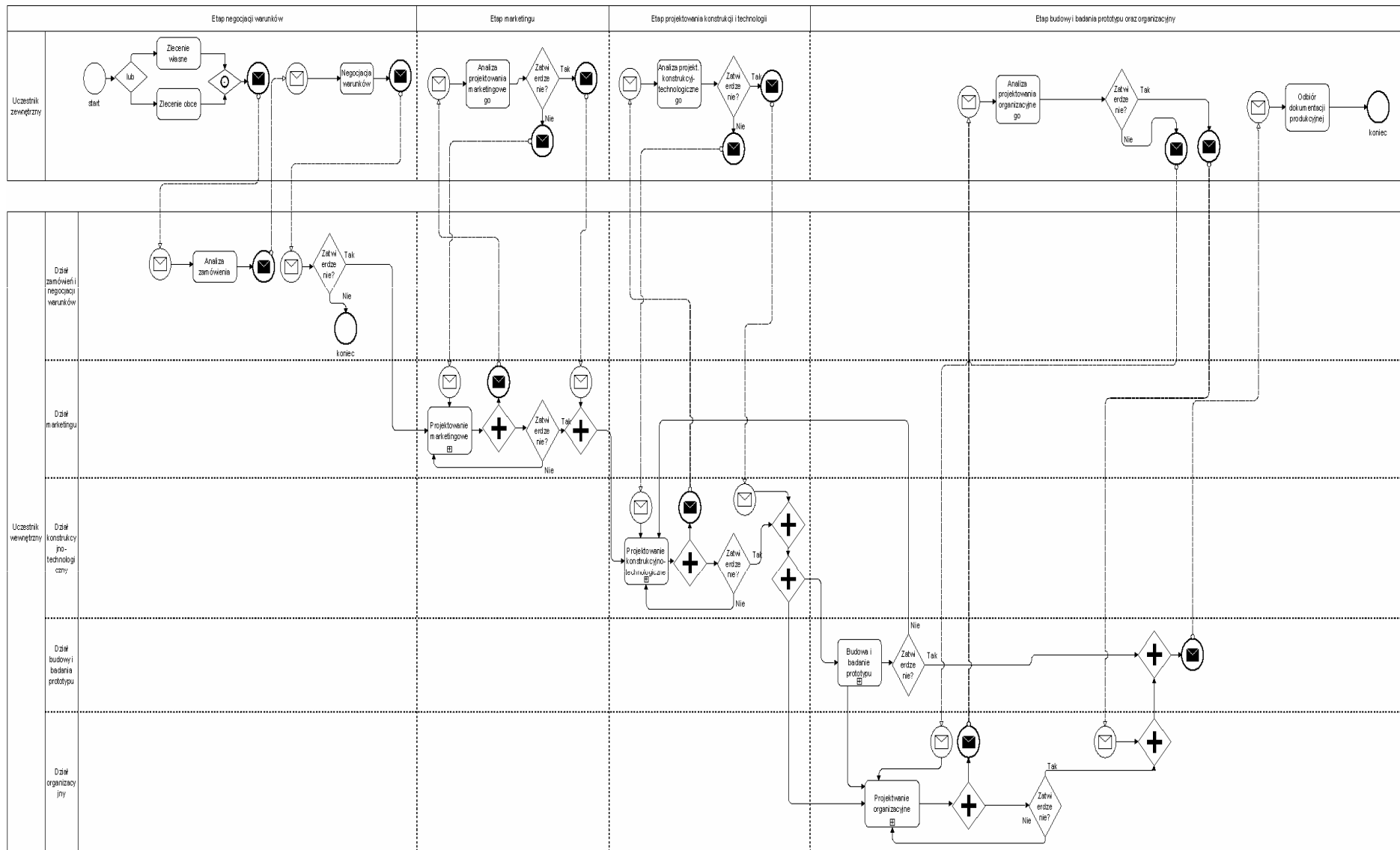


Rys. 9. Elementy składowe notacji BPMN

Notację BPMN wykorzystano do wykonania modelu współbieżnego rozwoju wyrobu w fazie przygotowania produkcji, Rys.10. Model ten odzwierciedla przepływ pracy występujący podczas realizacji rozwoju wyrobu.

Współbieżny rozwój wyrobu w fazie przygotowania produkcji rozpoczyna się od zlecenia własnego lub obcego. Następnie transakcje zlecenia są łączone w jedną, przy pomocy bramki łączącej. W dalszej kolejności od uczestnika zewnętrznego wysyłany jest komunikat zamówienia (zdarzenie typu komunikat wysłany). W ramach toru „Uczestnik wewnętrzny”, a dokładniej podtoru „Dział zamówień i negocjacji warunków”, komunikat o zamówieniu jest przyjmowany (zdarzenie typu komunikat odebrany). Po analizie zamówienia w „Dziale zamówień i negocjacji warunków”, przyjmowane jest stanowisko do negocjacji z podmiotem zewnętrznym odnośnie warunków zamówienia. Warunki te są wysyłane do podmiotu zewnętrznego, w celu negocjacji warunków. Informacja o wyniku negocjacji przychodzi z powrotem do „Działu zamówień i negocjacji warunków” i w tym dziale podejmowana jest decyzja o przyjęciu zamówienia. Jeżeli decyzja jest odmowna, to następuje zakończenie transakcji (rozwój wyrobu nie zostaje przeprowadzony). W przypadku przyjęcia zamówienia w „Dziale marketingu” realizowane jest projektowanie marketingowe. Po jego realizacji, podejmowana jest decyzja o zatwierdzeniu opisu cech konstrukcyjno-użytkowych, które otrzymujemy, jako wynik projektowania marketingowego. W razie nie zatwierdzenia wyników, proces na zasadzie sprzężenia zwrotnego, jest cofany do początku projektowania marketingowego. W przypadku zatwierdzenia wyników, proces jest kierowany do „Działu konstrukcyjno technologicznego”, gdzie realizowany jest współbieżny proces projektowania konstrukcyjno-technologicznego. Wyniki projektowania, są albo odrzucane i proces jest cofany do początku projektowania, albo po zatwierdzeniu kierowane do działów „Budowy i badania prototypu” oraz „Projektowania organizacyjnego”. Fazy budowy i badania prototypu oraz projektowania organizacyjnego realizowane są w sposób po części współbieżny. Po pozytywnym przyjęciu wyników badania prototypu i projektowania organizacyjnego, procesy te są łączone za pomocą bramki logicznej. Dane zawierające dokumentację produkcyjną przekazywane są do podmiotu zamawiającego „Uczestnika zewnętrznego”. Podmiot zamawiający odbiera dokumentację produkcyjną, co kończy proces współbieżny rozwoju wyrobu w fazie przygotowania produkcji.





Rys. 10. Model workflow współbieżnego rozwoju wyrobu w fazie przygotowaniu produkcji przy użyciu notacji BPMN (iGrafx Process 2011)

Notacja BPMN jest lepszym narzędziem do modelowania rozwoju wyrobu w porównaniu z IDEF0), ponieważ ma bogaty zestaw obiektów oraz umożliwia generowanie kodu programu w języku BPEL (*Business Process Execution Language*). Dzięki użyciu notacji BPMN, można również symulować, odzwierciedlony w powyższym modelu, przepływ pracy dla współbieżnego rozwoju wyrobu w fazie przygotowania produkcji.

## 6. OKREŚLENIE WARUNKÓW SYMULACJI WORKFLOW ROZWOJU WYROBU WEDŁUG NOWYCH STRATEGII ROZWOJOWYCH

Workflow (przepływ pracy) – tym terminem określa się system zarządzania i organizacji pracy. Według koalicji WfMC (*Workflow Management Coalition*) w tłumaczeniu autora [6] workflow to: „automatyzacja procesu biznesowego w całości lub w części, w trakcie której dokumenty, informacje i zadania są przenoszone od jednego uczestnika do następnych, w celu realizacji z zapisaną procedurą i zasadami wykonania”.

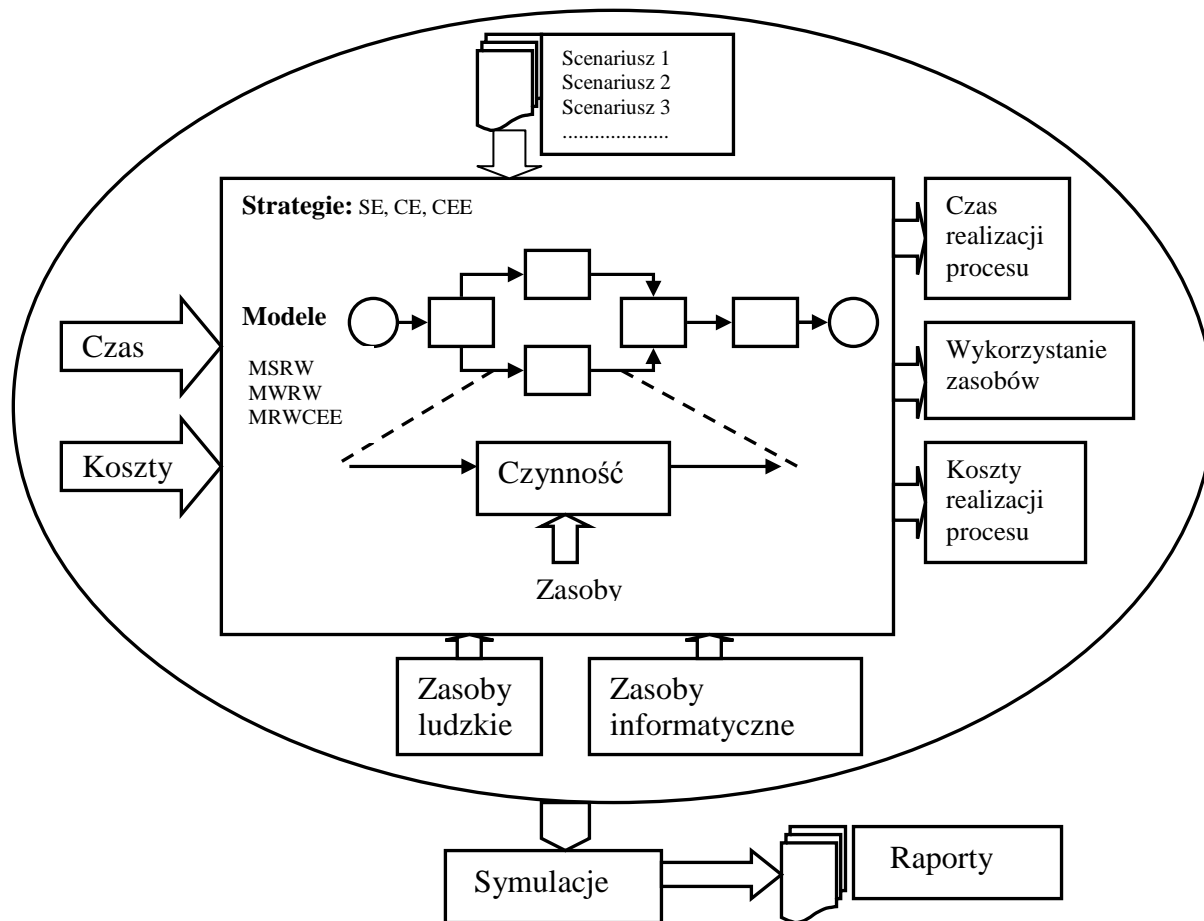
Przed rozpoczęciem procedury symulacji przepływu pracy różnych strategii rozwoju wyrobu należy określić warunki jej przeprowadzenia. Określenie warunków symulacji dla różnych strategii rozwoju wyrobu należy rozpocząć od przedstawienia (zbudowania) diagramów realizacji rozwoju wyrobu. Następnie po przyporządkowaniu do odpowiednich „czynności” zasobów (ludzkich i narzędzi wspomaganego komputerowo projektowania) otrzymujemy model realizacji przepływu pracy (workflow) dla rozwoju wyrobu, według różnych strategii rozwojowych.

W dalszej kolejności, w ramach poszczególnych modeli potrzeba zdefiniować odpowiedni scenariusz, a w nim harmonogram wraz z określonymi ustawieniami czasu pracy. W kolejnym kroku w ramach modeli na poziomie „czynności” (podprocesów elementarnych), należy wprowadzić m.in. następujące dane wejściowe takie jak:

- czas realizacji poszczególnych czynności,
- koszty (stałe oraz pracy dla poszczególnych zasobów).

Wykonane poprzednio działania dają podstawę do przeprowadzenia symulacji procesu rozwoju wyrobu w fazie przygotowania produkcji, według różnych strategii rozwojowych dla poszczególnych modeli. Po wykonaniu symulacji, uzyskujemy dane wyjściowe, które prezentowane są w różnym ujęciu, poziomie odniesienia, a także stopniu szczegółowości. Wyniki symulacji prezentowane są w postaci raportów. Ze względu na rodzaj wyróżniamy następujące kategorie danych wyjściowych: czas realizacji procesu (czas przebiegu transakcji), wykorzystania zasobów oraz koszty realizacji procesu. Zestawienie danych wyjściowych (raport), można przedstawić zarówno w ujęciu zestawieniowym, jak i w formie wykresów.

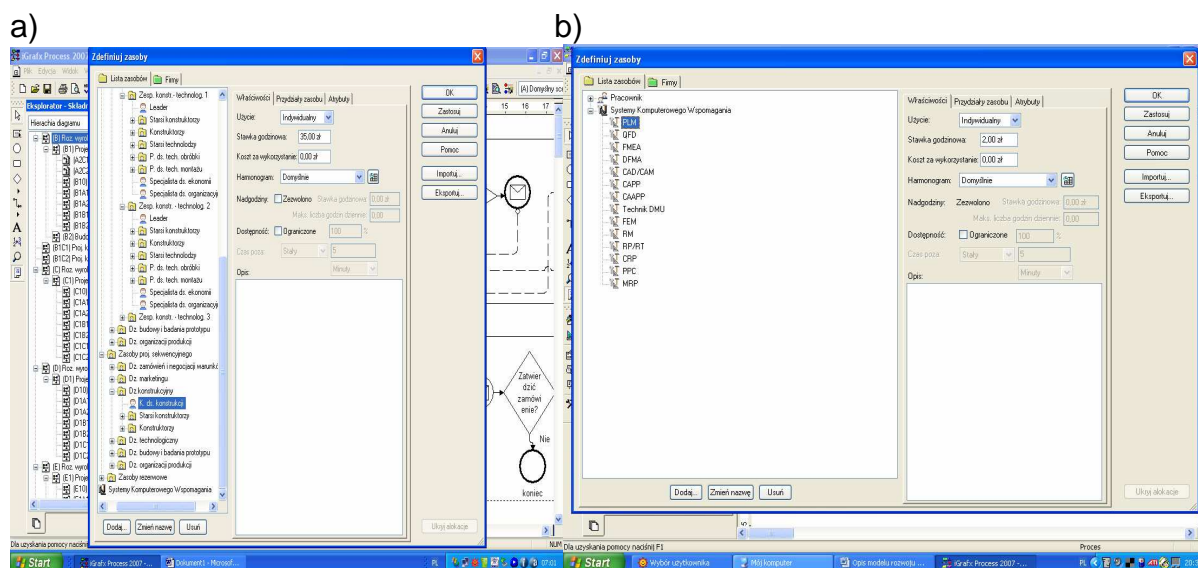
Przedstawione powyżej działania opisują warunki symulacji workflow rozwoju wyrobu według nowych strategii rozwojowych (Rys. 11), gdzie: MSRW – Model Sekwencyjny Rozwoju Wyrobu, MWRW – Model Współbieżny Rozwoju Wyrobu, MRWCEE – Model Rozwoju Wyrobu Cross Enterprise Engineering (model rozwoju wyrobu zgodnie z inżynierią krzyżujących się przedsięwzięć).



Rys. 11. Warunki symulacji workflow rozwoju wyrobu, według nowych strategii rozwojowych

## 7. DEFINIOWANIE ZASOBÓW W MODELU WORKFLOW DLA ROZWOJU WYROBÓW

W programie iGrax Process 2011 można definiować określone rodzaje zasobów. W modelu workflow dla rozwoju wyrobu zdefiniowano: zasoby ludzkie i narzędzia wspomaganego komputerowo projektowania (Rys. 12).



Rys. 12. Definiowane zasoby ludzkie (a), definiowane narzędzia wspomaganego komputerowo projektowania (b)

W modelu do każdej grupy zasobów przypisano określone cechy takie jak: ilość osób mających określony status i uprawnienia, koszt godziny pracy, czy harmonogram zgodnie z którym odbywa się praca. Określony zasób można alokować do określonych torów lub podtorów znajdujących się w wariantach rozwojowych. Istnieje również możliwość przypisania zasobu do określonej czynności w ramach realizowanego wariantu rozwojowego.

W zakładce lista zasobów, dla każdej grupy zasobów można definiować m.in. liczbę danego zasobu (ilość osób mających określony status i uprawnienia). Do grupy pracowników przyporządkowanych do określonego zasobu można ustalić m.in. jednakową stawkę godzinową, koszty uzyskania, harmonogram pracy oraz stawkę za nadgodziny.

## 8. WYNIKI PRZYKŁADOWEJ SYMULACJI WSPÓLBIEŻNEGO ROZWOJU WYROBU

Po przeprowadzeniu symulacji procesu rozwoju wyrobu realizowanego w fazie przygotowania produkcji zgodnie z założeniami projektowania współbieżnego otrzymano na wyjściu zestawienie danych wyjściowych takich jak: czas, koszty, wykorzystanie zasobów. Na tej podstawie można ocenić model rozwojowy poprzez pryzmat parametrów wyjściowych, co pozwala porównać warianty rozwoju konkretnych wyrobów realizowanych zgodnie z założeniami inżynierii współbieżnej w fazie przygotowania produkcji.

Wynik przykładowej symulacji modelu workflow współbieżnego rozwoju w fazie przygotowania produkcji dla parametru wyjściowego – wykorzystanie zasobów przedstawia Rys. 13.

Czas całkowity (Dni)								
32,38								
Statystyka transakcji (Dni)								
Liczba	Śr. Cykl	Śr. Praca	Śr. Oczek.	Śr. Zas. oczek.	Śr. Zablok.	Śr. Nieakt.	Śr. Obst	
5	6,48	1,27	5,21	0,00	1,60	3,61	2,87	
Statystyka transakcji (Dni)								
	Liczba	Śr. Cykl	Śr. Praca	Śr. Oczek.	Śr. Zas. oczek.	Śr. Zablok.	Śr. Nieakt.	Śr. Obst
Dept. 1	1	20,79	4,83	15,96	0,00	0,00	15,96	4,83
Dział 1	1	7,96	2,00	5,96	0,00	0,00	5,96	2,00
Klient	3	0,60	0,17	0,43	0,00	0,00	0,43	0,17
Uczestnik wewnętrzny/Dział budowy i badania prototypu	1	8,21	0,17	8,04	0,00	8,00	0,04	8,17
Uczestnik wewnętrzny/Dział konstrukcyjno technologiczny	1	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
Uczestnik wewnętrzny/Dział marketingu	1	0,79	0,17	0,63	0,00	0,00	0,63	0,17
Uczestnik wewnętrzny/Dział organizacyjny	1	0,29	0,25	0,04	0,00	0,00	0,04	0,25
Uczestnik wewnętrzny/Dział zamówień i negocjacji warunków	2	1,19	0,50	0,69	0,00	0,00	0,69	0,50
Statystyka transakcji (Dni)								
	Liczba	Śr. Cykl	Śr. Praca	Śr. Oczek.	Śr. Zas. oczek.	Śr. Zablok.	Śr. Nieakt.	Śr. Obst
Budowa i badanie prototypu	1	1,96	0,67	1,29	0,00	0,00	1,29	0,67
Projekt. konst.-technolog. wstępne	1	11,04	2,33	8,71	0,00	0,00	8,71	2,33
Projekt. organizacyjne wstępne	1	2,00	0,67	1,33	0,00	0,00	1,33	0,67
Projektowanie konstrukcyjne	1	6,00	1,33	4,67	0,00	0,00	4,67	1,33
Projektowanie marketingowe	1	6,21	1,50	4,71	0,00	0,00	4,71	1,50
Projektowanie organizacyjne szczegółowe	1	3,63	1,08	2,54	0,00	0,00	2,54	1,08
Projektowanie technologiczne szczegółowe	1	3,92	0,58	3,33	0,00	0,00	3,33	0,58

Rys. 13. Wynik przykładowej symulacji modelu workflow współbieżnego rozwoju wyrobu dla parametru wyjściowego – wykorzystanie zasobów.

## 9. PODSUMOWANIE I KIERUNKI DALSZYCH BADAŃ

W ramach pracy stworzono model współbieżnego rozwoju wyrobu przy użyciu notacji IDEF0 oraz BPMN. Następnie zdefiniowano środowisko workflow (przepływu pracy) rozwoju wyrobu według nowych strategii rozwojowych. Daje to podstawę do przeprowadzenia symulacji workflow dla rozwoju wyrobu w fazie przygotowania produkcji, zgodnie z założeniami projektowania współbieżnego (CE).

W ramach dalszych prac zaproponowano architekturę aplikacji workflow, opartą na modelu referencyjnym koalicji WfMC, jako moduł przepływu pracy dla systemu PDM. Tak zbudowana aplikacja (oprogramowanie) workflow, wspomże proces zarządzania rozwojem wyrobu w fazie przygotowania produkcji. Umożliwi to przeprowadzenie procesu rozwoju innowacyjnych wyrobów, według nowych strategii rozwojowych (CE i CEE) w środowisku geograficznie rozproszonym.

Następnym krokiem będzie doskonalenie rozwoju innowacyjnych wyrobów według nowych strategii rozwojowych w zakresie jakości wyrobów i procesów projektowych oraz wytwórczych. Doskonalenie rozwoju innowacyjnych wyrobów według nowych strategii rozwojowych może być realizowana m.in. za pomocą programu iGrafx Process 2011 for Six Sigma, który jest oparty na notacji BPMN.

## LITERATURA

- [1] Biernacki P.: Dlaczego BPMN? – Podstawy modelowania. Konferencja Politechniki Wrocławskiej; Production Engineering, Wrocław 2006.
- [2] Chlebus E.: Techniki komputerowe Cax w inżynierii produkcji, PWN Warszawa 2000.
- [3] Duda J., Paprocki M.: Modelowanie strategii zintegrowanego komputerowo rozwoju wyrobów. II Polsko – Ukraińska konferencja naukowa. Politechnika Krakowska, Kraków 2005.
- [4] Eigner M.: Product Lifecycle Management – The Backbone for Engineering. Eigner.Martin@T-Online.de
- [5] Kaczmarczyk A.: Zastosowanie metod IDEF do modelowania e – biznesu. Stan obecny. Techniki komputerowe – Biuletyn informacyjny, Warszawa 2005.
- [6] Szyjewski Z.: Automatyzacja procesów biznesowych – terminologia i klasyfikacje, Informatyka nr 1/1999.