

48/2002

**Raport Badawczy**  
**Research Report**

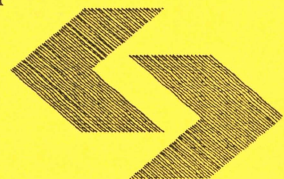
**RB/36/2002**

**Przeniesienie modelu SEMP  
na platformę  
POWERSIM**

**H. Pietkiewicz-Saldan,  
M. Inkielman**

**Instytut Badań Systemowych**  
**Polska Akademia Nauk**

**Systems Research Institute**  
**Polish Academy of Sciences**



# **POLSKA AKADEMIA NAUK**

## **Instytut Badań Systemowych**

ul. Newelska 6

01-447 Warszawa

tel.: (+48) (22) 8373578

fax: (+48) (22) 8372772

Kierownik Pracowni zgłaszający pracę:  
Doc. dr hab. inż. Michał Inkielman

Warszawa 2002

## PRZENIESIENIE MODELU SEMP NA PLATFORMĘ POWERSIM

### 1. Wstęp

Opracowany w IBS symulacyjny model gospodarki polskiej SEMP [1] zapisany został przez autorów w języku EXCEL. Wygodne narzędzia tego programu pozwalają na sprawne prowadzenie badań symulacyjnych, przejrzysty zapis licznych wyników symulacji i łatwe ich porównywanie. Wadą tego programu w przypadku modelowania złożonego systemu jest brak możliwości szybkiego poznania przez użytkowników wewnętrznej struktury modelu, bądź jego fragmentów. Ma on bowiem postać zbioru równań (w przypadku modelu SEMP jest to ok. 1100 równań). Oczywiście, ze względu na skrośne połączenia między wielkościami, nie istnieje możliwość takiego ich uporządkowania, żeby wszystkie fragmenty złożonego modelu były całkowicie opisane następującymi po sobie równaniami. Programem, który powstał specjalnie do modelowania systemów dynamicznych jest Powersim [2] (pakiet Powersim oparty jest o język DYNAMO). Podstawową jego zaletą jest wizualizacja na schemacie (diagramie) wzajemnych zależności zmiennych i parametrów modelu. Programujący wprowadza do modelu kolejno poszczególne wielkości rysując ich symbole i połączenia z pozostałymi wielkościami od których zależą, lub na które mają wpływ. Następnie programujący wpisuje zależności określające matematycznie – tzn. ilościowo - daną wielkość. W czasie pracy w oknie diagramu ilościowe zależności są łatwo dostępne przez klikanie symboli poszczególnych zmiennych. Wartości odczytuje się podjeżdżając myszą do odpowiedniego symbolu. Można też obejrzeć je w innym oknie - z wszystkimi równaniami modelu. Niestety, ostatnia postać programu Powersim Studio zawiera jeszcze wiele wad, o których będzie dalej mowa.

Model SEMP został stworzony przez zespół inżynierów i ekonomistów. Z tego powodu wszędzie tam, gdzie dominowało podejście inżynierskie, zawiera niekonwencjonalne opisy procesów gospodarczych. Wizualizacja zasadniczych idei modelu wydaje się być szczególnie potrzebna dla tych, którzy nie uczestniczyli w ich tworzeniu, a mają korzystać z modelu. Niniejsze sprawozdanie dotyczy właśnie stworzenia kopii modelu SEMP w języku PowerSim Studio. Powstanie takiej kopii umotywowane jest także dużo łatwiejszym wprowadzaniem ewentualnych poprawek czy uzupełnień modeli, ponieważ wyobraźnia autora takich zmian jest podparta dostępnym w Powersim schematem.

W niniejszym opracowaniu kolejne rozdziały opisują:

- o Założenia przyjęte przy zapisie modelu SEMP w programie PowerSim Studio
- o Kłopoty z programem PowerSim Studio: jego wady i usterki
- o Odstępstwa od oryginalnego modelu SEMP
- o Przykładowe przekształcenie modelu implementowanego w Excel do implementacji w Powersim dla sektora gospodarstw domowych
- o Zakończenie - stan obecny modelu zapisanego w programie PowerSim Studio i praca do wykonania
- o Załączniki (schematy i równania)

## **2. Założenia przyjęte przy zapisie modelu SEMP w programie PowerSim Studio**

Założono, że poszczególne arkusze modelu SEMP będą zapisane w osobnych Diagramach w Powersim. Ułatwi to orientację autorów modelu w nowym zapisie, a ponadto autorzy wybrali nieprzypadkowo podział modelu na segmenty zapisane w osobnych arkuszach ze względu na jakościowo różne procesy składające się na całość polskiej gospodarki. Są to:

1. gospodarstwa domowe (KONSUM),
2. produkcja dóbr materiałowych (PRODM)
3. produkcja dóbr inwestycyjnych (PRODI),
4. produkcja dóbr konsumpcyjnych (PRODC),
5. budżet (BUDŻET),
6. banki (BANK),
7. segment główny – koordynujący (MAIN).

Zachowując tę samą strukturę zapisu modelu nie niszczy się aktualności istniejącej dokumentacji modelu SEMP. Nowi użytkownicy mogą poznać opisy zjawisk modelowanych w każdym diagramie korzystając z opisu odpowiedniego segmentu, czy arkusza Excela starej wersji modelu. Poszczególne diagramy w nowej postaci modelu i odpowiadające im

segmenty (czy też arkusze Excela) mają takie same nazwy.

Program Powersim Studio współpracuje z programem Excel w zakresie wczytywania danych do modelu i zapisów wyników symulacji. Tutaj także budowa arkuszy-diagramów nowej wersji modelu ułatwia zapis danych według starego systemu i ewentualne porównywanie danych i wyników w starej i nowej postaci.

Następne przyjęte założenie – to w miarę możliwości modelowanie podmiotowe, według poszczególnych zjawisk, a więc raczej według syntetycznych schematów opracowanych w poprzedniej dokumentacji, niż według kolejności wzorów excelowskich w starej wersji zapisu modelu. Podejście takie pozwoliło zredukować liczbę zmiennych modelu do niezbędnych. W razie potrzeby uzupełnienie ich zmiennymi pochodnymi jest bardzo proste. Taka technika oczyszczania modelu ze zbędnych wielkości była zastosowana we wszystkich segmentach oprócz produkcyjnych. W segmentach produkcyjnych (PRODM, PRODI, PRODC) nie dała ona efektu.

Trzecie z kolei założenie wynikało z dokonanych już w Polsce przemian gospodarczych. W pierwotnej postaci modelu SEMP w każdym sektorze produkcyjnym modelowano dwa działy: produkcji państwowej i prywatnej. Dane, które dają podstawę do modelowania osobnego tych działów pochodzą ze żmudnych przeliczeń bardzo rzadko publikowanych statystyk (co 10 lat). Rezygnacja z rozróżniania tych działów umożliwia częstą identyfikację zmieniających się parametrów, co w oryginalnej wersji było możliwe w pełnym zakresie co 10 lat. Dodatkowo, cały sektor państwowej produkcji przez ostatnie lata bardzo się skurczył. W takiej sytuacji postanowiono zrezygnować z modelowania dwóch działów produkcyjnych w każdym z segmentów produkcyjnych. Pozostawiono jednak pewne zjawiska związane z państwową produkcją (np. dotacje państwowe, proces prywatyzacji –

będzie o tym mowa dalej).

Następne założenia dotyczą postaci graficznej modelu. Podobnie jak w starej wersji rozróżnia się kilka rodzajów wielkości w modelu. Stałe (symbol ich ma kształt rombu), zmienne dynamiczne (symbol ich ma kształt prostokąta, lub koła gdy są to zmienne pomocnicze – tzn. określone statycznymi zależnościami od innych zmiennych dynamicznych), rozróżnia sam program Powersim. Natomiast dla użytkownika modelu istotne są jeszcze inne cechy. W każdym segmencie modelu występują:

- mierzalne lub identyfikowalne wielkości wejściowe,
- wielkości wejściowe stanowiące scenariusz symulacji (bada się ich wpływy na gospodarkę)
- wielkości wejściowe – wczytane z innych segmentów
- wielkości wyjściowe lokalne
- wielkości wyjściowe wczytywane w innych segmentach.

Aby zwiększyć czytelność bardzo dużego modelu SEMP, zaznaczono kolorami wewnątrz symboli:

- – amarant - wielkości wejściowe lokalne,
- - szafir - wielkości wejściowe stanowiące scenariusz symulacji
- – ciemna zieleń - wielkości wejściowe – wczytane z innych segmentów,
- – pomarańcz - wielkości wyjściowe wczytywane w innym segmencie

Połączenia między wielkościami z różnych diagramów w programie PowerSim Studio mogą być realizowane na wiele sposobów:

1. te same wielkości występują pod różnymi zmiennymi w różnych diagramach (segmentach), a połączenia dokonuje się przez podstawienie,
2. wielkości mają te same nazwy w różnych segmentach i wczytuje się je jawnie, tzn. symbole graficzne tych wielkości są zaznaczone (przez tzw. fotografie), mimo, że są obliczane w innych segmentach
3. gdy wielkości mają te same nazwy w różnych segmentach i wczytuje się je niejawnie.

Wszystkie trzy sposoby mają swoje zalety i wady. Sposób pierwszy mnoży istotnie w sztuczny sposób liczbę zmiennych, ale tylko użycie tego sposobu pozwala na wierne odtworzenie w każdym segmencie nazw ze starej wersji modelu. Sposób drugi wprawdzie nie mnoży liczby zmiennych, ale ich symbole – fotografie - zagęszczają diagramy. Jednak ten właśnie sposób umożliwia stosunkowo najłatwiejszą analizę zależności między zmiennymi. Sposób trzeci również nie mnoży sztucznie liczby zmiennych i jednocześnie odciąża diagramy od symboli zmiennych wczytywanych. Może to być korzystne przy analizie procesów wewnętrznych w segmencie, ale wpływ zmiennych z innych segmentów nie jest widoczny na diagramie, co utrudnia pełną analizę.

Można także stosować wszystkie trzy metody. W naszym przypadku bardzo złożonego obiektu przyjęto za celowe ujawniać tylko istotne sprzężenia między segmentami (pierwszą lub drugą metodą – tak jak to było w wersji oryginalnej modelu), aby ograniczyć do minimum liczbę zmiennych.



### 3. Odstępstwa od oryginalnego modelu zapisanego w języku Excel

Podstawowe różnice między modelami zapisanymi w języku Excel i Powersim wynikają z przyjętego założenia o łącznym modelowaniu produkcji państwowej i prywatnej. W oryginalnym modelu zapisane są mechanizmy podziału rynku zbytu, planowania produkcji, podziału zatrudniania, kredytów, dotacji. Pewne z tych mechanizmów stały się zbędne, inne uległy zmianie. Poniżej zostaną kolejno wymienione przyjęte dla segmentu PRODM zapisy.

#### **Kapitał:**

'Kapitał M 1'\*(1-'Wsp deprec kapit M'\*'dł okresu')+('I odtworzeniow w M'+ 'Stru prywatyzacji M')\*'dł okresu'

#### **Zatrudnienie** (wzór pomija zmianę pracochłonności po prywatyzacji):

'Zatrudnienie w M 1'\*(('Produkcja M'/'Produkcjo M 1')\*'st2 Inercja pracochł'+'st16 Zm wyd pr w M'+(1-'st2 Inercja pracochł'))

#### **Zysk brutto**

'Dochód ze sprz M'-('Bezp koszty prod M'+ 'Podatki M'+ 'Koszty amortyzacji')+ 'Dotacje PROD M'

#### **Zmieniona wydajność kapitału** (pominięty wpływ prywatyzacji):

('I modernizacyjne M'\*Wsp produkt nI w M'+ 'Zm wydaj kapl'\*'Kapitał M 1'/dł

okresu)/('I modernizacyjne M'+Kapitał M I'/dł okresu')

### Zmieniona produktywność:

(Zm produktch M I\*((1-stl Inerc produktch))\*EXP(-I restrukturyz w M\*\*dł okresu/'Kapitał M I')+stl Inerc produktch'))

### Pożądana produkcja (pominięty wpływ prywatyzacji) :

IF(('Popyt kraj na M I'+Export M I')\*Wsp prod M od pop-'Zapasy M'/dł okresu\*\*Wsp prod M od zap+'Wsp zysk na prod M\*\*Zysk brutto M I/'(Deflator M I\*(1+'Inflacja oczek za okres'))>'Kapitał M I'/dł okresu\*\*Zm wydad kapI';Kapitał M I'/dł okresu\*\*Zm wydad kapI';IF(('Popyt kraj na M I'+Export M I')\*Wsp prod M od pop-'Zapasy M'/dł okresu\*\*Wsp prod M od zap+'Wsp zysk na prod M\*\*Zysk brutto M I/'(Deflator M I\*(1+'Inflacja oczek za okres'))<0<<mldznakwartał>>;0<<mldznakwartał>>('Popyt kraj na M I'+Export M I')\*Wsp prod M od pop-'Zapasy M'/dł okresu\*\*Wsp prod M od zap+'Wsp zysk na prod M\*\*Zysk brutto M I/'(Deflator M I\*(1+'Inflacja oczek za okres'))))

Ponadto pominięto mechanizmy przepływu kapitału między sektorami, ponieważ nie odpowiadają one rzeczywistości.

Zmiana formy połączeń między segmentami jest czynnością mechaniczną, nie nastęrczącą trudności.

#### 4. Kłopoty z programem PowerSim Studio: jego wady i usterki

Producent programu sprzedaje go bez drukowanego opisu. Jedyne opisy zawarte są w menu „HELP”. Postać opisu jest skondensowana i wydaje się być bardzo zgrubna, a jednocześnie zawiera powtórzenia. Dostępna w Internecie wersja DEMO tego programu, nawet w sposobie modelowania dynamiki, bardzo odbiega od wersji pełnej STUDIO. Różnice nie są opisane, co w efekcie niepotrzebnie sugeruje użytkownika, prowadzi do niepotrzebnej straty jego czasu i energii.

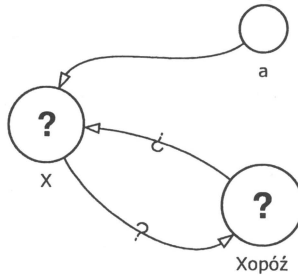
Podstawowy kłopot z programem Powersim STUDIO (w odróżnieniu od wersji DEMO) polega na utrudnionym modelowaniu dynamiki. Program źle znosi, albo nie znosi używania funkcji opóźnienia. Nie jest możliwe np. proste modelowanie (z użyciem funkcji opóźniającej) zależności:

$$X_i = X_{i-1} + a;$$

Program sygnalizuje wtedy “zapętlenie” informacji, czego objawem są znaki zapytania w diagramie (patrz rys. 1 wraz z równaniami). Nawet tak prostą zależność trzeba modelować z użyciem pomocniczego zbiornika – a więc trzeba mnożyć liczbę niezbędnych zmiennych -patrz rys. 2 wraz z równaniami. Na rysunku 2 zamieszczono dodatkowo zmienną  $y = x$  wraz z opóźnioną zmienną  $y_{opóźn}$ , obliczoną według tej samej funkcji opóźnienia z pakietu POWERSIM, co była zamodelowana na rys.1:

DELAYPPL( argument, czas opóźnienia, wartość początkowa argumentu)

Zamieszczone wykresy – identyczne dla pary  $x$  i  $y$ , oraz dla pary  $x_{opóźn}$  i  $y_{opóźn}$ , dowodzą identycznego w efekcie modelowania opóźnienia wielkości  $x$ . Trudno dociec dlaczego program Powersim w różny sposób traktuje obie metody. Komplikuje to diagram (przestaje on być czytelny) i powiększa liczbę zmiennych. W modelowaniu złożonych

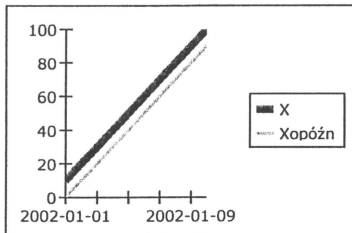
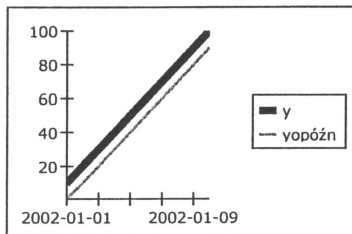
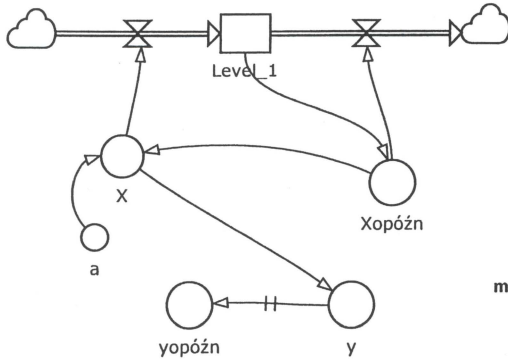


```

mainmodel Component 1 {
  aux a {
    autotype Real
    def 10
  }
  aux X {
    def Xopóz+a
  }
  aux Xopóz {
    def DELAYPPL(X;1<<da>>;1)
  }
}

```

Rys.1. Próba realizacji równania  $x = xopóz + a$  przy użyciu funkcji opóźniającej z pakietu programu POWERSIM - schemat i użyte równania.



```

mainmodel Component 2 {
  aux a {
    autotype Real
    def 10
  }
  level Level_1 {
    autotype Real
    autounit da
    init 0<<da>>
    inflow { autodef X }
    outflow { autodef Xopózn }
  }
  aux X {
    autotype Real
    def Xopózn+a
  }
  aux Xopózn {
    autotype Real
    def Level_1/1<<da>>
  }
  aux y {
    autotype Real
    def X
  }
  aux yopózn {
    autotype Real
    def DELAYPPL(y;1<<da>>;1)
  }
}

```

Rys. 2. Realizacja opóźnienia z użyciem zbiornika (przebieg x i xopoxn), oraz z użyciem funkcji opóźniającej z pakietu POWERSIM (przebieg y i yopoxn) - schemat i równania

systemów dynamicznych jest to istotna wada.

Oprócz wad program zawiera jeszcze „niedoróbki”.

1. Znak „?” pojawia się na diagramie z przyczyn niewyjaśnionych, mimo że w oknie „Properties” prawidłowo obliczona jest wartość zmiennej. Znak ten potrafi pojawić się w trakcie tworzenia modelu, lub symulacji, mimo, że przy modelowaniu danej zmiennej nie było go. Usunięcie jego jest czasem możliwe przez wymazanie danej zmiennej i jej połączeń, a następnie ponowne, wierne, odtworzenie usuniętego fragmentu. W złożonym modelu jest to bardzo uciążliwe. Podobnie przypadkowo pojawia się znak # sygnalizujący brak połączeń między obliczanymi wielkościami.

2. Częste pojawianie się okna komunikatu „Unknown exception” lub „Nieznany błąd”. Niestety, towarzyszy temu zniszczenie utworzonego pliku (wyjątkiem jest praca pod oknami WINDOWS 2000, wtedy zbiór nie uszkadza się, mimo komunikatów). Według wymagań producenta program może współpracować nawet z WINDOWS 95.

3. Tworzenie wykresów czasem nie działa – nie daje się wybrać zmiennych wykreślanych żadną z opisanych w „Help” metod. Pomaga jedynie powtórne uruchomienie programu.

4. Zła i ograniczona jest współpraca z Excelem. W czasie współpracy tych programów spotyka się:

- przypadki braku widoku zawartości okna Excela, mimo, że Excel wyświetla się na pasku tytułowym
- przypadki zniekształcenia obramowania okna Excela
- mylące komunikaty przyczyn pojawiania się zapisu w

arkusza Excela „#LICZBA!” zamiast wartości zmiennych, (mimo identycznych typów zmiennych, odpowiednich dla nich ustawień zarówno w oknie „Properties”, jak i w oknie własności skoroszytu, oraz właściwego formatu komórek arkusza).

Ponadto program albo czyta dane , albo zapisuje dane – nie potrafi poradzić sobie ze współpracą dwustronną z Excelem, co uniemożliwia opracowywanie wielu badań symulacyjnych

Wymienione usterki programu Powersim dodatkowo utrudniają modelowanie złożonych systemów. Zostały one przekazane do wiadomości producenta, od którego otrzymaliśmy obietnicę (dotąd niespełnioną) przekazania ostatniej – poprawionej wersji programu.

## **5. Przykładowe przekształcenie dla wybranego sektora KONSUM modelu implementowanego w arkuszu Excel na implementację w diagramie Powersim**

### **5.1. Procesy gospodarcze opisywane przez model.**

Podmodel sektora gospodarstw domowych opisuje konsumpcję indywidualną i oszczędzanie. Działalność ta sprowadza się do bieżących zakupów dóbr konsumpcyjnych i gospodarowania zasobami pieniężnymi w formie bieżących dochodów i oszczędności. Przyjęto, że sektor ten jest jedynym odbiorcą dóbr produkowanych pod nazwą "dobra konsumpcyjne". W najprostszym ujęciu popyt na dobra konsumpcyjne zależy od zasobów pieniężnych sektora, cen oraz skłonności do oszczędzania. Przez oszczędności rozumie się w modelu depozyty netto tj. depozyty oszczędnościowe pomniejszone o kredyty konsumpcyjne.

Źródłem dóbr konsumpcyjnych jest zarówno produkcja krajowa jak i import. Podział popytu na popyt krajowy i import wynika z proporcji cen krajowych i importowych (z uwzględnieniem cel i kursu walutowego), niedoboru produktu krajowego i dotychczasowego udziału importu w konsumpcji. Nadwyżka popytu nad podażą dóbr krajowych wraz z ukształtowanym w przeszłości importem powoduje równocześnie wzrost cen jak i dodatkowy przyrost importu.

Zasoby pieniężne sektora gospodarstw domowych pochodzą z płac w sektorach produkcyjnych wraz z częścią zysku, rent i emerytur, zasiłków oraz z płac w sferze budżetowej pomniejszonych o podatki od osób fizycznych. Dodatkowymi elementami dochodu jest oprocentowanie depozytów oszczędnościowych netto oraz skup dewiz, których domniemanym źródłem jest nie ewidencjonowana działalność gospodarcza w ruchu przygranicznym. Wydatkami w bilansie sektora są wydatki na konsumpcję krajową i import oraz wydatki inwestycyjne, które w sektorze budżetowym stanowią część dochodu z prywatyzacji.

## 5.2 Opis struktury modelu i jego obliczeń w wersji Excel.

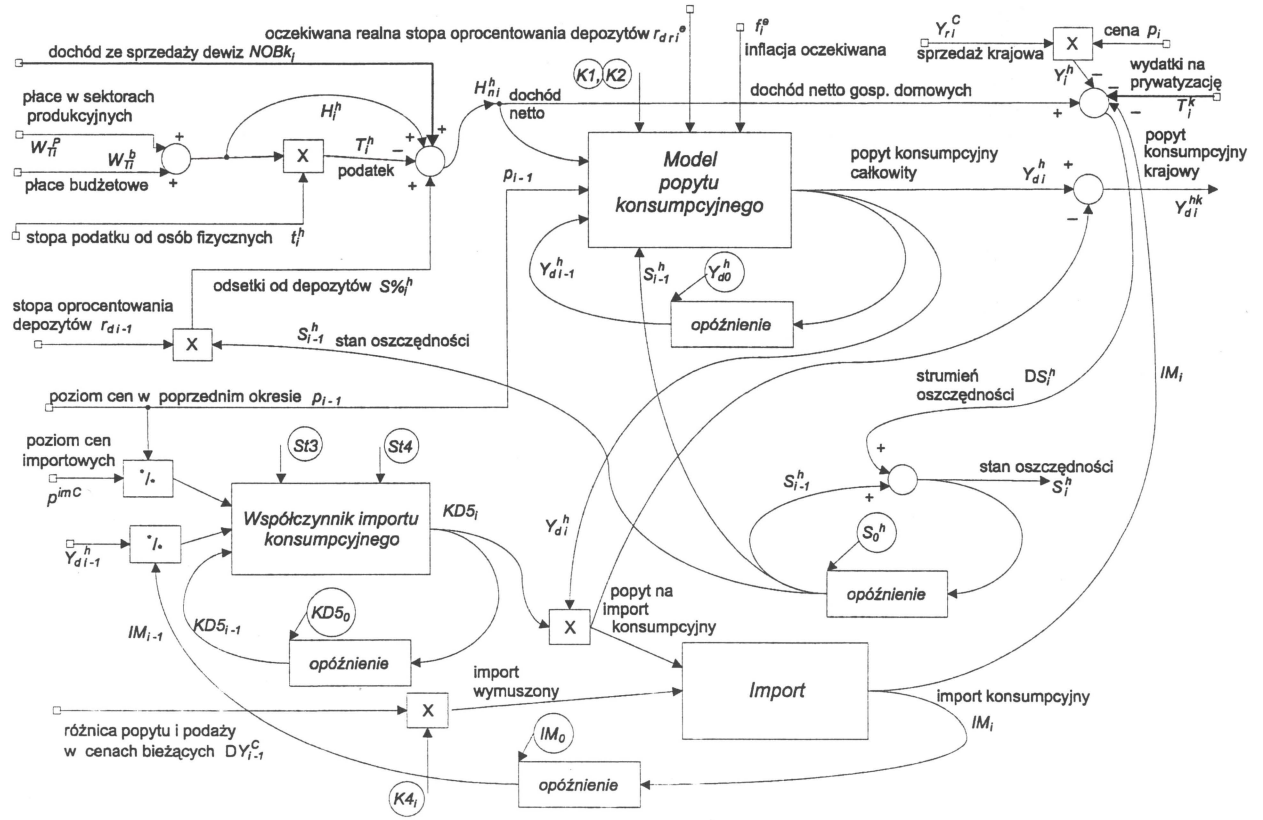
Na schemacie poniżej (rys. 3) przedstawiono strukturę modelu sektora gospodarstw domowych. Główne węzły obliczeniowe tego modelu to:

- obliczanie dochodu netto gospodarstw domowych  $H_{ni}^h$ ,
- obliczanie popytu konsumpcyjnego całkowitego  $Y_{di}^h$  i krajowego  $Y_{di}^{hk}$ ,
- obliczanie importu konsumpcyjnego  $IM_i$ ,
- obliczanie strumienia oszczędności netto  $\Delta S_i^h$

Większość zależności zawartych w modelu sektora, to zależności bilansowe przychodów i wydatków. Właściwości modelu zależą głównie od **dynamicznej funkcji popytu** zawartej w bloku "Model popytu konsumpcyjnego". Argumentami tej funkcji są: popyt w poprzednim



okresie, aktualny przychód netto (po odliczeniu podatku), stan oszczędności, dotychczasowy poziom cen oraz prognoza inflacji i związanej z nią realnej stopy oprocentowania depozytów. Ogólna postać tej funkcji zakłada, że popyt w poprzednim okresie ma wpływ stabilizujący (model ma charakter inercyjny), wzrost przychodów i oszczędności wpływa na wzrost popytu, natomiast wysoka stopa realna oprocentowania skłania do obniżenia bieżącego popytu konsumpcyjnego. Rozwiązaniem modelu popytu konsumpcyjnego jest ilość pieniędzy przeznaczonych na konsumpcję w danym okresie.



### Rys. 3. Schemat ogólny segmentu KONSUM

Funkcja popytu wyrażona w jednostkach strumienia materialnego dóbr konsumpcyjnych jest więc hiperbolą względem aktualnej ceny i w tej postaci może być konfrontowana z funkcją podaży na rynku produktu. Drugą zależnością charakteryzującą sektor gospodarstw domowych jest formuła uzależniająca **udział importu w popycie** od wartości poprzedniej tego udziału, od stosunku cen krajowych i importowych oraz od niedoboru podaży (blok "Współczynnik importu konsumpcyjnego"). Szczegółowo funkcje te będą opisane przy okazji omawiania sposobów dostrajania modelu (rozdział 3).

Większość obliczeń modelu sektora dokonywana jest na podstawie danych wejściowych i parametrów, których wartości znane są na początku okresu obliczeniowego. W szczególności na dochody sektora składają się płace w sektorach produkcyjnych i budżetowym wyznaczane przez odpowiednie podmodele przed rozwiązaniem równań rynków. Jedynym obliczeniem, które wymaga iteracyjnej wymiany informacji z innymi podmodelami jest obliczanie strumienia  $\Delta S_i^h$  i stanu oszczędności netto  $S_i^h$ , gdyż wymaga znajomości sprzedaży krajowej  $Y_{r,i}$  oraz ceny  $p_i$ , które są rozwiązaniami modelu rynku produktu, znanymi po obliczeniu całego modelu dla wszystkich podmiotów gospodarczych. Ponieważ wartości  $\Delta S_i^h$  i  $S_i^h$  są wykorzystywane dopiero w następnym okresie  $i + 1$ , proces iteracyjny sprowadza się do jednego dodatkowego cyklu wymiany informacji między podmodelami. W tym samym celu, w modelu sektorów produkcyjnych przyjęto założenie, że płace całkowite  $W_{r,i}^P$  nie są zależne od wyników finansowych tych sektorów w okresie  $i$  (wypłaty z zysku opóźnione o jeden okres).

#### 5.3 Lista parametrów, wielkości wejściowych i równań

W tablicy 1 zestawiono wszystkie parametry, zmienne egzogeniczne, zmienne wejściowe z innych pod modeli oraz równania modelu sektora gospodarstw domowych.

W pierwszej części tablicy (grupa: Parametry modelu) występują parametry liczbowe  $K1 - K5$  dobierane w trakcie dostrajania modelu. Parametry  $K1$  i  $K2$  decydują o właściwościach funkcji popytu konsumpcyjnego. W zasadzie wartości tych parametrów są niezależne od czasu. Możliwość wprowadzenia różnych wartości w kolejnych okresach scenariusza symulacyjnego ułatwia analizę wrażliwości modelu na te parametry. Parametr  $K5$  określa wartość początkową udziału importu w konsumpcji.

Następną grupą danych są "Wejścia z innych podsystemów". Są to przede wszystkim wielkości płac i emerytur określone w podmodelach sektorów produkcyjnych i budżetu, wartości rozwiązania równań modelu rynku produktu (dóbr konsumpcyjnych) - cena, wielkość sprzedaży i różnica popytu i podaży, a także zmienne decyzyjne z sektorów budżetowego i finansowego dotyczące stóp podatkowych i oprocentowania depozytów.

W grupie zmiennych stanu występują trzy zmienne: stan oszczędności, popyt konsumpcyjny i udział importu w popycie konsumpcyjnym. Równania stanu (35) - (37) decydują o dynamice modelu sektora gospodarstw domowych.

W grupie "Inne zmienne" występują równania bilansowe przychodów i wydatków zamknięte przez strumień oszczędności (przyrost depozytów netto) oraz zmienne o charakterze wskaźników (realny dochód, konsumpcja realna, itp.). Listę równań podmodelu zamyka bilans finansowy sektora (tożsamościowo równy zeru).

Tablica 1 Gospodarstwa domowe (arkusz Excel: Konsum)

Wiersz	symbol	opis zmiennej	wartości obliczane w kolejnych okresach	jednostki	warunek początkowy
<b>Parametry modelu</b>					
11	$K1$	skłonność do oszczędzania	$K1 = 0,9$		0,9
12	$K2$	bezwładność popytu konsumpcyjnego	$K2 = 0,8$		0,8

13	K4	stopień pokrycia niedoboru podaży przez import	$K4 = 0,9$		0,9
14	K5	udział importu w popycie konsumpcyjnym	$K5 = 0,06$		0,07

**Parametry scenariusza**

17	SzK	udział dochodów z handlu przygranicznego w skupie walut	$SzK_i = 1$		1
----	-----	---	-------------	--	---

**Wejścia z innych podsystemów**

źródło:

21	$t^h$	stopa podatku dochodowego od osób fizycznych	$t_i^h$ (sektor budżetowy)	b. w.	
22	$W_T^b$	wydatki socjalne budżetu (renty, emerytury, zasiłki)	$W_{Ti}^b = W_{ui} + W_{uni}$ (sektor budżetowy)	mld zł/okres	
23	$W_T^P$	łącznie płace w sektorach produkcyjnych i budżecie	$W_{Ti}^P = W_i^C + W_i^I + W_i^M + W_i^b$ (sektory produkcyjne i budżetowy)	mld zł/okres	
24	NOB	skup walut	NOB <sub>i</sub> (sektor finansowo-bankowy)	mld zł	
25	$Y_r^C$	produkcja sprzedana sektora produkcji dóbr konsumpcyjnych	$Y_{ri}^C$ (sektor produkcji dóbr konsumpcyjnych)	mld zł const/okres	$Y_{r0}^C$
26	$\Delta Y^C$	różnica popytu i podaży dóbr konsumpcyjnych w cenach bieżących	$\Delta Y_i^C = \Delta Y_{Ni}^C$ (arkusz główny)	mld zł/okres	$\Delta Y_0^C$
27	$f^e$	inflacja kwartalna oczekiwana	$f_i^e$ (arkusz główny)		
28	$r_d$	stopa oprocentowania depozytów	$r_{di}$ (sektor finansowo-bankowy)	[%/100/rok]	$r_{d0}$
29	$p$	względny poziom cen (deflator) symulowany	$p_i$ (arkusz główny)	b. w.	$p_0$
30	$f_Y^e$	inflacja oczekiwana (prognoza)	$f_{Yi}^e$ (arkusz główny)	b. w.	
31	$T^k$	wydatki na prywatyzację	$T_i^k$ (sektor budżetowy)	mld zł/okres	
32	$p^{imc}$	indeks cen importowych produktów konsumpcyjnych	$p_i^{imc}$ (sektor finansowo-bankowy)	b. w.	$p^c$

**Zmienne stanu**

35	$S^h$	stan oszczędności gospodarstw domowych	$S_i^h = S_{i-1}^h + \Delta S_i^h$	mld zł	43,419
36	$Y_d^h$	popyt konsumpcyjny całkowity	$Y_{di}^h = \min[ \text{Konsum}(K1_i, K2_i, p_{i-1}, f_i^e, Y_{di-1}^h, H_{ni}^h, r_{di}, S_{i-1}^h ), H_{ni}^h + S_{i-1}^h ]$	mld zł/okres	24,4
37	KD5	dynamiczny wskaźnik udziału importu w popycie konsumpcyjnym	$KD5_i = \text{ImpCons}(S14, S13, KD5_{i-1}, p_{i-1}^{imc} / p_{i-1}, IM_{i-1}^h / Y_{di-1}^h )$	b. w.	$K5_0$

**Inne zmienne**

40	$S\%^h$	odsetki od depozytów oszczędnościowych	$S\%_i^h = S_{i-1}^h \cdot r_{i-1}^h \cdot \Delta T_i$	mld zł/okres	
----	---------	--	--	--------------	--

41	$H^h$	dochód brutto gospodarstw domowych	$H_i^h = W_{T_i}^b + W_{T_i}^P + S\%_i^h + NOB_i \cdot Szk_i$	mld zł/okres	
42	$T^h$	podatek dochodowy od osób fizycznych	$T_i^h = (H_i^h - S\%_i^h - NOB_i \cdot Szk_i) \cdot t_i^h$	mld zł/okres	
43	$H_n^h$	dochód gospodarstw domowych netto	$H_{n_i}^h = H_i^h - T_i^h$	mld zł	
44	$IM^{hu}$	wymuszony import konsumpcyjny (uzupełniający)	$IM_i^{hu} = \max(0, \Delta Y_{i-1}^C \cdot K4_i)$	mld zł/okres	
45	$IM^h$	import konsumpcyjny całkowity	$IM_i^h = Y_{d_i}^h \cdot KD5_i + IM_i^{hu}$	mld zł/okres	
46	$Y_d^{hk}$	pyt konsumpcyjny krajowy	$Y_{d_i}^{hk} = Y_{d_i}^h \cdot (1 - KD5_i)$	mld zł/okres	$Y_{d_i}^{hk} = Y_{d_i}^h \cdot (1 - KD5_0)$
47	$Y^h$	konsumpcja krajowa	$Y_i^h = Y_{T_i}^C \cdot p_i$	mld zł/okres	
48	$Y^{ht}$	konsumpcja całkowita	$Y_i^{ht} = IM_i^h + Y_i^h$	mld zł/okres	$Y_0^{ht} = Y_{\infty}^h$
49	$\Delta S^h$	strumień depozytów oszczędnościowych	$\Delta S_i^h = H_{n_i}^h - Y_i^{ht} - T_i^k$	mld zł/okres	
50	$H_{nr}^h$	realny dochód gospodarstw domowych netto	$H_{nr_i}^h = H_{n_i}^h / p_i$	mld zł const/okres	
51	$Y_{dr}^h$	realny popyt konsumpcyjny	$Y_{dr_i}^h = Y_{d_i}^h / p_i$	mld zł const/okres	
52	$S_r^h$	depozyty oszczędnościowe realne	$S_{r_i}^h = S_i^h / p_i$	mld zł const	
53	$Y_{drY}^h$	roczny realny popyt konsumpcyjny	$Y_{drY}^h = Y_{dr_i}^h / \Delta T_i$	mld zł const na rok	
54	$Y_r^h$	konsumpcja całkowita realna	$Y_r^h = Y_{T_i}^C + IM_i^h / p_i^{hmC}$	mld zł const	
55	$r_{dr}$	realna stopa oprocentowania depozytów	$r_{dr_i} = (r_{d_i} - f_{Y_i}^o) / (1 - f_{Y_i}^o)$	%/100	

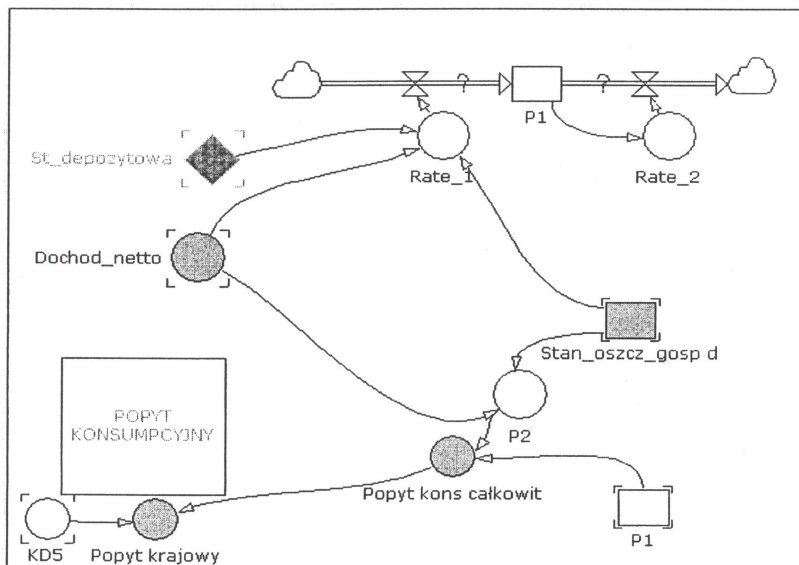
Wiersz	symbol	opis zmiennej	wartości obliczane w kolejnych okresach	jednostki	Warunek początkowy
--------	--------	---------------	---	-----------	--------------------

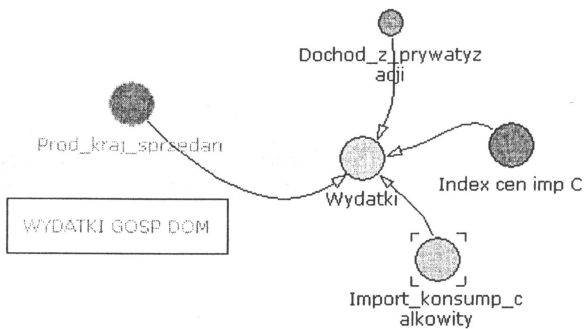
$$\text{Bilans sektora gospodarstw domowych} = S_{i1}^h + H_i^h - T_i^k - T_i^l - Y_i^h - IM_i^h - S_i^h \equiv 0$$

#### 5.4. Struktura modelu w konwencji narzuconej przez język modelowania

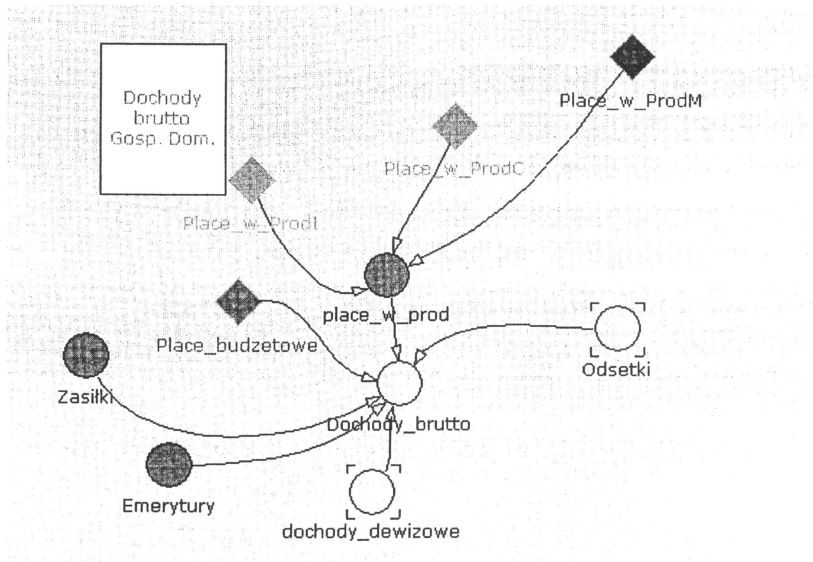
Poniżej zamieszczone są kolejne moduły diagramu segmentu KONSUM, a następnie równania zapisane w języku pakietu Powersim.

Rys. 4. Moduł określający popyt konsumpcyjny.



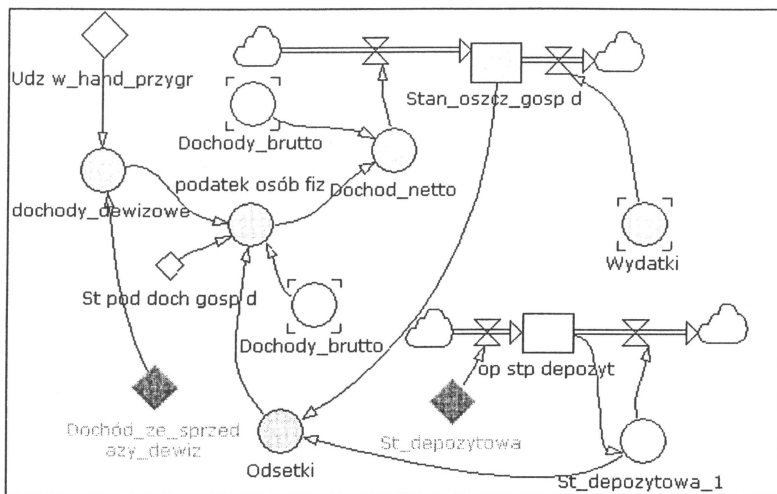


Rys. 5. Moduł bilansu wydatków sektora konsumpcyjnego



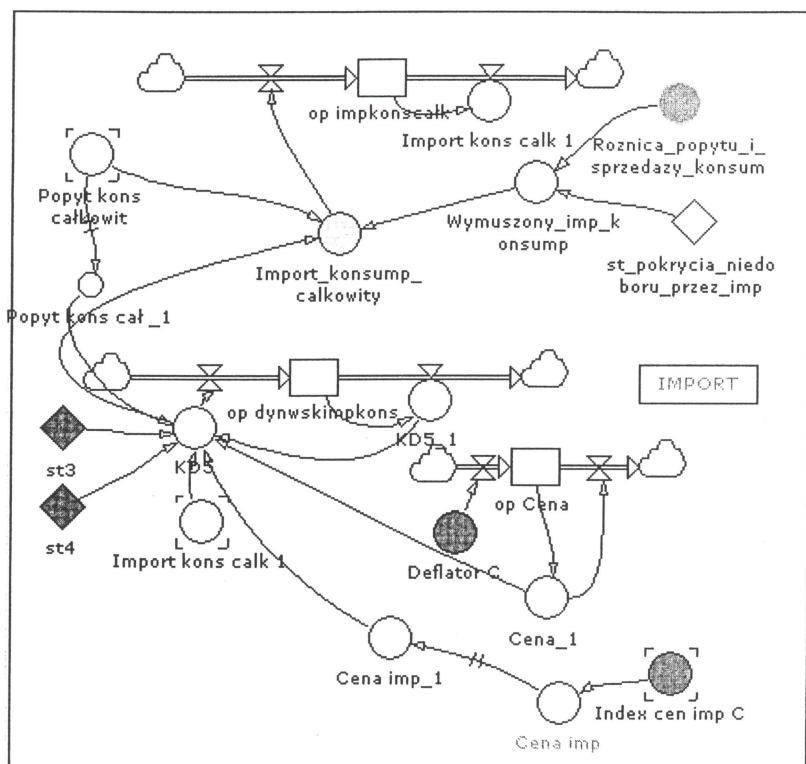
Rys. 6. Moduł bilansu dochodów sektora konsumpcyjnego





Podatki, Dochody netto i Stan Oszczędności Gosp Dom

Rys. 7. Moduł obliczenia dochodów netto, podatków i stanu oszczędności sektora konsumpcyjnego



Rys. 8. Moduł modelujący preferencje importowe sektora konsumpcyjnego i przeniesienie popytu krajowego na import.

## **5.5. Równania segmentu KONSUM w konwencji DYNAMO**

## 5.6. Przykład równań opisujących stan oszczędności gospodarstw domowych

Przyjrzyjmy się dla przykładu równaniu KONSUM – wiersz 35 z modelu zapisanego w Excelu, określającego stan oszczędności gospodarstw domowych:

$$S^h_i = S^h_{i-1} + \Delta S^h_i$$

Przyrost oszczędności, z kolei określony jest wzorem (KONSUM – wiersz 49):

$$\Delta S^h_i = H^h_{ni} - Y^h_{Ti} - T^k_i$$

Składniki kolejne tego wyrażenia to: dochód netto gospodarstw domowych, konsumpcja całkowita i wydatki na prywatyzację.

Moduły diagramu segmentu KONSUM na rys.8 i rys.5 zawierają ten fragment modelu.

Dochód netto jest dopływem zasobów do zbiornika symbolizującego stan oszczędności, a ze zbiornika tego wypływa strumień „Wydatki”, na które składają się konsumpcja krajowa, konsumpcja importowana i inwestycje, czyli wydatki prywatyzacyjne. Przykład pokazuje, że złożoność modelu nie pozwala, ani w Excelu, ani w Powersim (ze względu na dużą liczbę skrótnych sprzężeń) przedstawić w kolejnych równaniach, lub w jednym module procesu kształtowania się oszczędności.

## **6.Zakończenie – stan programu, planowane prace**

Program jest formalnie zakończony i w stanie po „kompilacji formalnej” (diagramy nie zawierają znaków ?, ani #). Program zatrzymuje się z powodów numerycznych po 8-mym kroku symulacji, a już we wcześniejszych krokach wykazuje niestabilność, wyliczone wartości zmiennych są nierealne. Wyniki takie mogą być spowodowane wieloma przeróbkami modelu, związanymi z łącznym modelowaniem produkcji państwowej i prywatnej i złym doбором danych wejściowych. Po przekazaniu przez producenta nowej, poprawionej wersji programu łatwiejsza będzie analiza i poszukiwanie źródeł błędów.

Program Powersim daje możliwości modelowania ciągłego procesów dynamicznych. Ta cecha programu nie została wykorzystana, obecna implementacja modelu SEMP jest dyskretna w czasie – tak jak implementacja oryginalna w Excelu. Wskazane zatem byłoby sprawdzić, czy modelowanie ciągle, choćby tylko fragmentów, nie poprawi jakości wyników symulacji. Sam model wymaga dalszych prac związanych z identyfikacją jego parametrów i ewentualną adaptacją do zmieniających się warunków.

### **Literatura:**

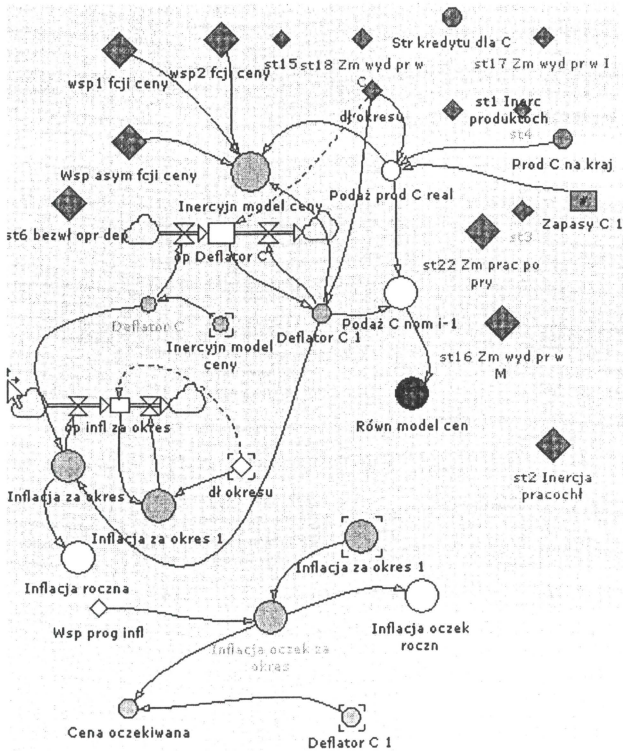
[1] Gutenbaum J., Inkielman M., 1998. Model symulacyjny gospodarki Polski. Seria: Badania Systemowe, nr 20, Wyd. IBS PAN.

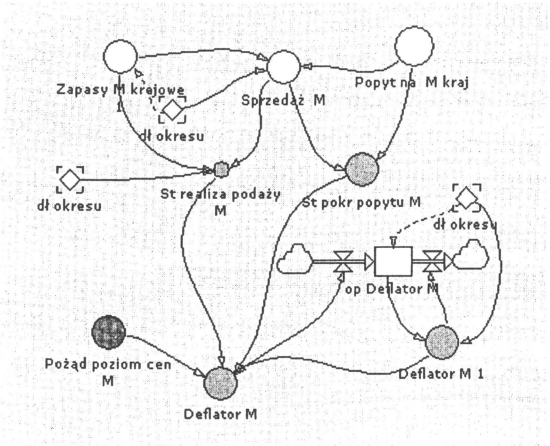
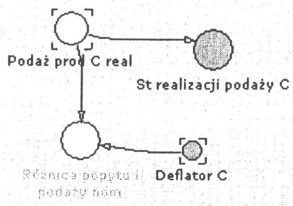
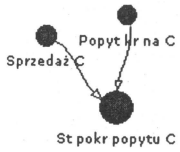
[2] Program POWERSIM – [www.powersim.com](http://www.powersim.com)

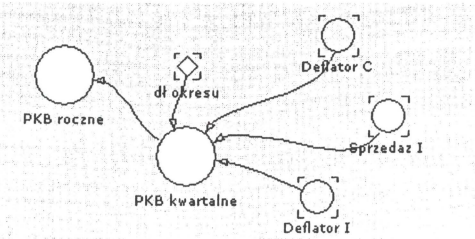
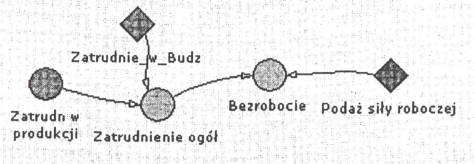
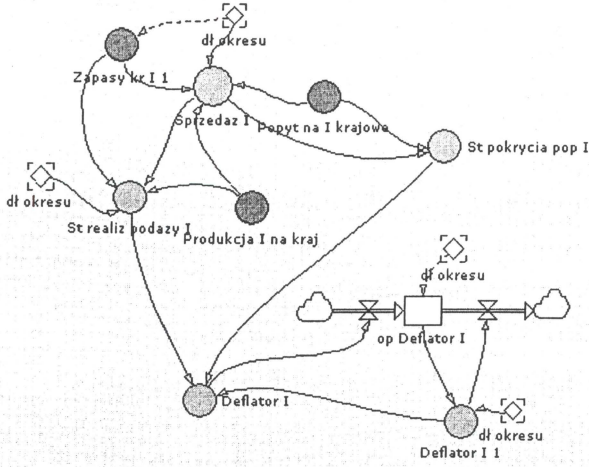
## 7. Załączniki

### 7.1. Diagramy pozostałych segmentów

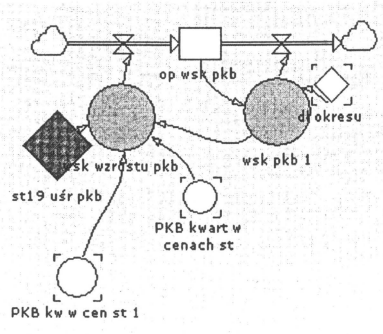
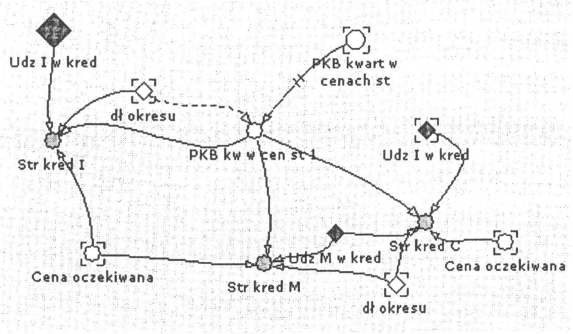
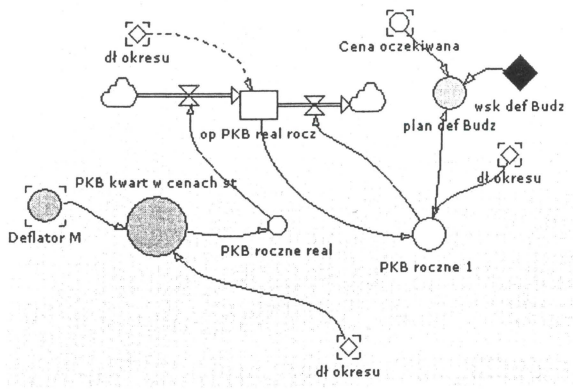
#### 7.1.1. Segment MAIN



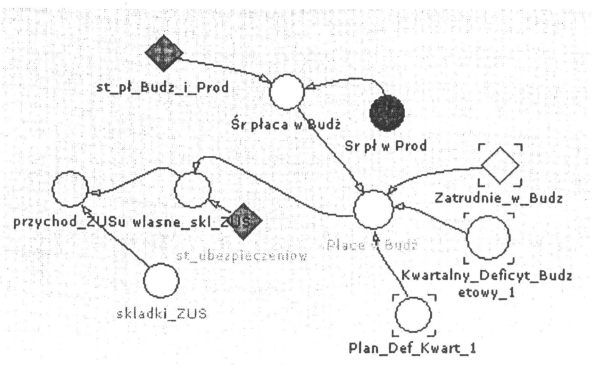
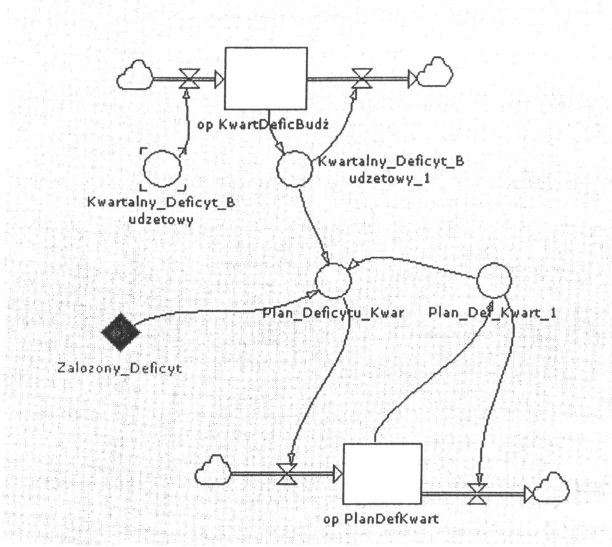
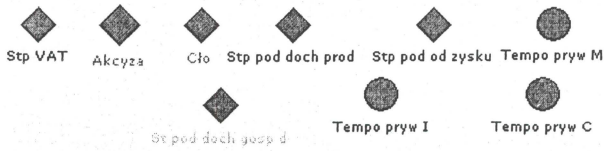


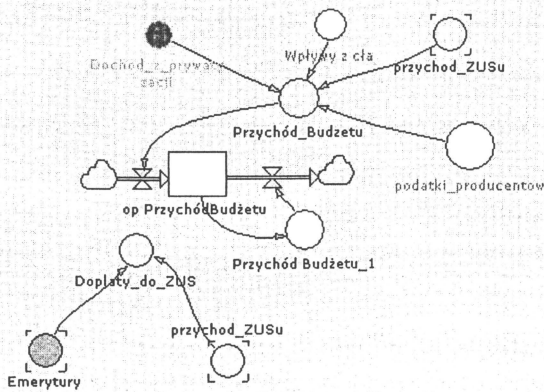
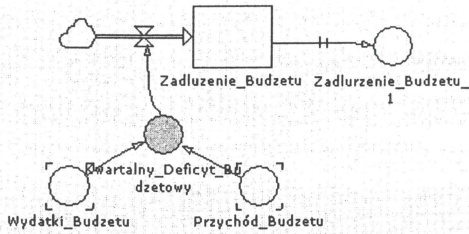
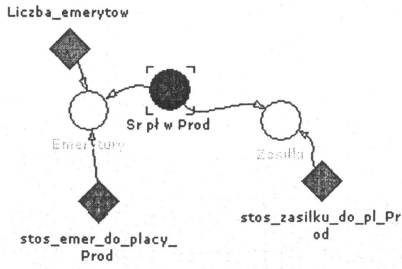


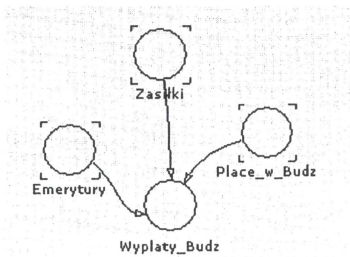
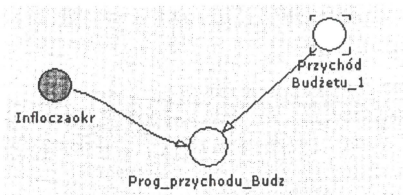
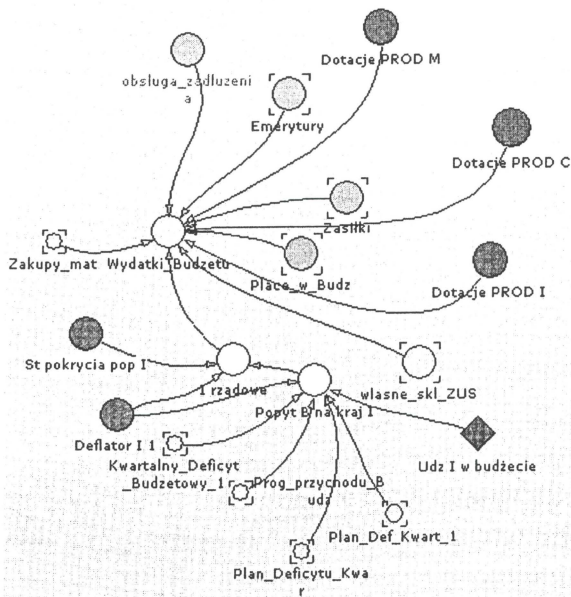


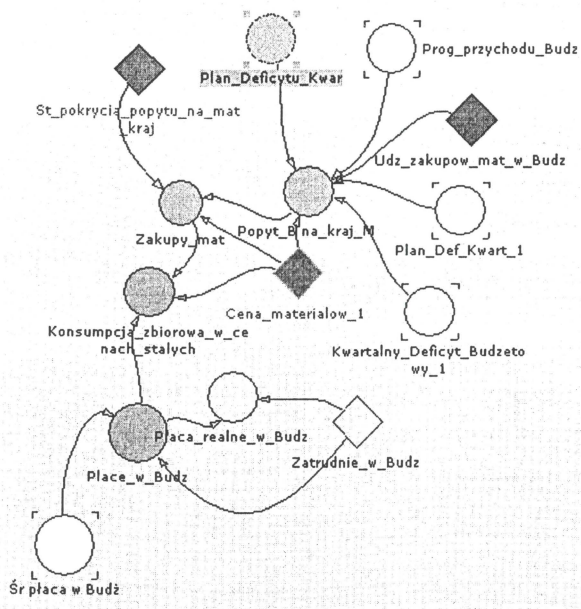


## 7.1.2. Segment BUDŻET

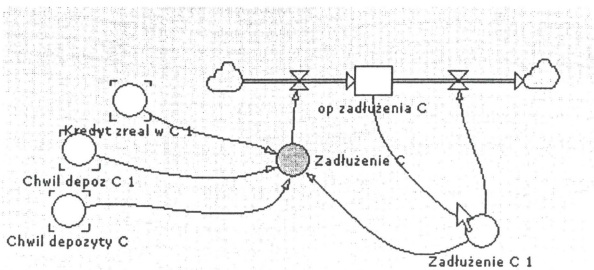
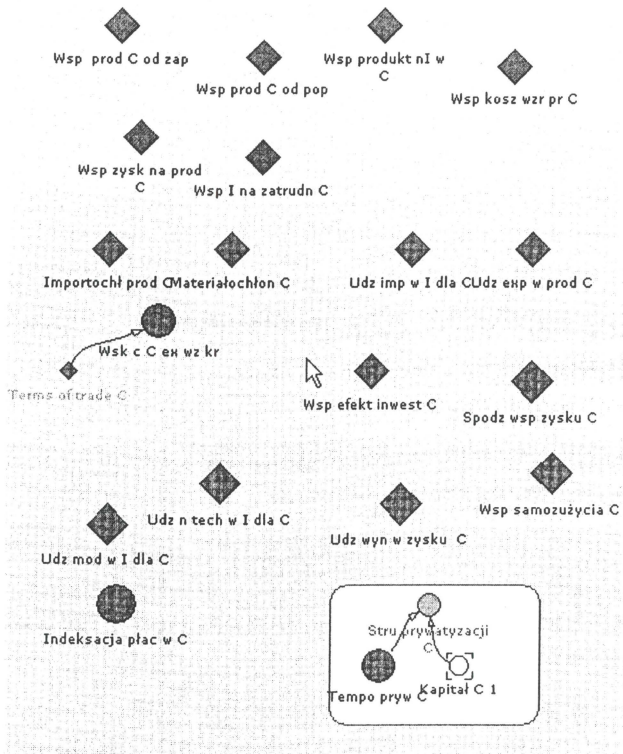


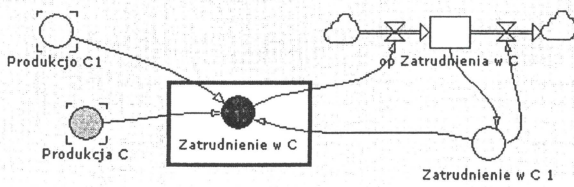
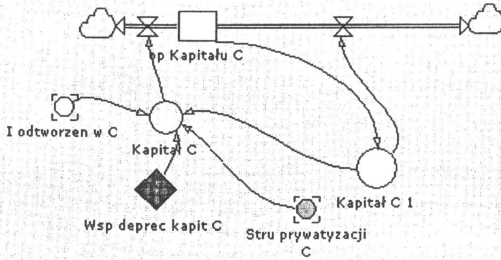
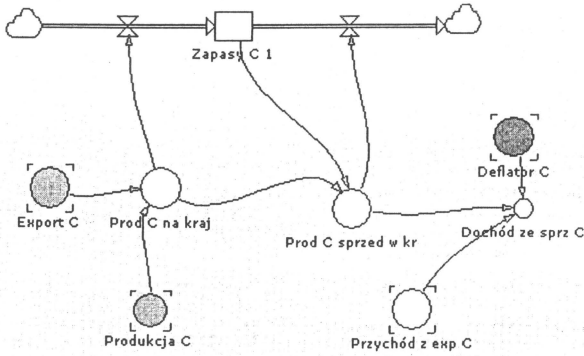


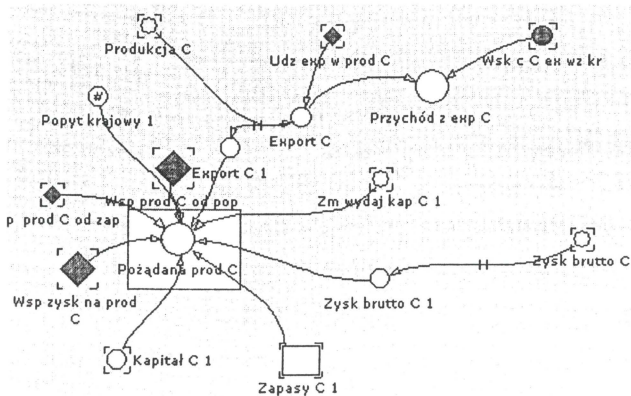
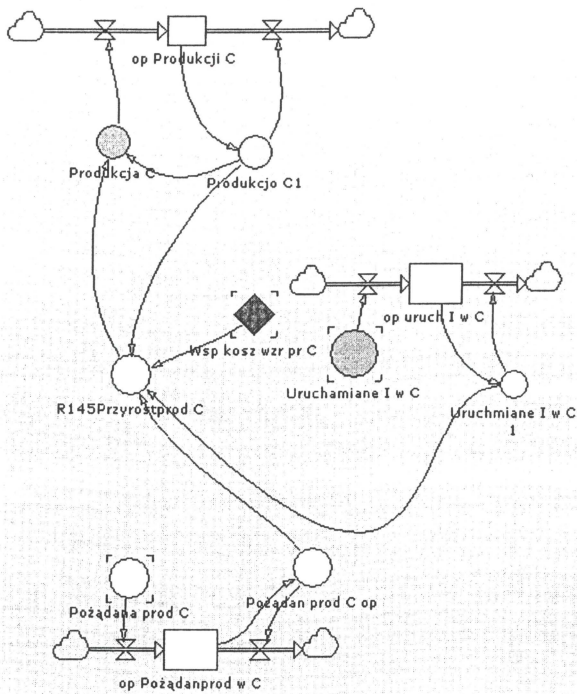




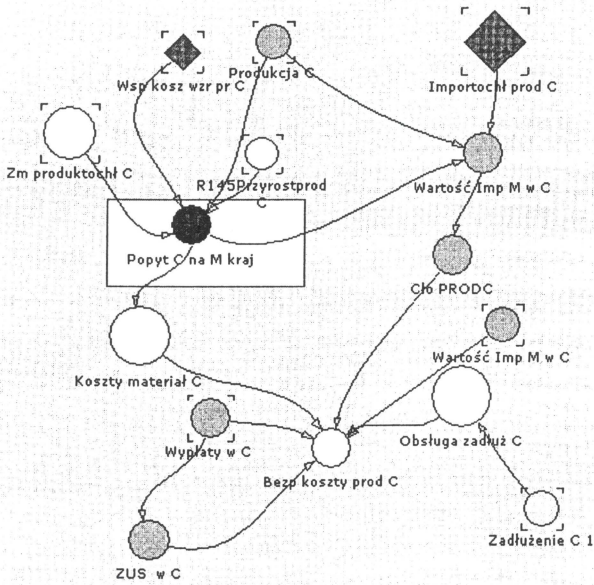
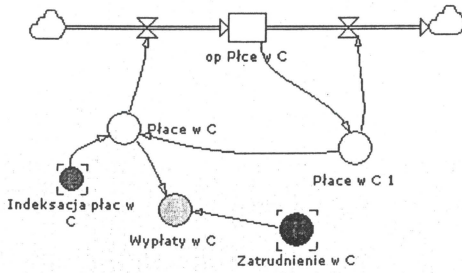
### 7.1.3. Segment PRODC

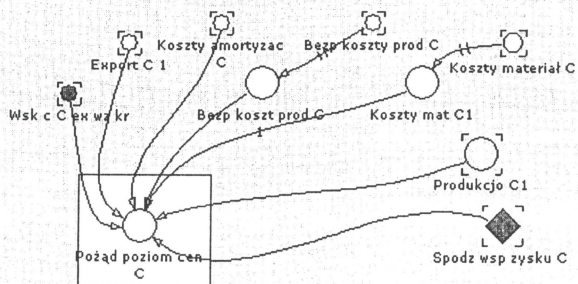
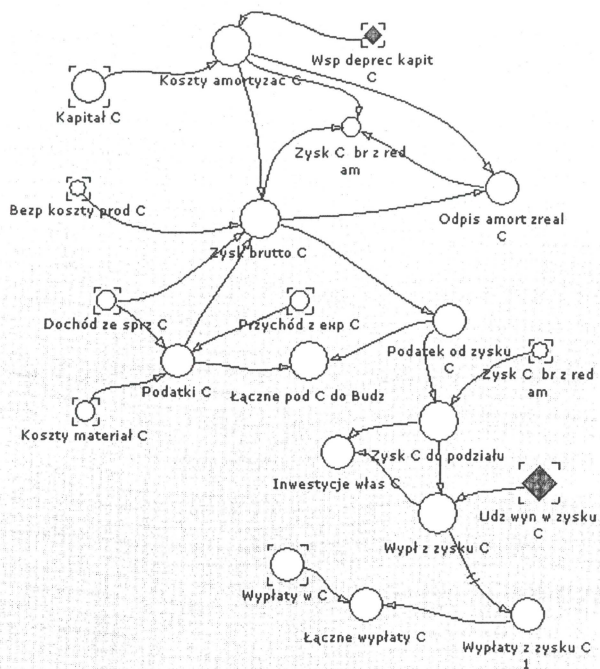


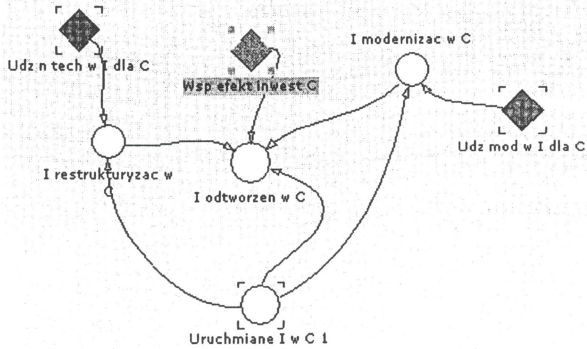
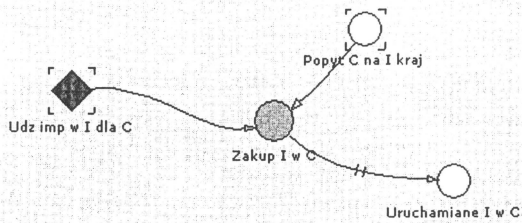
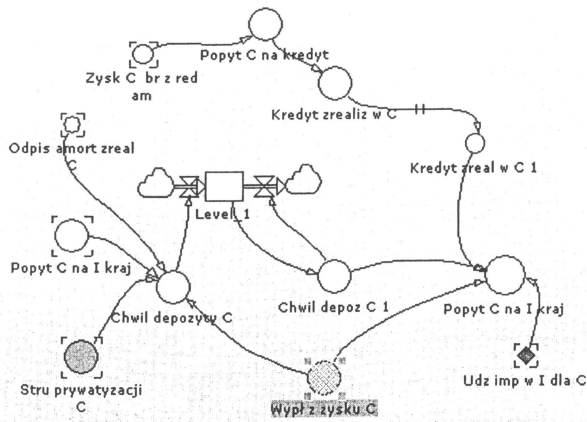


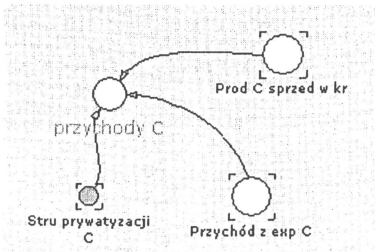
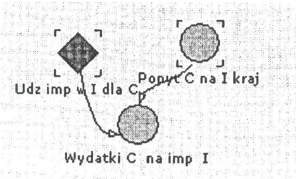
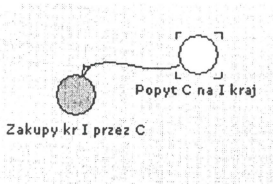
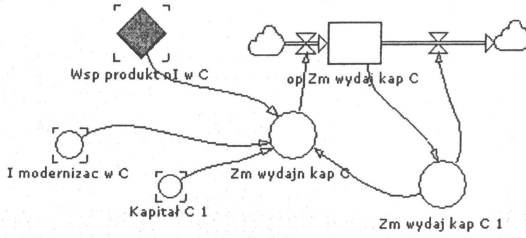


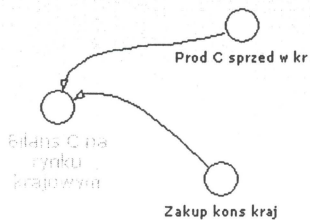
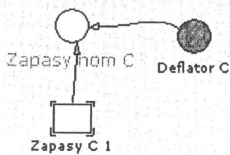
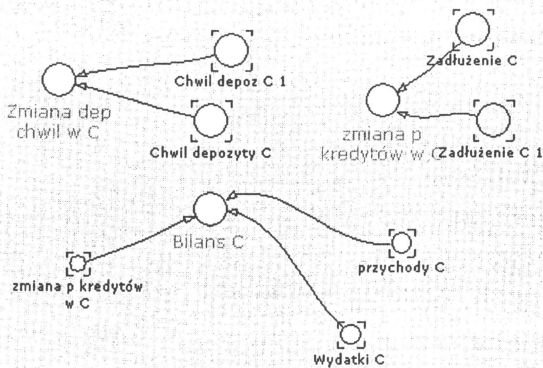
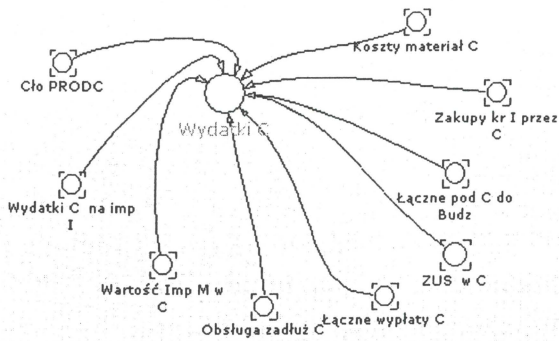




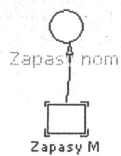
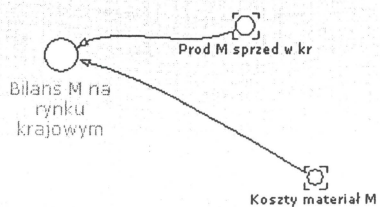
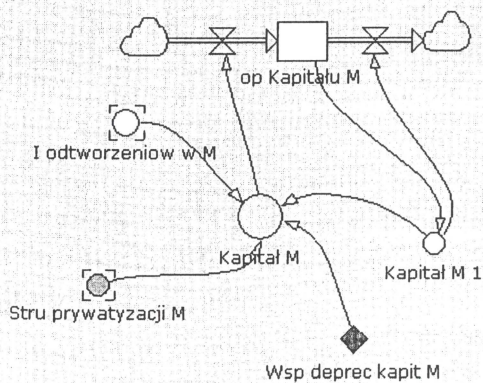
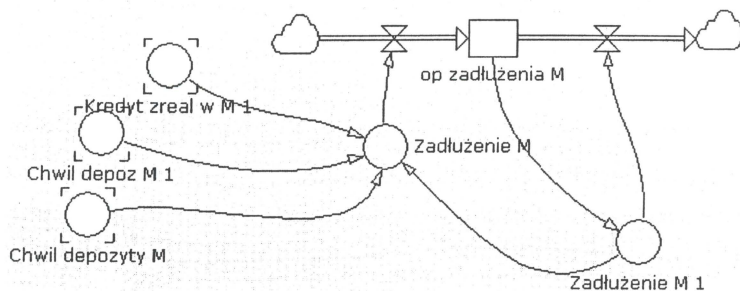


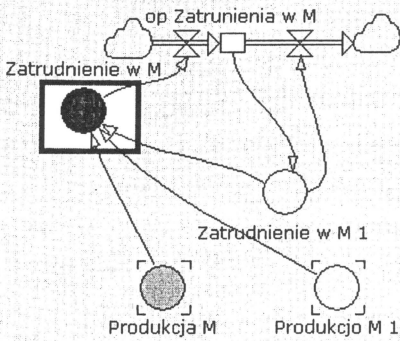
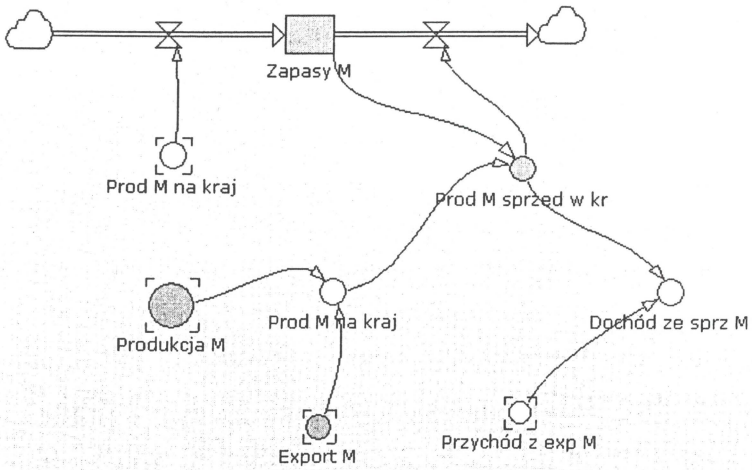


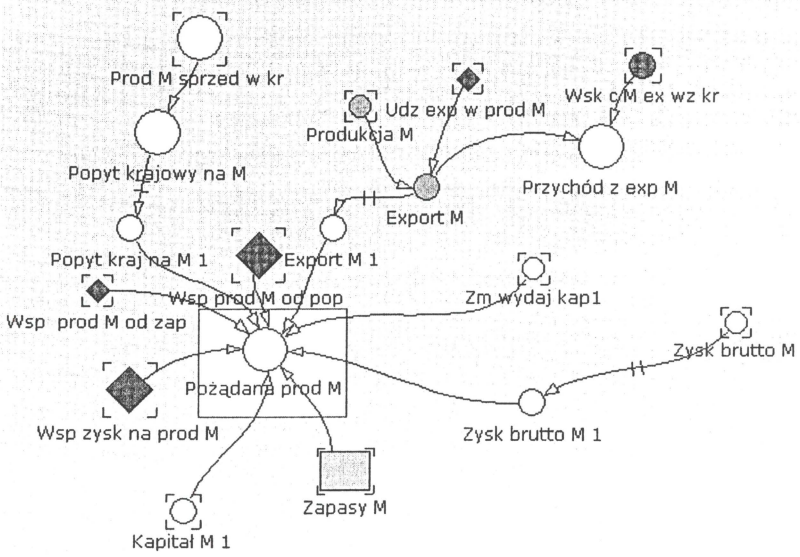
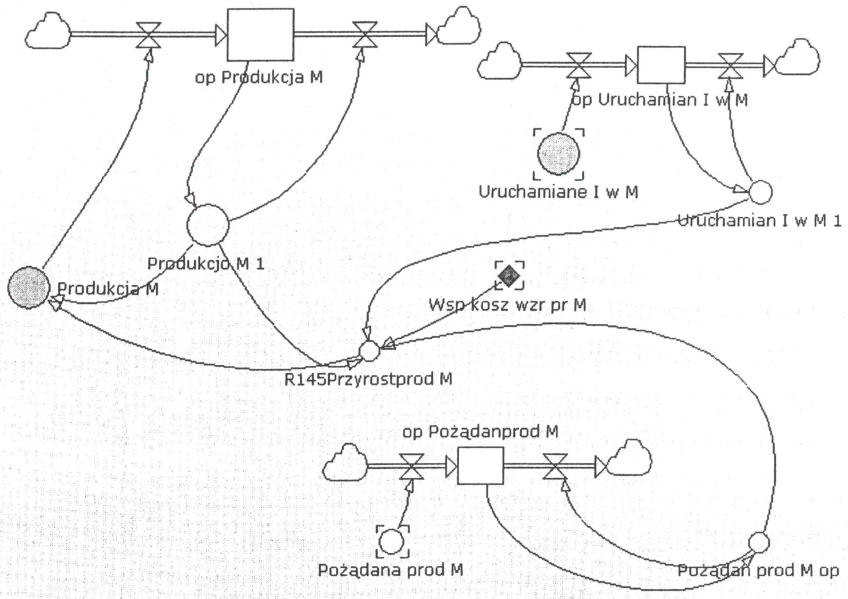




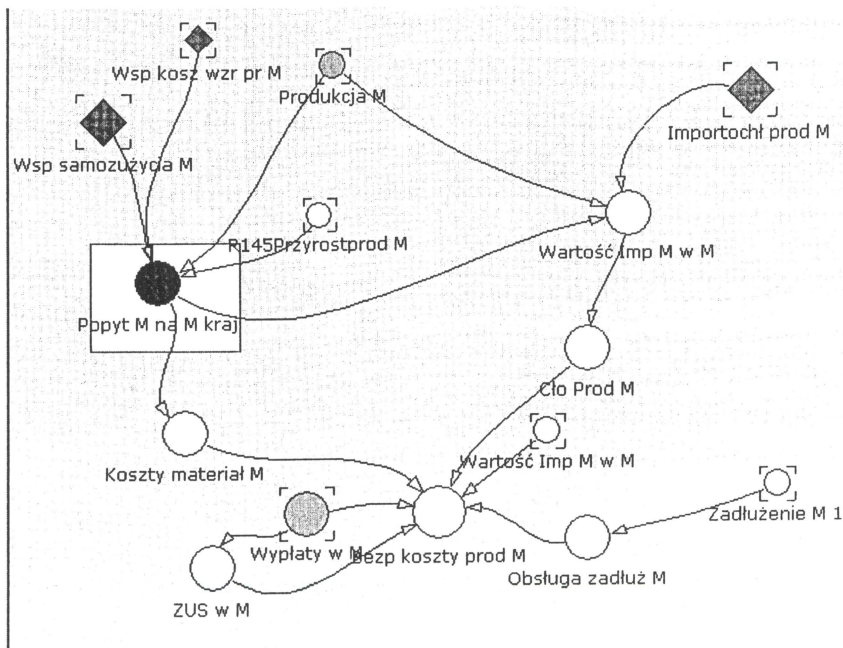
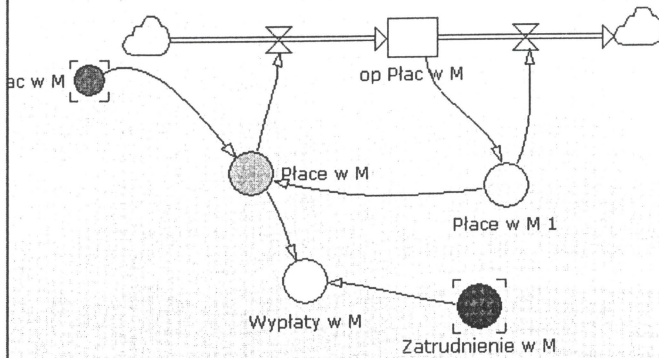
### 7.1.4. Segment PRODM



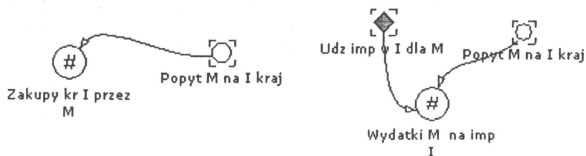
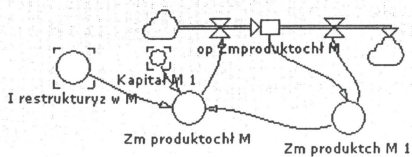
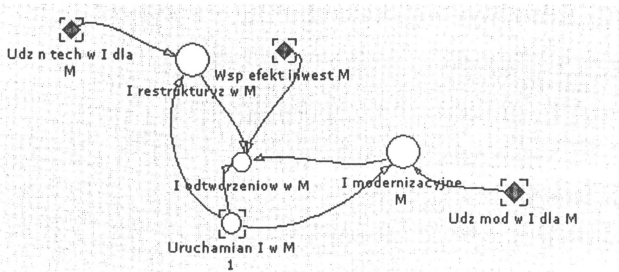
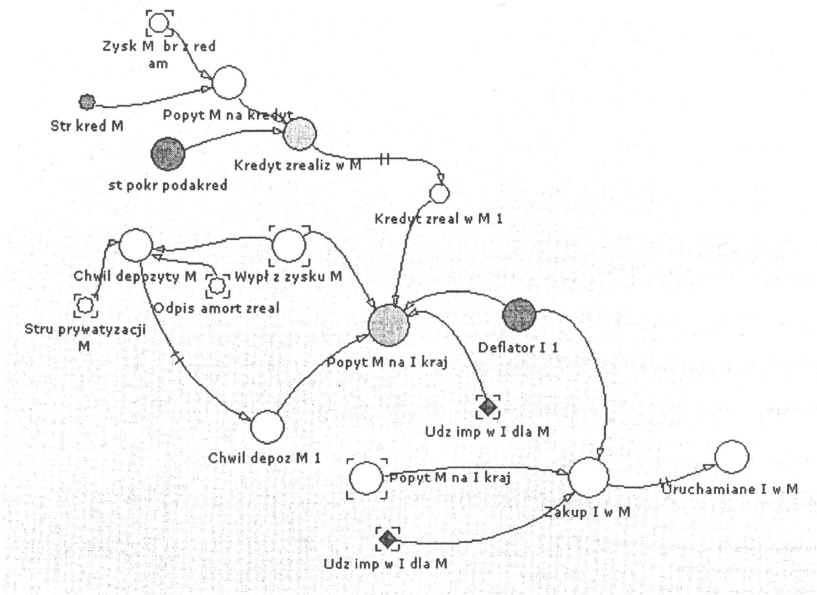


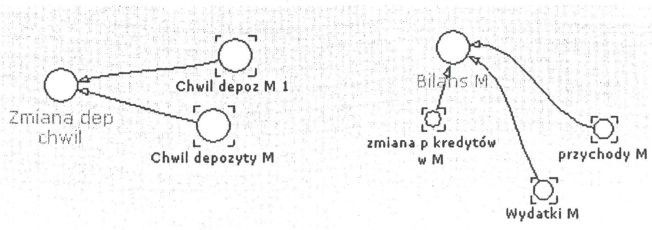
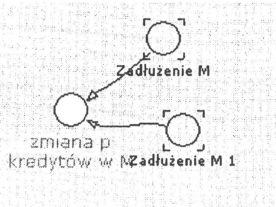
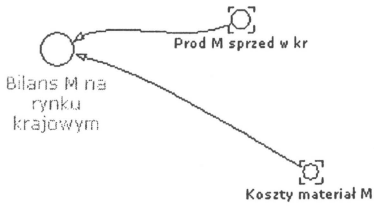
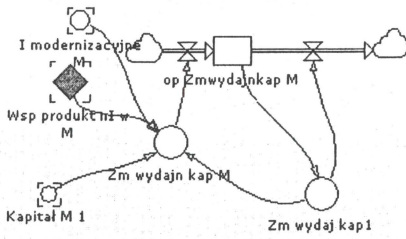


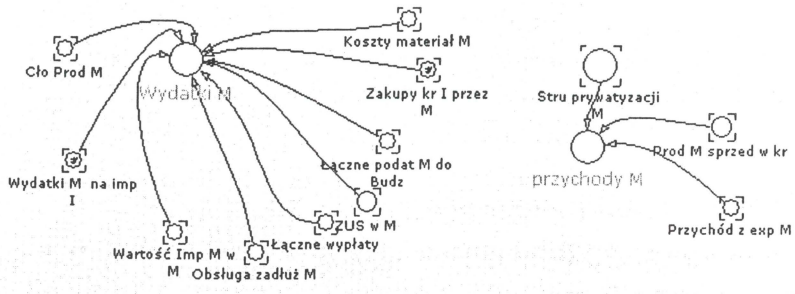












## **7.2. Równania modelu w konwencji języka DYNAMO**



