

**PODSTAWY MODELOWANIA
UKŁADÓW DYNAMICZNYCH
W JĘZYKACH SYMULACYJNYCH**

(Na przykładzie POWERSIM)

Plan



Zasady modelowania



Obiekty – symbole graficzne



Dyskretyzacja modelowania



Predefiniowane funkcje



Stosowane procedury




Przykładowe zastosowania



Trzy zasady modelowania

Zasada:


- I.  **Istotę zachowań dynamicznych opisują przepływy, które dochodzą lub wychodzą z poziomów.**

Uwaga:

Poziom można traktować jako zbiornik, przepływy jako rury, dzięki którym zbiornik jest napełniany lub opróżniany.

Zasada:

II.


 **Pętla sprzężenia zwrotnego stanowi podstawowy mechanizm przepływu informacji i reakcji układu.**

Uwaga:

W układzie modelowym informacja o poziomie dociera poprzez strukturę za pośrednictwem przepływów w pętlach dodatniego i ujemnego sprzężenia zwrotnego.

Zasada:

III.

 **W pętłach sprzężenia zwrotnego mogą występować funkcje nieliniowe, powodujące często skomplikowane i nieprzewidywalne zachowania układu.**

A decorative green line starts from the left edge of the slide, passes through a black sphere with white dots, and curves upwards and to the right.

Obiekty w systemie POWERSIM

Obiekty POWERSIM

dostępne z pasków narzędzi



Modelowe

- określają strukturę modelu: typy zmiennych i odpowiednich połączeń



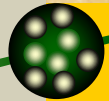
Dynamiczne

- wyświetlają na bieżąco wyniki symulacji w postaci tabel, wykresów, suwaków itp.



Statyczne

- pozwalają na dodatkowe informacje o modelu, nie związane z symulacjami



Ad. Obiekty modelowe

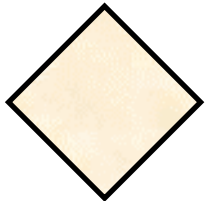
Symbole graficzne

Symbole graficzne – elementy diagramu modelowania



☀ **Level** / poziom

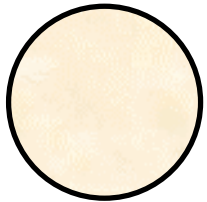
typ zmiennej akumulującej zmiany
wywołane przepływami



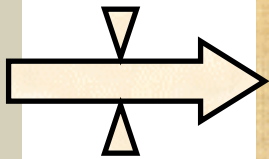
☀ **Constant** / stała

typ zmiennej o ustalonej wartości, która
jest wykorzystywana w obliczeniach
pomocniczych lub przepływach

Symbole graficzne – elementy diagramu modelowania

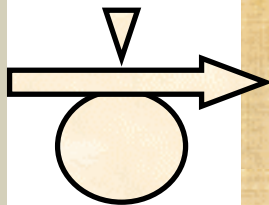


☀ **Auxiliary** / funkcja pomocnicza
typ zmiennej zawierającej formułę
obliczeniową, zależną od innych zmiennych



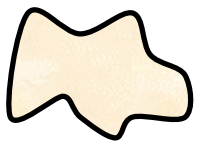
☀ **Flow** / przepływ
obiekt modyfikujący poziomy

Symbole graficzne – elementy diagramu modelowania



Flow with rate / przepływ kontrolowany

obiekt modyfikujący poziomy regulowany przez zmienną pomocniczą



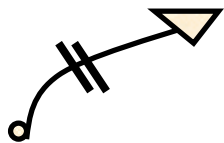
Cloud / chmurka

niezdefiniowane źródło, symbol końca modelu

Symbole graficzne – elementy diagramu modelowania

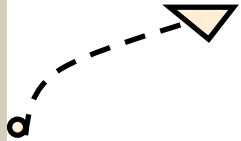


- ☀ **Information link** / połączenie informacyjne obiekt przekazujący informacje o zmiennych pomocniczych i innych



- ☀ **Delayed info-link** / połączenie opóźnione obiekt używany przy stosowaniu funkcji opóźniających

Symbole graficzne – elementy diagramu modelowania



- ✦ **Initialization link** / połączenie inicjujące obiekt nadający początkowe wartości poziomowi

A decorative green line starts from the left edge of the slide, passes through a black sphere with white dots, and curves upwards and to the right.

Dyskretyzacja w modelowaniu komputerowym

Dyskretyzacja w modelowaniu

Układy dynamiczne w świecie rzeczywistym
- ciągłe w czasie; np..



zmiany temperatury



ruchy planet



wzrost komórek

Dyskretyzacja w modelowaniu

Układy dynamiczne w świecie rzeczywistym
- nieciągłe, DYSKRETNE, w czasie; np..



oprocentowania w bankach



ceny rynkowe



kursy walut

Dyskretyzacja w modelowaniu

Numerycznie często nie możemy uwzględnić zmian ciągłych - w modelach układów dynamicznych czas traktujemy **DYSKRETNIE**

- ☀️ symulacja w **POWERSIM** dotyczy zmian poziomów w określonych przedziałach czasowych
- ☀️ w każdym kroku symulacji aktualizowana jest wartość poziomu

A decorative green line starts from the left edge of the slide, passes through a black sphere with white dots, and curves upwards and to the right, ending in a loop.

Predefiniowane funkcje w POWERSIM

Funkcje dostępne w POWERSIM

PODSTAWOWE GRUPY FUNKCJI



Funkcje tablicowe (*array*)



Funkcje zespolone (*complex*)



Funkcje warunkowe (*condition*)



Funkcje kontrolne (*control*)



Funkcje konwersji (*conversion*)



Funkcje losowe (*random*)

Funkcje dostępne w POWERSIM

PODSTAWOWE GRUPY FUNKCJI



Funkcje opóźniające (*delay*)



Funkcje finansowe (*financial*)



Funkcje graficzne (*graph*)



Funkcje matematyczne (*mathematical*)



Funkcje statystyczne (*statistical*)



Funkcje czasowe (*time-related*)

A decorative green line starts from the left edge of the slide, passes through a black sphere with white dots, and curves upwards and to the right, ending in a loop.

Procedury stosowane w POWERSIM

Proces symulacji w POWERSIM

**Matematyczna definicja poziomu (Level),
czyli typu zmiennej stanowiącej zasadniczy element
modelowania struktury dynamicznej
składa się z dwóch części:**



Inicjacja (Initial)

- określa wartość początkową poziomu



Przepływ (Flow)

- określa zmiany poziomu w procesie symulacji



Proces symulacji w POWERSIM

POWERSIM automatycznie generuje procedurę dla przepływu na podstawie określonych połączeń na diagramach, modelujących struktury układów dynamicznych:

Proces symulacji w POWERSIM

Algorytm EULERA:

Założenia: L =poziom w chwili t

$F(L,t)$ =przepływ w czasie t



1. obliczanie pochodnej przepływu dla $t=T$:

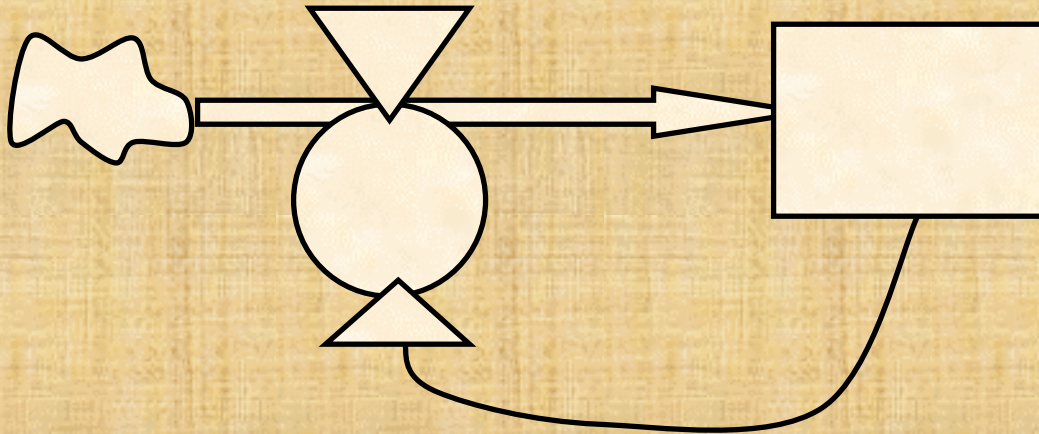
$F(L,T)$



2. obliczanie wartości poziomu L dla $t=T+ \Delta t$:

$L(T+ \Delta t) = L(T) + \Delta t * F$

Przykład struktury generowanej przez diagram przy założeniu kroku $\Delta t = 1$



- ☀ **Init** $L = 100$
- ☀ **Flow** $L = +dt * (F)$
- ☀ **Aux** $F = -L/5$

Przykład struktury generowanej przez diagram przy założeniu kroku $\Delta t = 1$

- ☀ dla $t=0$ $L = 100$; $F = -L/5 = -20$
- ☀ dla $t=1$ $L(0+1) = L(0) + 1 * F(0) = 100 - 20 = 80$
- ☀ dla $t=2$ $F = -L/5 = -80/5 = -16$
 $L(1+1) = L(1) + 1 * F(1) = 80 - 16 = 64$

itd..





Przykład struktury generowanej przez diagram przy założeniu kroku $\Delta t = 1$

t	L	F
0	100	-20
1	80	-16
2	64	-12.80
3	51.20	-10.24
4	40.96	-8.19
5	32.77	-6.55
6	26.21	-4.19
7	20.97	-3.36

Proces symulacji w POWERSIM

Uwaga:

- ✿ **Algorytm EULERA zakłada, że przepływ jest stały w danym przedziale czasowym – korzysta się tylko z informacji na początku przedziału czasowego (tzw. metoda stałego nachylenia)**
- ✿ **Ważny staranny dobór przedziału czasowego - algorytm bywa często niestabilny**

Proces symulacji w POWERSIM

Algorytm RUNGEGO - KUTTY:



Uwzględnia zmiany poziomów w dwóch lub kilku punktach w danym przedziale czasowym



Bywa dokładniejszy, ale wymaga dłuższych obliczeń (por. ćw.)

Proces symulacji w POWERSIM

**W systemie POWERSIM dostępne:
trzy typy procedur metody
Rungego-Kutty, gwarantujące
odpowiednio większą dokładność
wyników obliczeń:**





Proces symulacji w POWERSIM

Opcje metody Rungego-Kutty

rzęd	krok	skrót
2	ustalony	RK2
3	ustalony	RK3
4	ustalony	RK4 fixed step
4	zmienny	RK4 var step



Przykładowe zastosowania



epidemia



video-feedback



inne

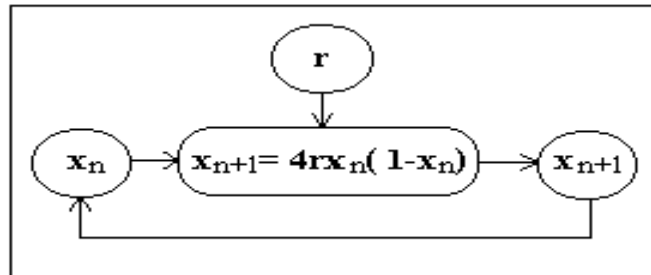
POWERSIM – opcja diagramy

Wyniki doświadczeń komputerowych przy użyciu programu

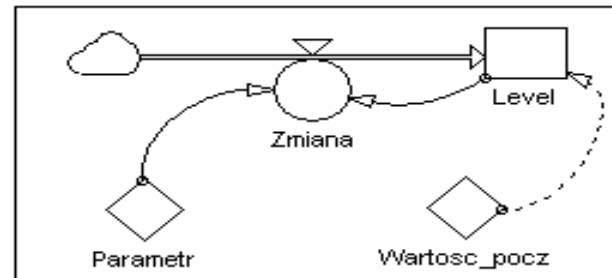
POWERSIM dla równania 1

Postać równania

$$x(n+1) = 4 r x(n) [1-x(n)] \quad n=0,1,2...$$



Schemat

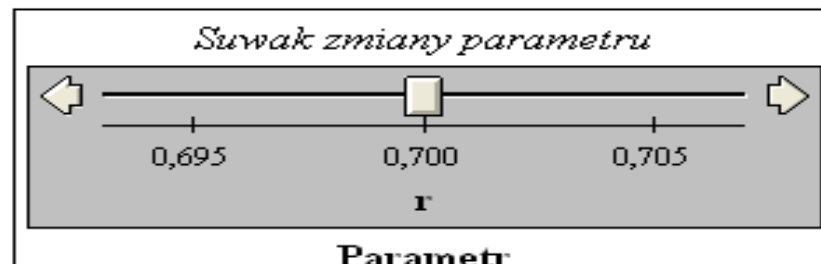


Model

POWERSIM – wyniki symulacji

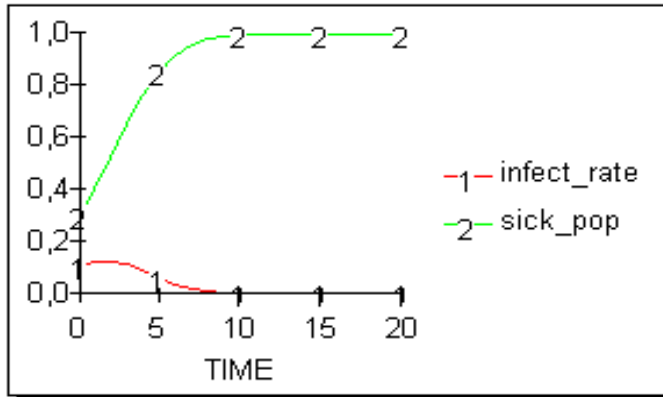
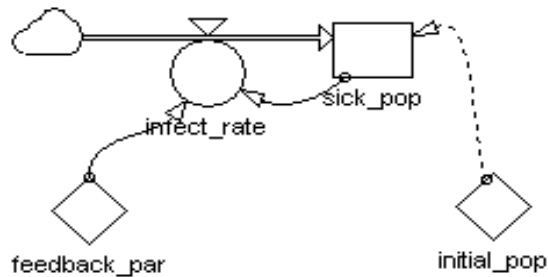
Tabela czasowa dla badanego równania

Czas	Parametr	Level	Parametr	Level	Parametr	Parametr
0	0,20	0,01	0,60	0,01	0,70	0,70
1	0,20	0,0179	0,60	0,0338	0,70	0,70
2	0,20	0,032	0,60	0,112	0,70	0,70
3	0,20	0,0568	0,60	0,351	0,70	0,70
4	0,20	0,0996	0,60	0,897	0,70	0,70
5	0,20	0,171	0,60	1,12	0,70	0,70
6	0,20	0,285	0,60	0,801	0,70	0,70
7	0,20	0,448	0,60	1,18	0,70	0,70
8	0,20	0,646	0,60	0,662	0,70	0,70
9	0,20	0,829	0,60	1,20	0,70	0,70
10	0,20	0,942	0,60	0,626	0,70	0,70
11	0,20	0,986	0,60	1,19	0,70	0,70
12	0,20	0,997	0,60	0,652	0,70	0,70
13	0,20	0,999	0,60	1,20	0,70	0,70
14	0,20	1,00	0,60	0,637	0,70	0,70



POWERSIM – opcja diagramy

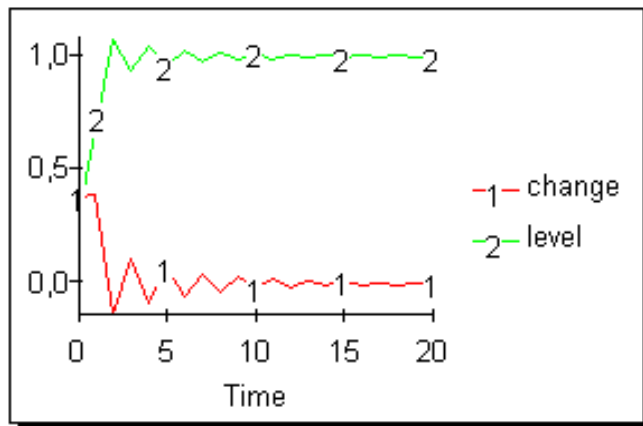
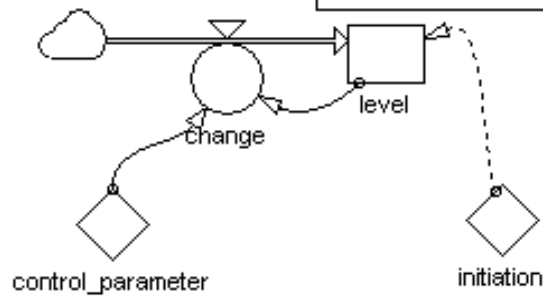
A feedback scheme for development of a disease



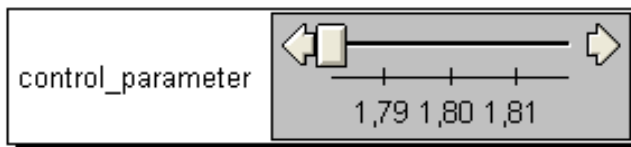
TIME	sick_pop	infect_rate
0	0,30	0,105
1	0,405	0,12
2	0,525	0,125
3	0,65	0,114
4	0,764	0,0902
5	0,854	0,0623
6	0,916	0,0383
7	0,955	0,0216
8	0,978	0,0119

POWERSIM – opcja diagramy

A simplified feedback model for the screen signal



Time	level	change
0	0,30	0,378
1	0,678	0,393
2	1,07	-0,137
3	0,934	0,111
4	1,04	-0,0844
5	0,96	0,0683
6	1,03	-0,0533
7	0,975	0,0431



POWERSIM – opcja równania w pseudokodzie



level

 initiation

 +dt*change

 describes the intensity of the signal on the screen



change

= control_parameter*level*(1-level)

 change - determines the signal variation due to control parameter changes



control_parameter

= 1.8

 control parameter - regulates the changes of the signal



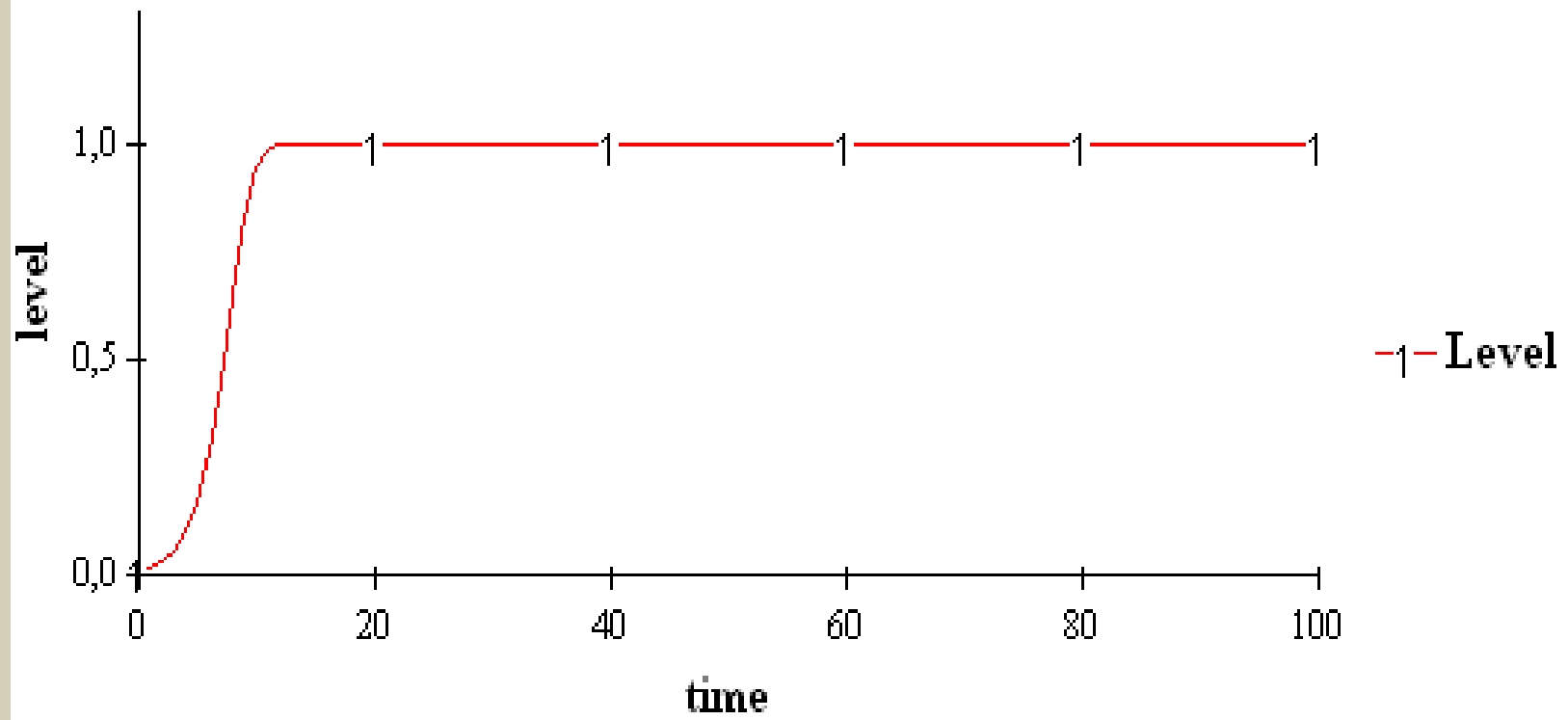
initiation

= 0.3

 initiation gives the value of the start input signal

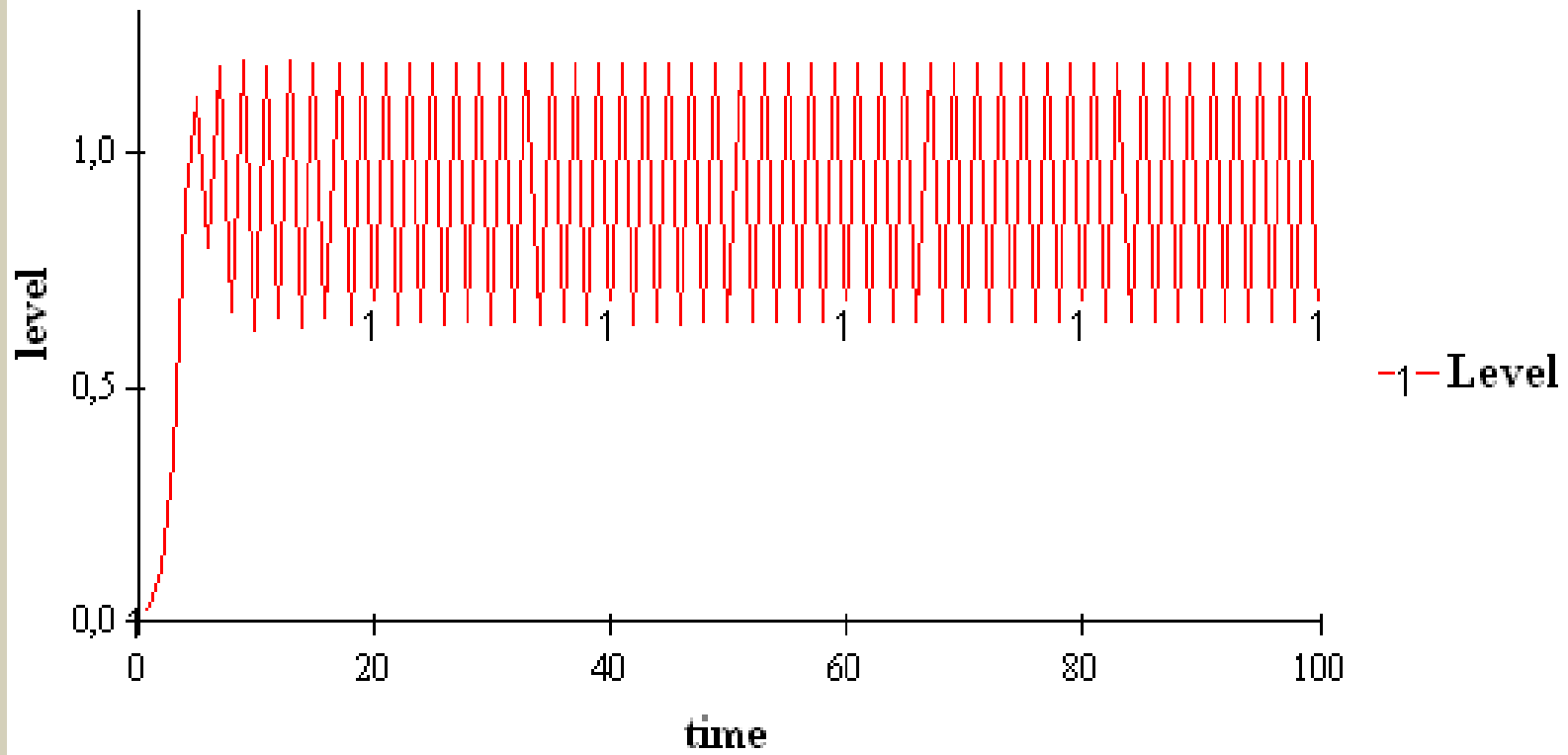
POWERSIM – wyniki symulacji

parameters values: initiation=0.01 control_par=0.2

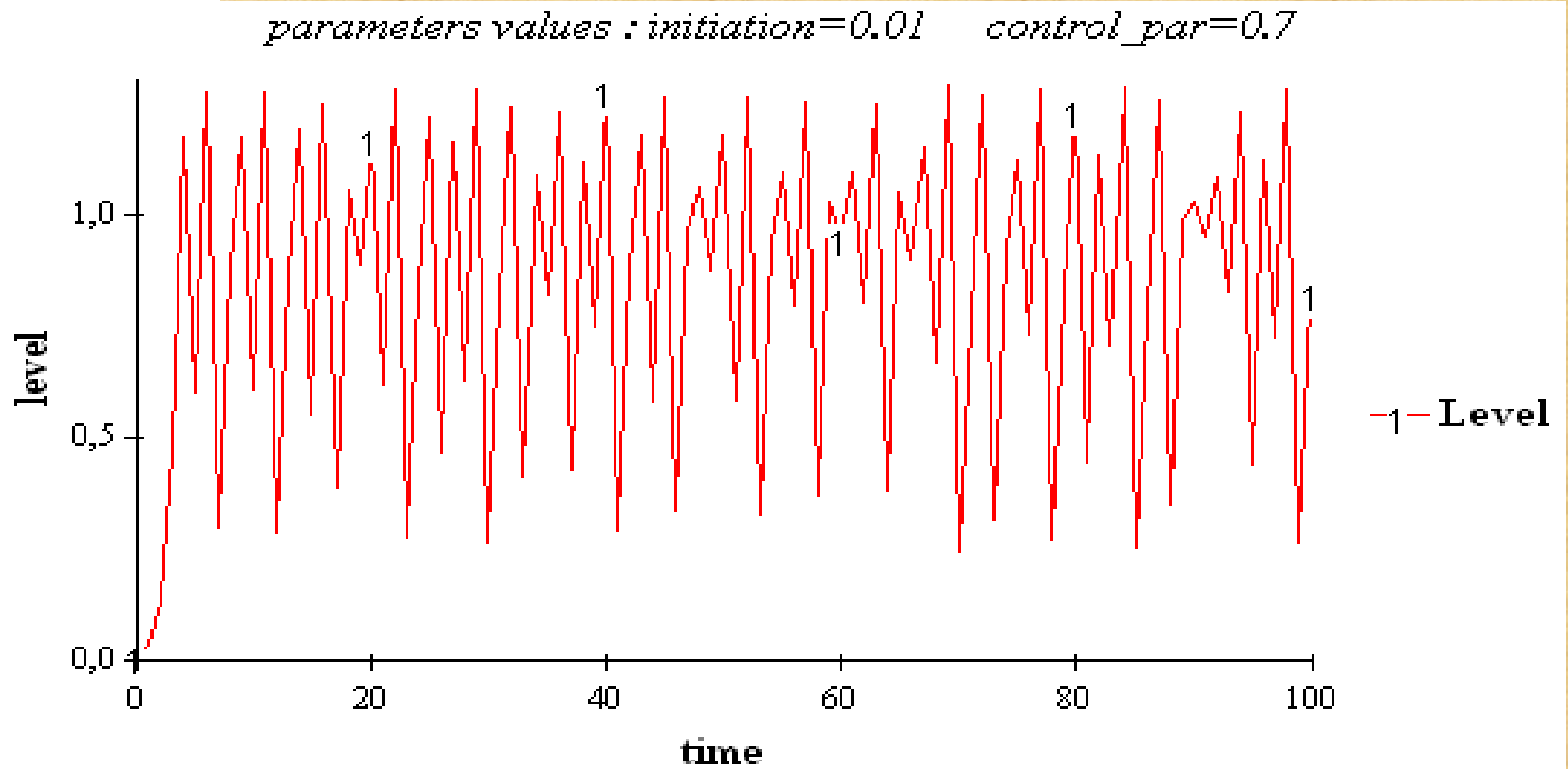


POWERSIM – wyniki symulacji

parameters values initiation=0.01 control_par=0.6



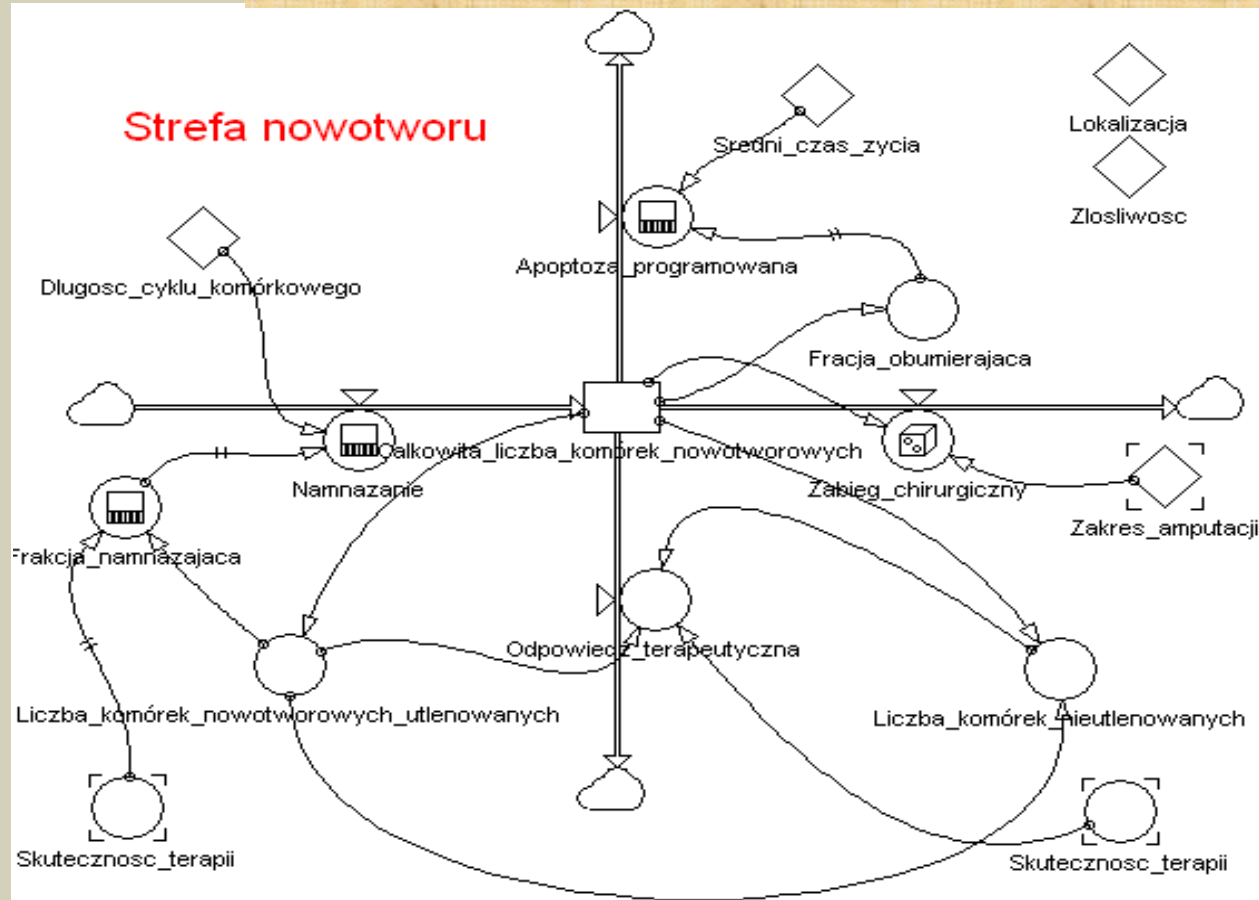
POWERSIM – wyniki symulacji





Rozwój nowotworu

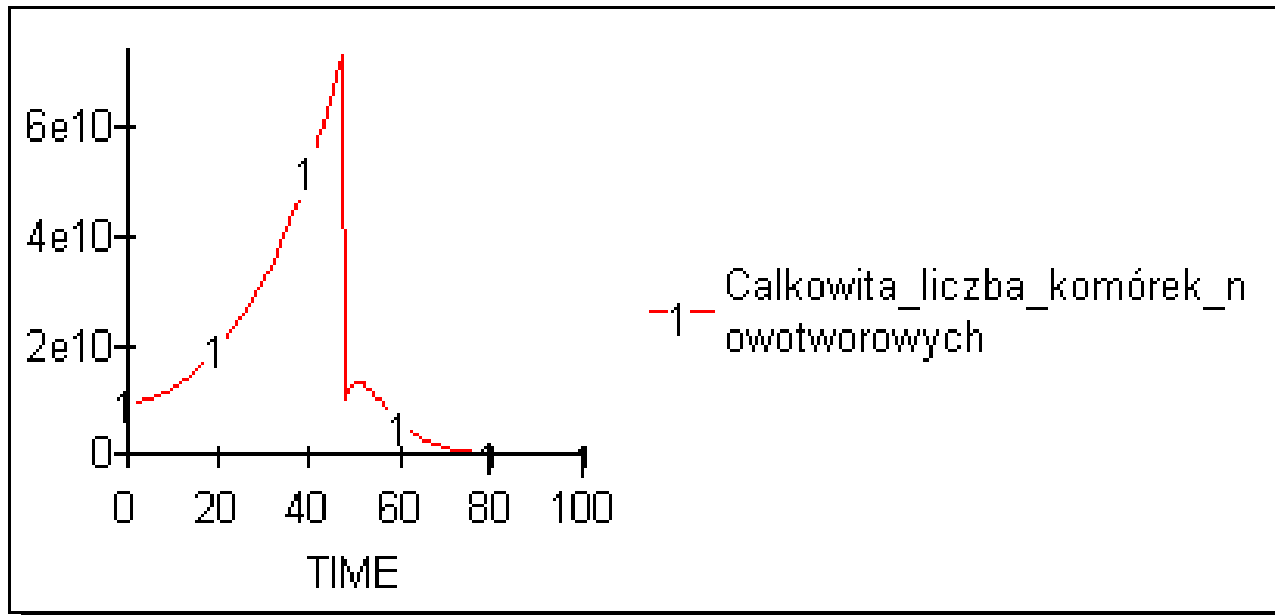
POWERSIM – opcja diagramy



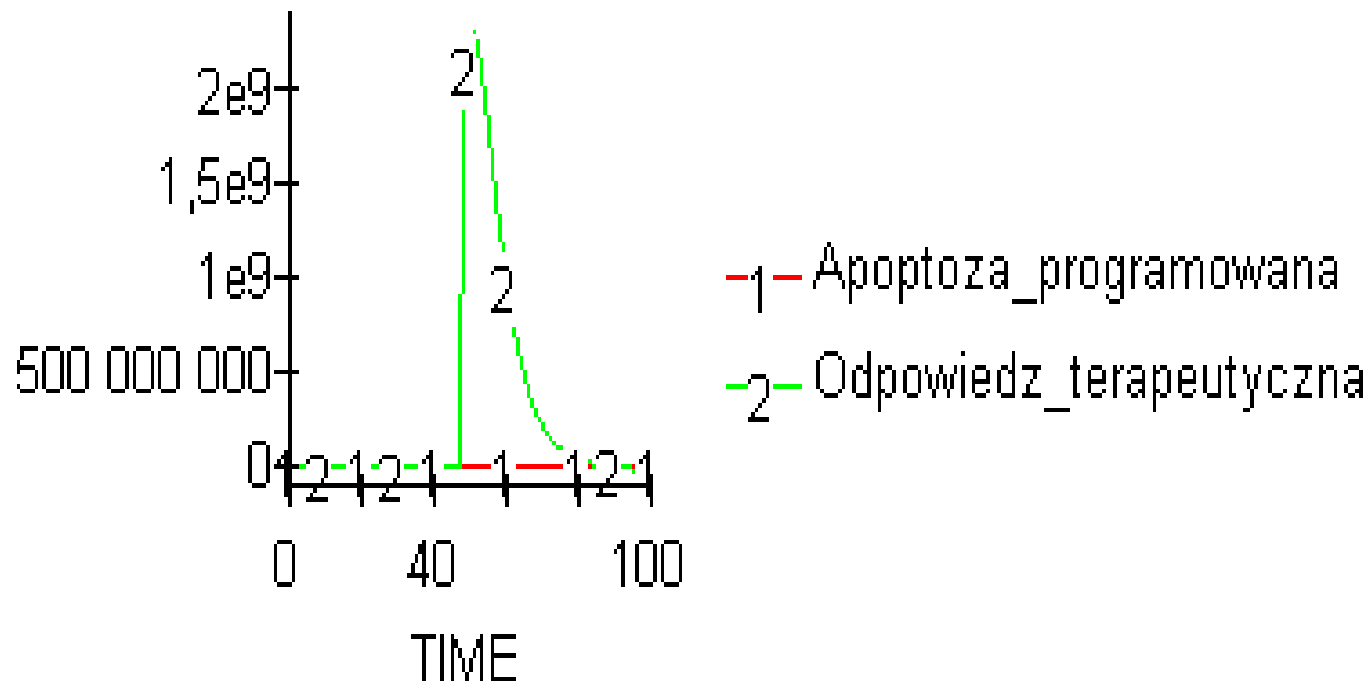
POWERSIM – opcja równania w pseudokodzie

<input type="checkbox"/>	Calkowita_liczba_komórek_nowotworowych INIT 1E10 -dt*Odpowiedz_terapeutyczna -dt*Zabieg_chirurgiczny +dt*Namnazanie -dt*Apoptoza_programowana
<input type="checkbox"/>	Naciekanie INIT 0 +dt*Przerzuty Parametr okrecelaj'cy zajęcie tkanek oocciennych.
<input type="checkbox"/>	Ogólny_stan_zdrowia_pacjenta INIT 4 -dt*Odczyny +dt*Leczenie_objawowe_i_samoregeneracja -dt*Choroba_nowotworowa Zgodnie z przyjêt' w oerodowisku lekarskim definicj' Ogólny Stan Zdrowia Pacjenta wyraża sie w pięciostopniowej skali wartooci pon. 1 - stan agonalny.
<input type="radio"/>	Apoptoza_programowana = DELAYINF(Fracja_obumierajaca, Sredni_czas_zycia,1,1)
<input type="radio"/>	Choroba_nowotworowa = Ogólny_stan_zdrowia_pacjenta*Dynamika_wzrostu_guza*Lokalizacja*(1+Naciekanie)*0.25 Dynamiczny rozwój guza następuje kosztem os'abienia pacjenta.
<input type="radio"/>	Leczenie_objawowe_i_samoregeneracja = 0.02+Ogólny_stan_zdrowia_pacjenta*(Leczenie_objawowe+0.02)/5 Poprawa stanu zdrowia pacjenta na skutek leczenia objawowego i procesów wewn'trzustrojowych - samoregeneracja.
<input type="radio"/>	Namnazanie = DELAYINF(Fracja_namnazajaca, Dlugosc_cyklad_komórkowego,1,1)
<input type="radio"/>	Odczyny = Skuteczność_terapii*0.0005
<input type="radio"/>	Odpowiedz_terapeutyczna = (Liczba_komórek_nowotworowych_utlenowanych*0.25+Liczba_komórek_nieutlenowanych*0.2)*Skuteczność_terapii
<input type="radio"/>	Przerzuty = DELAYINF(Podatność_na_przerzuty,Czas_reakcji_guza*RANDOM,1,1)
<input type="radio"/>	Zabieg_chirurgiczny = DELAYINF(Podatność_na_zabieg_chirurgiczny,Czas_reakcji_guza*RANDOM,1,1)

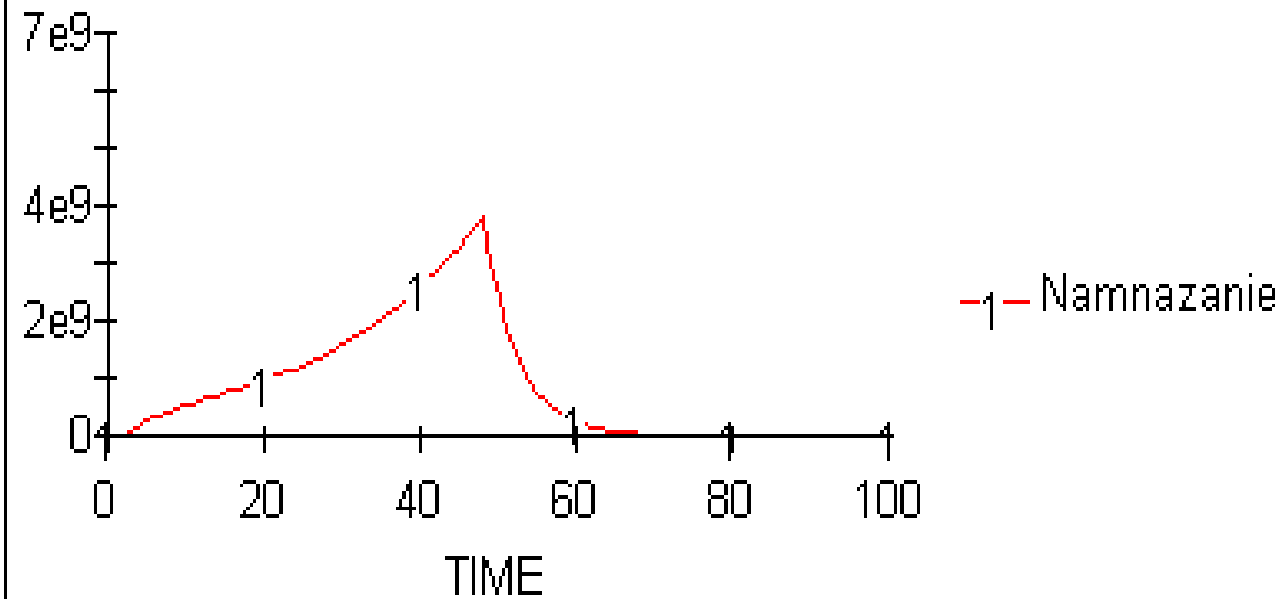
POWERSIM – wyniki symulacji



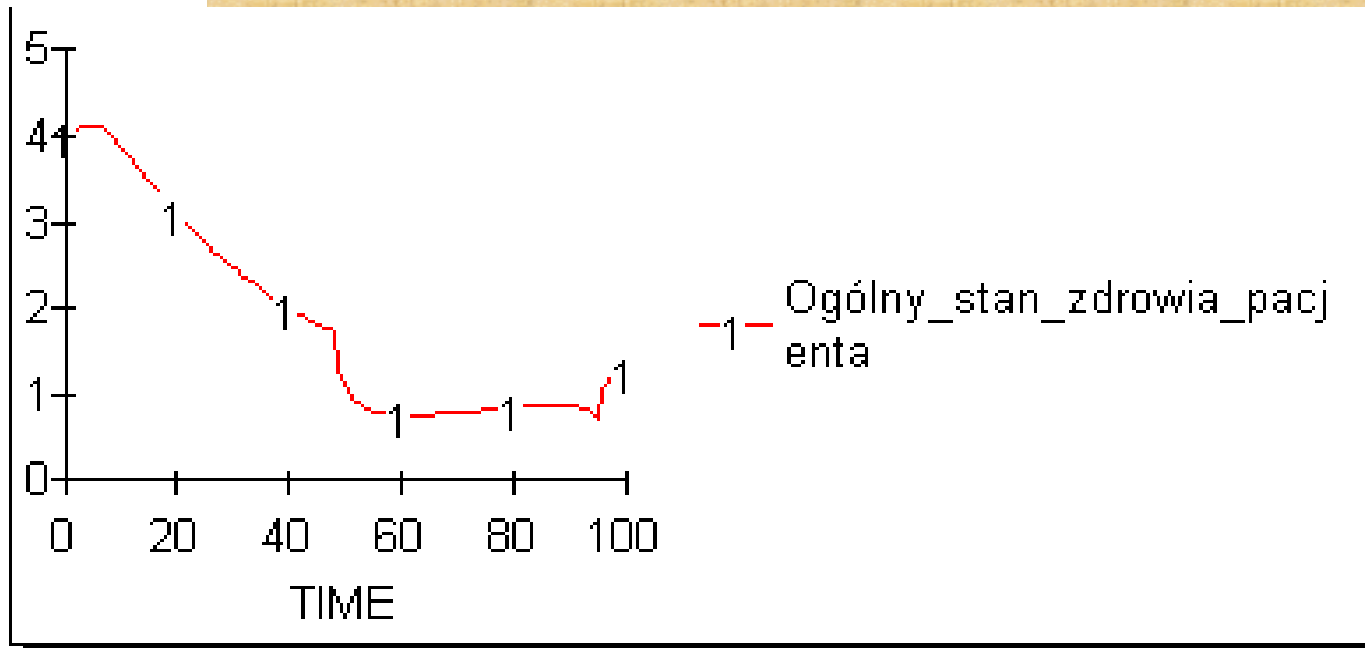
POWERSIM – wyniki symulacji




POWERSIM – wyniki symulacji



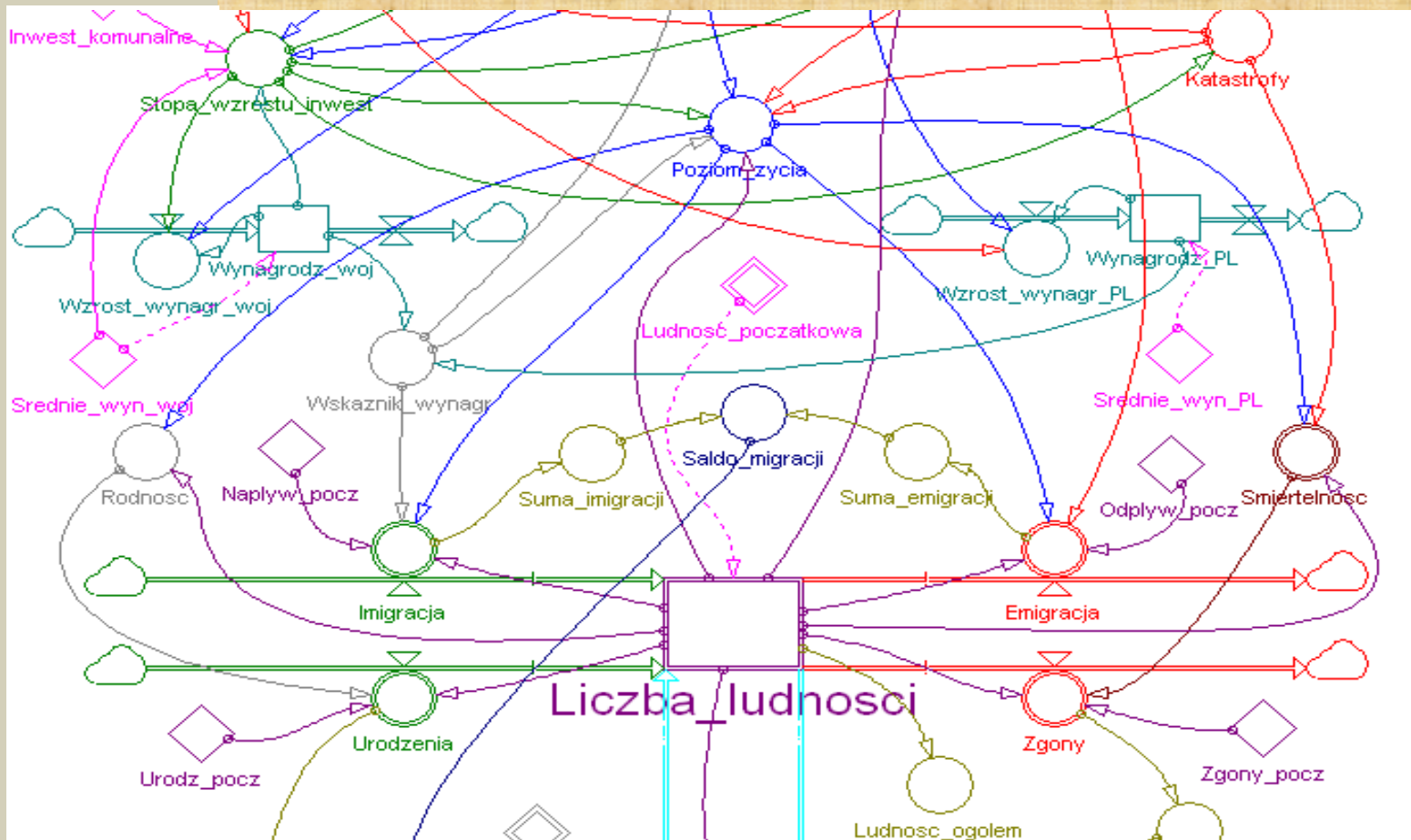
POWERSIM – wyniki symulacji



A decorative green line starts from the left edge of the slide, passes through a black sphere with five white dots, and curves upwards and to the right, ending in a small loop.

Analiza ruchów ludnościowych i nie tylko...

POWERSIM – opcja diagramy



POWERSIM – opcja równania w pseudokodzie

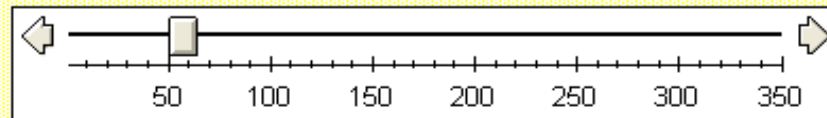
- Bezrobocie
 - INIT** Bezrob_pocz
 - ↔ -dt*Spadek_bezrob
+dt*Wzrost_bezrob
 - W** Lokalna stopa bezrobocia

- Dochody_gosp_dom
 - INIT** Dochody_pocz
 - ↔ +dt*Wzrost_dochodow
 - W** Wysokosc dochodow miesiecznych gospodarstw domowych na 1 osobe w zl
- Inflacja
 - INIT** Inflacja_pocz
 - ↔ +dt*Wzrost_infl
-dt*Spadek_infl
 - W** Wielkosc inflacji (wskaznik ogolnokrajowy)
- Liczba_ludnosci
 - W** W = 1..3
 - INIT** Ludnosc_poczkowa(W)
 - ↔ -dt*(Proces_starzenia(W) WHEN W < 3 BUT 0)
+dt*(Imigracja(W))
-dt*(Emigracja(W))
+dt*(Proces_starzenia(W-1) WHEN W > 1 BUT 0)
-dt*(Zgony(W))
+dt*(Urodzenia(W+1) WHEN W=1 BUT 0)
 - W** Aktualna liczba ludnosci (grupy wiekowe: dzieci 0-17 l., dorosli 18-65 l., starsi >65 l.)
- Wydatki_gosp_dom
 - INIT** WWydatki_pocz
 - ↔ +dt*Wzrost_wydatkow
 - W** Srednie miesieczne wydatki gosp. domowych na 1 osobe
- WYnagrodz_PL
 - INIT** Srednie_wyn_PL
 - ↔ +dt*Wzrost_wynagr_PL
 - W** Przecietne wynagrodzenie brutto w Polsce
- WYnagrodz_woj
 - INIT** Srednie_wyn_woj

POWERSIM – wyniki symulacji

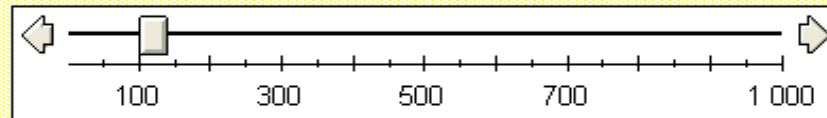
Parametry początkowe symulacji - ludność

Ludność w wieku 0-17 lat



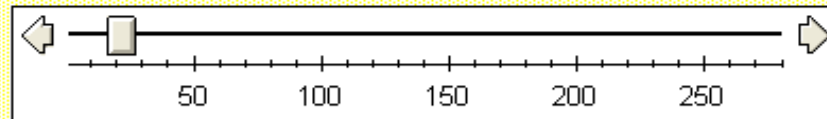
57,10

Ludność w wieku 16-65 lat



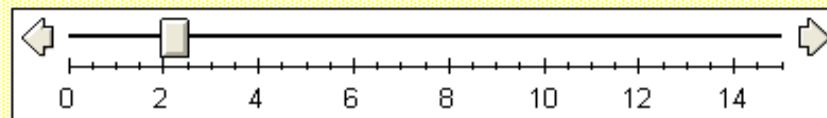
122,40

Ludność w wieku ponad 65 lat



22,30

Liczba urodzeń w tys.

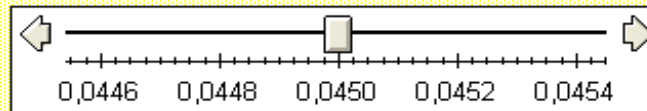


2,26

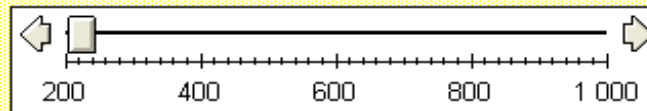
POWERSIM – parametry

Parametry początkowe symulacji - gospodarka

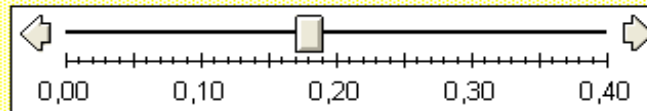
Przewidywany wzrost gospodarczy (PKB)



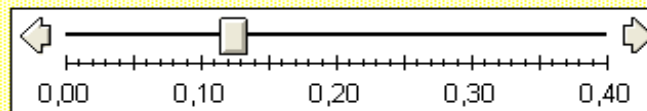
Inwestycje gmin na 1 mieszkańca



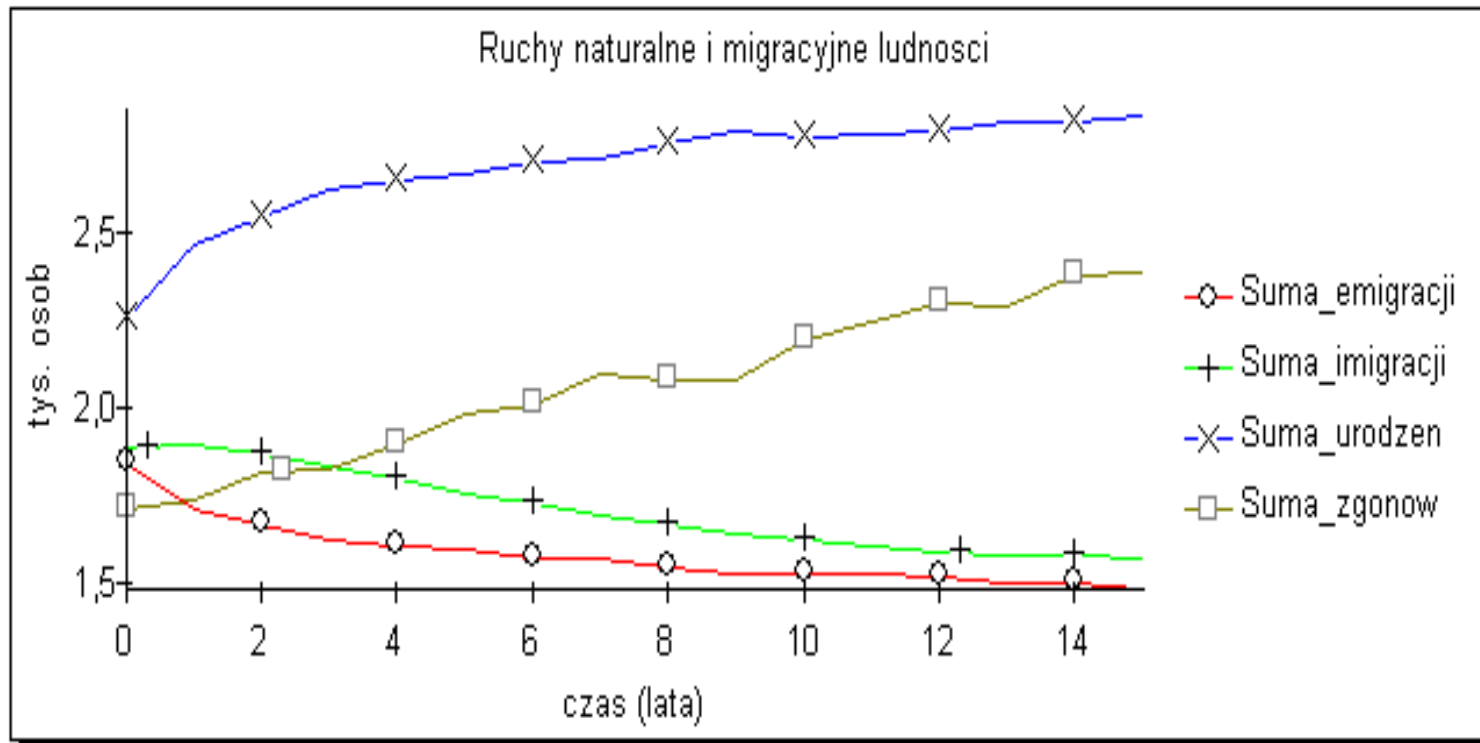
Poziom inflacji



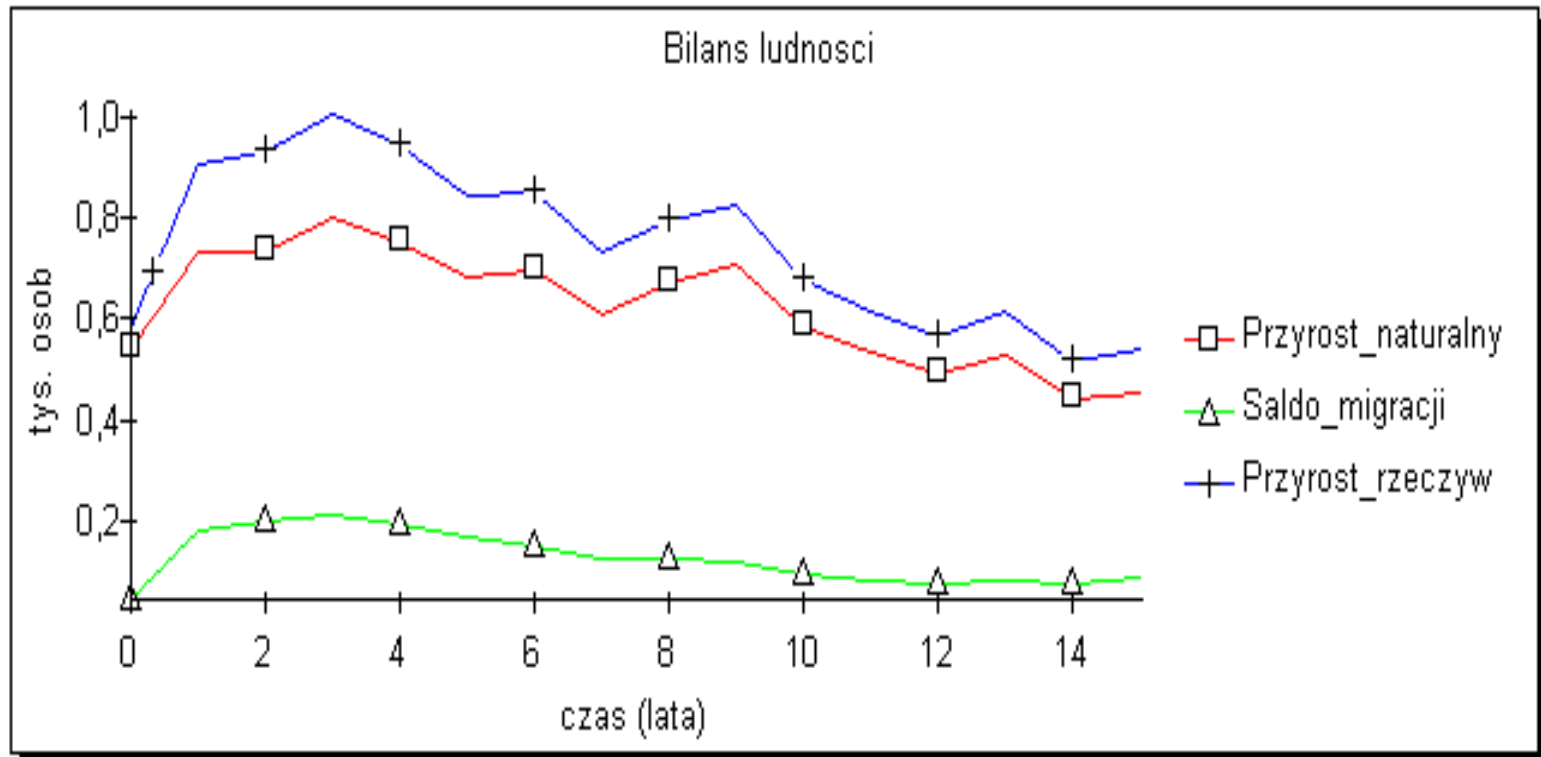
Poziom bezrobocia



POWERSIM – wyniki symulacji



POWERSIM – wyniki symulacji



POWERSIM – wyniki symulacji

Wybrane wskaźniki ekonomiczne i losowe

Lata	Wzrost gosp.	Inwest.gmin	Inflacja	Bezrobocie	Katastrofy
0	0,0449	0,0457	0,18	0,125	0,207
1	0,0471	0,044	0,176	0,116	0,21
2	0,0519	0,044	0,172	0,109	0,476
3	0,0492	0,0439	0,167	0,102	0,20
4	0,0534	0,0446	0,162	0,095	0,334
5	0,0522	0,0451	0,156	0,0888	0,512
6	0,0501	0,0455	0,15	0,0832	0,357
7	0,0511	0,0463	0,145	0,078	0,54
8	0,0477	0,0468	0,139	0,0733	0,242
9	0,0483	0,0477	0,133	0,069	0,0787
10	0,0467	0,0484	0,128	0,0649	0,317
11	0,0467	0,0493	0,122	0,0613	0,361
12	0,0445	0,0501	0,116	0,0578	0,41
13	0,0462	0,0513	0,111	0,0547	0,235
14	0,0429	0,0521	0,105	0,0517	0,399
15	0,0436	0,0533	0,10	0,049	0,312

POWERSIM – wyniki symulacji

Wybrane wskaźniki ekonomiczne

Lata	Wynagr.woj.	Wynagr.PL	Wsk. wynagr.	Doch.gosp.	Wyd.gosp.	Zasobnosc	Poziom_zycia
0	452,00	525,00	0,861	220,00	206,00	1,93	8,78
1	492,95	595,81	0,827	263,03	250,10	1,88	8,71
2	537,83	676,26	0,795	305,16	289,86	1,85	8,47
3	589,41	769,39	0,766	348,54	329,43	1,82	8,71
4	644,28	871,36	0,739	392,40	369,56	1,80	8,58
5	707,46	988,40	0,716	438,64	410,61	1,78	8,46
6	776,23	1 117,15	0,695	486,47	452,50	1,77	8,59
7	850,45	1 257,12	0,677	535,88	495,11	1,76	8,48
8	933,31	1 412,31	0,661	587,80	538,41	1,75	8,75
9	1 021,53	1 577,54	0,648	641,28	582,11	1,75	9,00
10	1 119,60	1 758,72	0,637	697,48	626,24	1,75	8,76
11	1 226,13	1 953,09	0,628	755,94	670,62	1,76	8,77
12	1 343,86	2 163,35	0,621	817,26	715,04	1,76	8,79
13	1 470,99	2 385,31	0,617	880,91	759,25	1,78	9,01
14	1 614,45	2 627,73	0,614	948,32	803,15	1,80	8,94
15	1 767,92	2 878,95	0,614	1 017,97	846,49	1,82	9,09

POWERSIM – wyniki symulacji

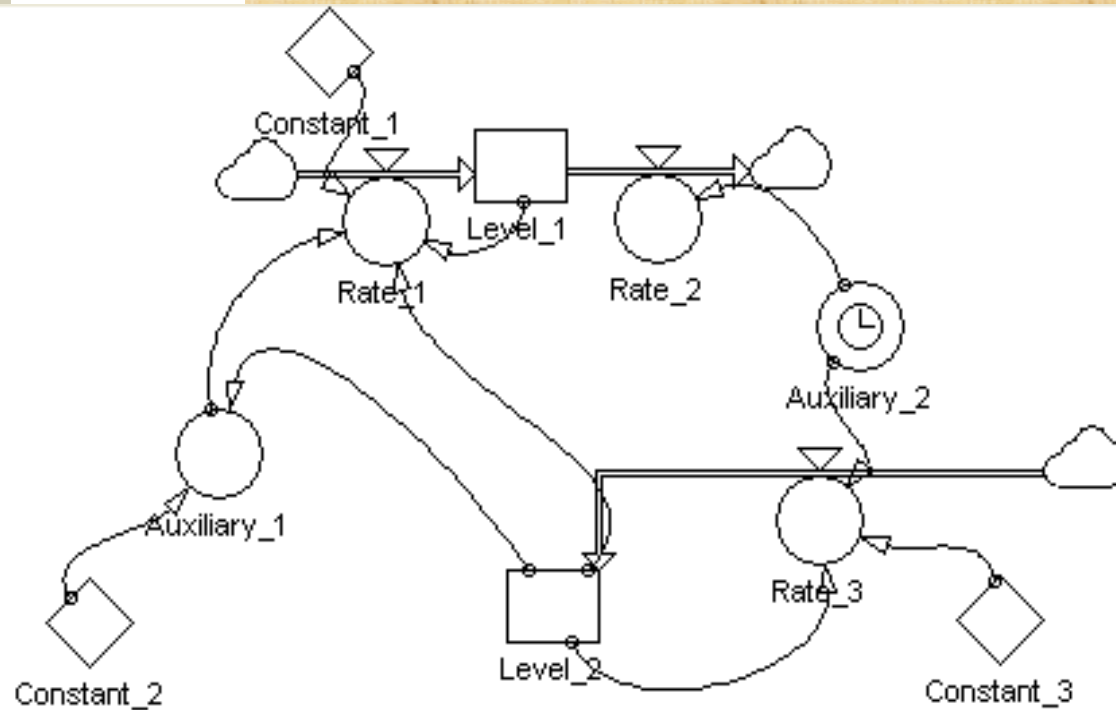
Lata	Urodzenia	Zgony	Napływ	Odpływ	Ludn.og.	Przyr.nat.	Saldo migr.	Przyr. rzecz.
0	2,26	1,72	1,89	1,84	201,80	0,541	0,046	0,587 ▲
1	2,47	1,74	1,89	1,72	202,39	0,731	0,178	0,908
2	2,55	1,82	1,87	1,67	203,30	0,733	0,20	0,932
3	2,62	1,83	1,83	1,63	204,23	0,799	0,208	1,01
4	2,65	1,90	1,80	1,61	205,24	0,754	0,189	0,943
5	2,67	1,99	1,76	1,60	206,18	0,682	0,165	0,847
6	2,71	2,01	1,73	1,58	207,03	0,697	0,151	0,849
7	2,71	2,10	1,70	1,57	207,87	0,61	0,125	0,735
8	2,75	2,08	1,67	1,55	208,61	0,674	0,121	0,795
9	2,79	2,08	1,64	1,53	209,40	0,709	0,119	0,828
10	2,78	2,19	1,62	1,53	210,23	0,584	0,0914	0,675
11	2,78	2,25	1,61	1,53	210,91	0,537	0,0808	0,618
12	2,79	2,30	1,59	1,52	211,53	0,49	0,0735	0,564
13	2,82	2,29	1,58	1,50	212,09	0,531	0,0815	0,613
14	2,82	2,38	1,58	1,50	212,70	0,443	0,0759	0,519
15	2,84	2,39	1,57	1,49	213,22	0,455	0,087	0,542 ▼

POWERSIM – wyniki symulacji

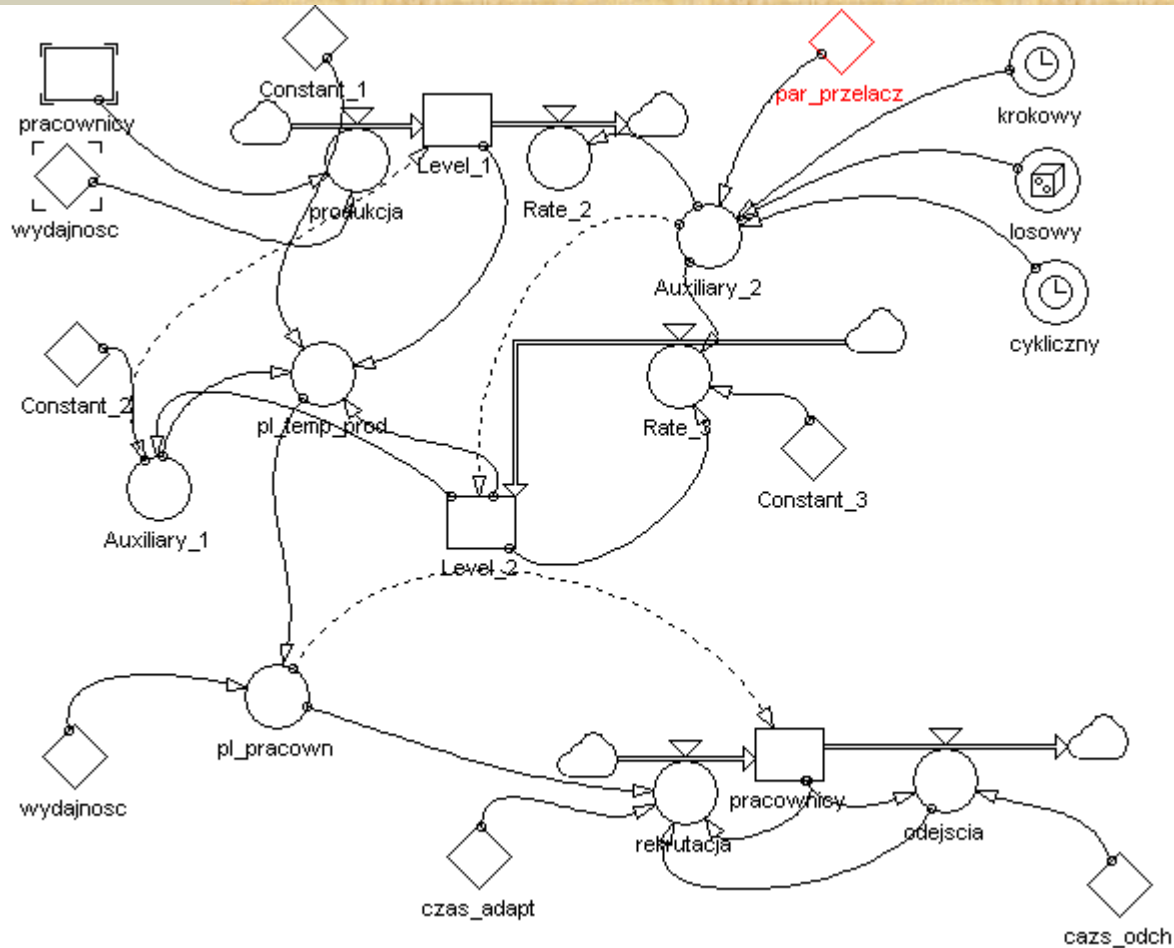
Ludnosc według grup wiekowych

Lata	Ludnosc 0-17 l.	Ludnosc 18-65 l.	Ludnosc >65 l.	Ludnosc ogolem
0	57,10	122,40	22,30	201,80
1	55,87	122,71	23,81	202,39
2	54,98	122,99	25,33	203,30
3	54,23	123,19	26,81	204,23
4	53,62	123,34	28,27	205,24
5	53,08	123,43	29,68	206,18
6	52,58	123,43	31,02	207,03
7	52,15	123,40	32,32	207,87
8	51,75	123,31	33,55	208,61
9	51,43	123,21	34,76	209,40
10	51,17	123,11	35,95	210,23
11	50,91	122,95	37,05	210,91
12	50,66	122,76	38,10	211,53
13	50,44	122,55	39,10	212,09
14	50,27	122,35	40,08	212,70

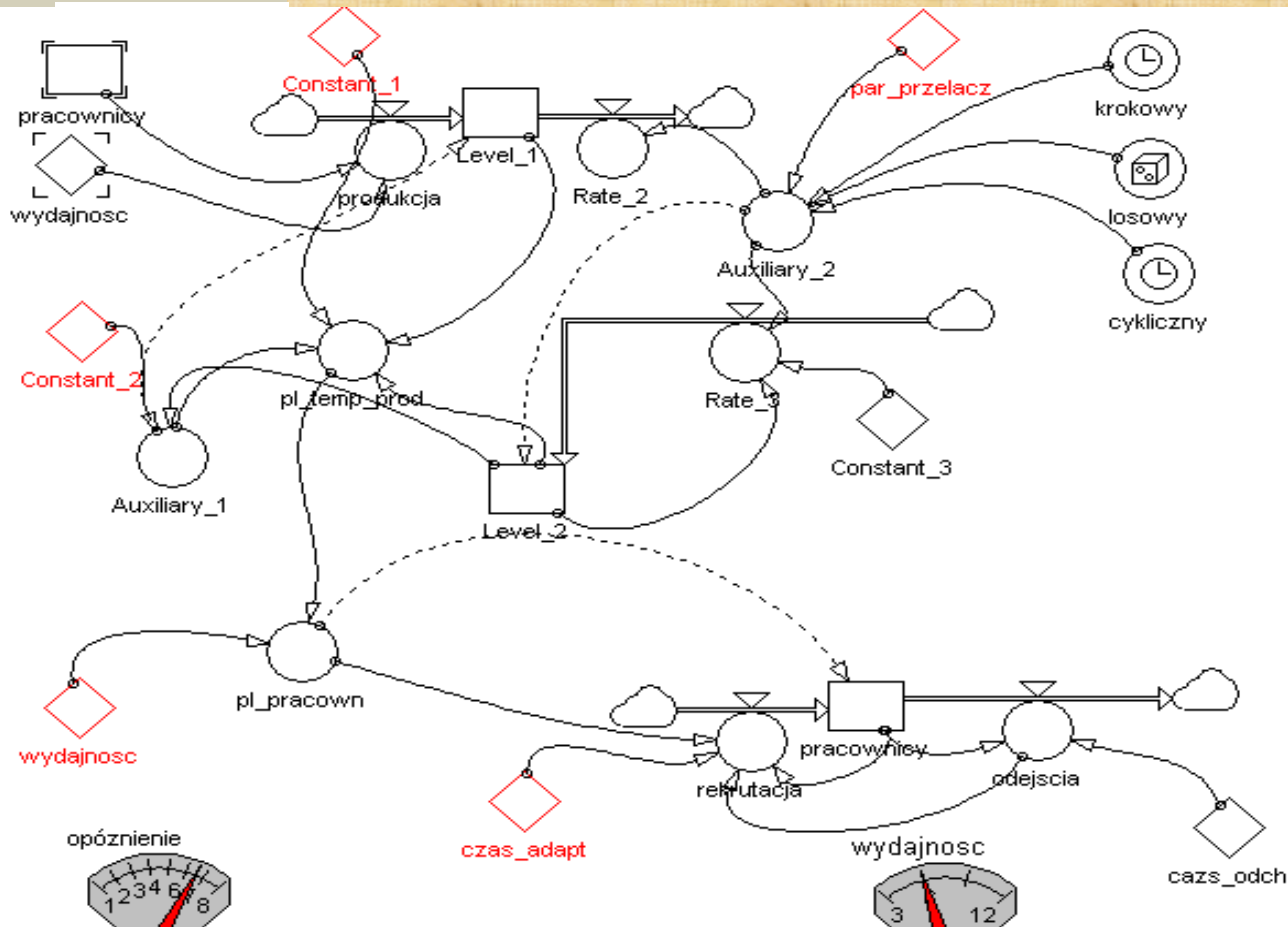
POWERSIM – opcja diagramy



POWERSIM – opcja diagramy



POWERSIM – opcja diagramy

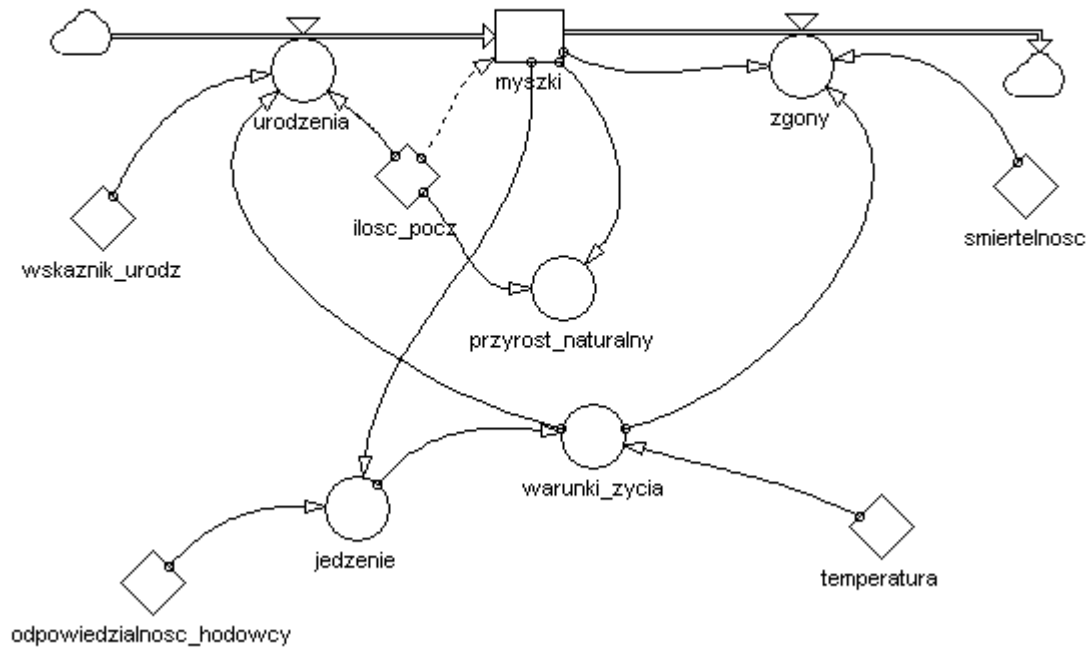


POWERSIM – opcja równania w pseudokodzie

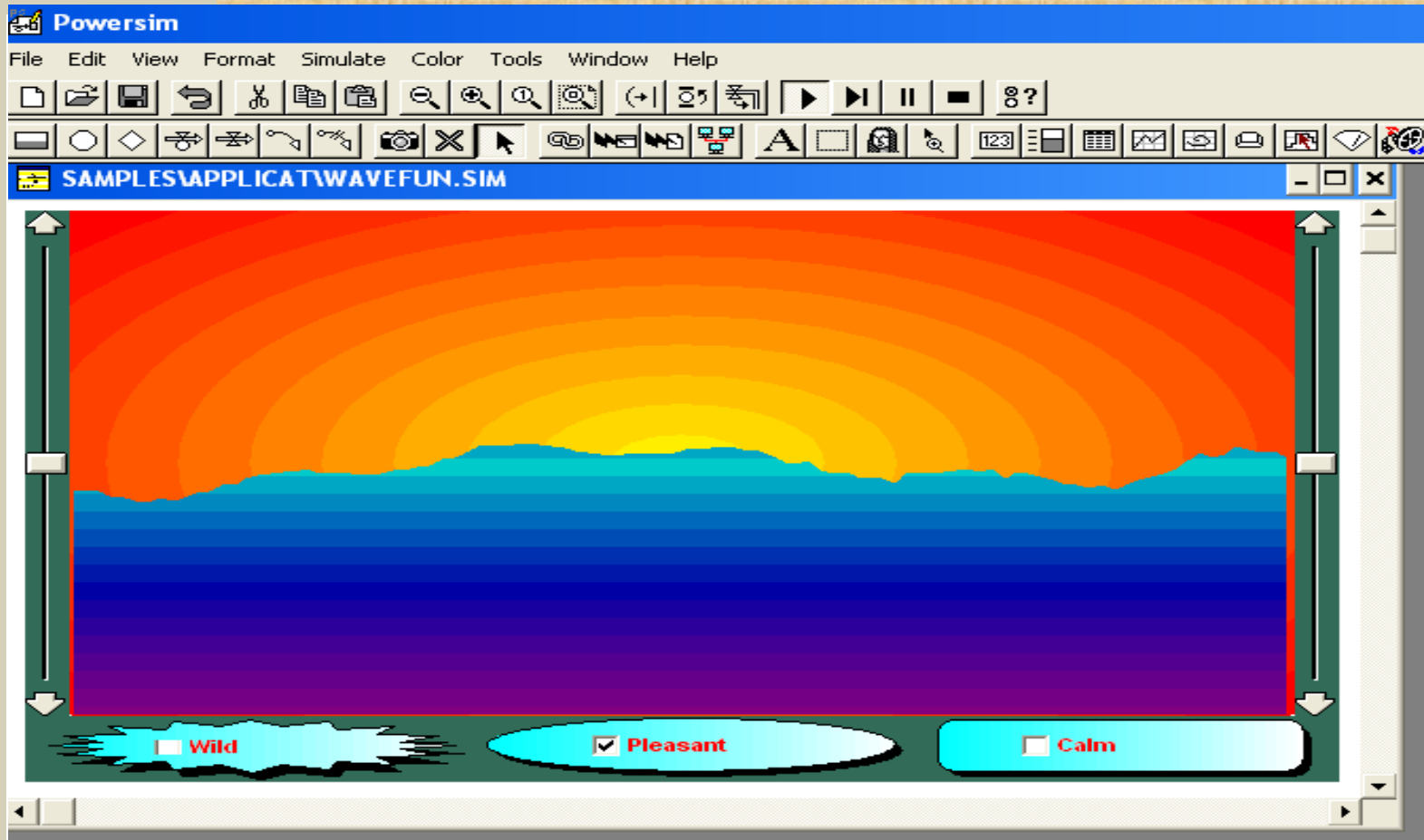
```
Level_1
  [INIT] Auxiliary_1
  ⇌ -dt*Rate_2
  +dt*produkcja
Level_2
  [INIT] Auxiliary_2
  ⇌ +dt*Rate_3
pracownicy
  [INIT] pl_pracown
  ⇌ -dt*odejscia
  +dt*rekrutacja
odejscia
  = pracownicy/czas_odch
produkcja
  = pracownicy*wydajnosc
Rate_2
  = Auxiliary_2
Rate_3
  = (Auxiliary_2-Level_2)/Constant_3
rekrutacja
  = (pl_pracown-pracownicy)/czas_adapt+odejscia
Auxiliary_1
  = Level_2*Constant_2
Auxiliary_2
  = (par_przelacz=1)*krokowy+(par_przelacz=2)*losowy+(par_przelacz=3)*cykliczny
cykliczny
  = 100+SIN(WAVE(20, 100))
krokowy
  = 100+STEP(20, 20)
losowy
  = RANDOM(50, 150, 100)
pl_pracown
  = pl_temp_prod/wydajnosc
pl_temp_prod
```

POWERSIM – opcja diagramy

model rozwoju populacji myszek hodowlanych



POWERSIM – opcja diagramy



POWERSIM – opcja równania w pseudokodzie

```
SAMPLES\APPLICAT\WAVEFUN.SIM

Wave_toward_left
  wave
  INIT 0
  +dt*Change_in_wave_toward_Left
  The state of wave travelling toward left at different locations along the path of propagation

Wave_toward_right
  wave
  INIT 0
  +dt*Change_in_wave_toward_Right
  The state of wave travelling toward right at different locations along the path of propagation

Change_in_wave_toward_Left
  i=wave
  = (Manual_Input_right + WWave_condition_choice(right) + Reflection_coefficient*WWave_toward_right(LAST(wave)) -
    WWave_toward_left(i))/TIMESTEP WHEN i=LAST(wave) BUT
    (WWave_toward_left(i + 1)*Damping_coefficient - WWave_toward_left(i))/TIMESTEP OTHERWISE
  The main purpose of this variable is to receive inputvalues from right and provide the propagation from point to point in
  the left direction.

Change_in_wave_toward_Right
  i = wave
  = (Manual_Input_left + WWave_condition_choice(left) + Reflection_coefficient*WWave_toward_left(FIRST(wave)) -
    WWave_toward_right(i))/TIMESTEP WHEN i = FIRST(wave) BUT
    (WWave_toward_right(i - 1)*Damping_coefficient - WWave_toward_right(i))/TIMESTEP OTHERWISE
  The main purpose of this variable is to receive inputvalues from left and provide the propagation from point to point in the
  right direction.

Pleasant
  s=side
  = SINWAVE(1.2,1) + NORMAL(0,0.06)*1.2 WHEN s=left BUT
    SINWAVE(0.5, 0.3) + NORMAL(0,0.06)*0.5 OTHERWISE
  Predefined timevarying functions with "white" additive noise. The first one propagate from left toward right and the
  second one propagate toward left. These functions results in a relatively smooth and "pleasant" wave pattern.

Total_Wave
  wave
  = vWave_toward_left + WWave_toward_right
  The sum of the two waves which corresponds to the actual state at the different locations along the path of
  propagation.

Wave_condition_choice
  side
  = IF (WWave_conditions = 1, WWild, IF (WWave_conditions = 2, Pleasant,0))
  This variable picks the different predefined modes of wave conditions in the wave studio input.

WWild
```