



REPUBLIKA SLOVENIJA

MINISTRSTVO ZA GOSPODARSTVO

Kotnikova ulica 5, 1000 Ljubljana
tel.: 01 478 33 11, faks: 01 478 10 31
www.mg.gov.si



Naložba v vašo prihodnost

OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski socialni sklad

PRONET
računalniški inženiring



Javna agencija RS
za podjetništvo
in tuje investicije

Projekt: Informacijski sistem za spremljanje kakovosti proizvodnje v vinarski industriji (ISKVI)

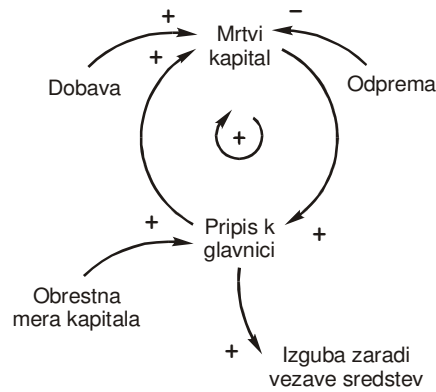
Dokument:

Simulacijski model za analizo vrednosti izgubljenih sredstev zaradi vezave kapitala v zalogah

A. Škraba

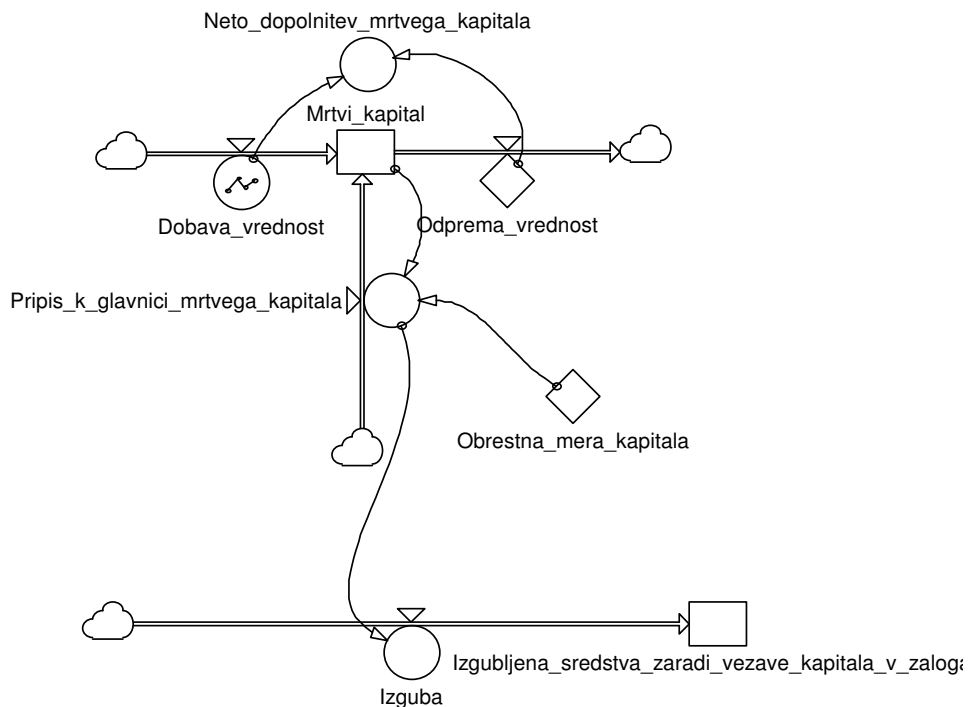
Na področju vinarske industrije predstavljajo zaloge surovin oz. sestavin kakor tudi končnih izdelkov znatne stroške, predvsem zaradi specifičnosti proizvodnje, ki je vezana na letino. Pri tem predstavljajo stroški zaloga pomemben dejavnik, ki vpliva na poslovanje kakor tudi na kakovost proizvodnje. Tako npr. lahko pride do zamenjave letnikov vina pri strankah, kar lahko predstavlja znatne stroške za podjetje, na drugi strani pa na kakovost, ki jo zazna končni uporabnik. Partnersko podjetje Radgonske gorice d.d. je tako nakazalo pomen analize stroškov povezanih z vezavo zaloga.

Slika 1 prikazuje vzročno-posledični diagram vezave mrtvega kapitala v zalogah. Pri tem gre za pozitivno povratno zanko, kjer je pomembna razlika med dobavo in odpremo, ki določata obseg mrtvega kapitala. Pozitivna povratna zanka tu deluje v smislu izgub, saj z večanjem mrtvega kapitala povečujemo negativni pripis obresti k glavnici. Višja kot je obrestna mera kapitala, višji pripis obresti beležimo, hkrati pa je obseg mrtvega kapitala večji. V tem primeru želimo imeti dobavo in odpremo uravnoteženo na takšen način, da so izgube zaradi vezave sredstev čim manjše.



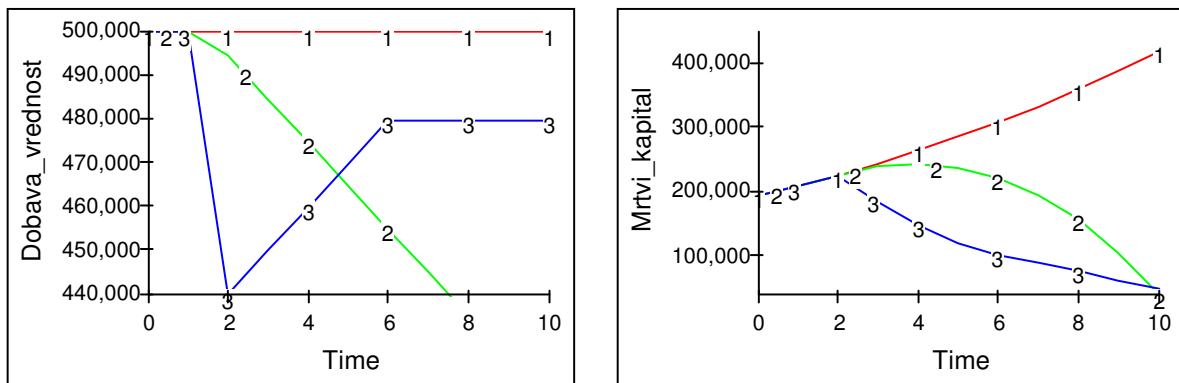
Slika 1: Vzročno – posledični diagram vezave mrtvega kapitala v zalogah

Pomen pozitivne zanke moramo upoštevati pri večji vrednosti mrtvega kapitala, saj so učinki v tem primeru lahko znatni. Slika 2 prikazuje simulacijski model razvit po principu sistemske dinamike z orodjem Powersim. Model je sestavljen iz dveh elementov stanj, t.j. »Mrtvi_kapital« in »Izgubljena_sredstva_zaradi_vezave_kapitala_v_zalogah«. Model omogoča spremljanje neto dopolnitve mrtvega kapitala. Simulacijski model je zgrajen z namenom razumevanja vpliva obsega zalog na mrtvi kapital. Pri tem je pomembno, da konstantna vrednost zalog, v smislu materialnih zalogm, rezultira v ekspanetni rasti vrednosti mrtvega kapitala.



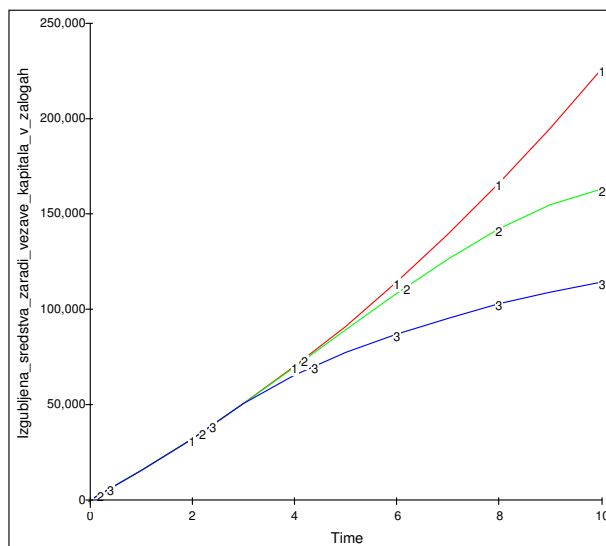
Slika 2: Simulacijski model dinamike mrtvega kapitala in izgubljenih sredstev zaradi vezave kapitala v zalogah

Slika 3 prikazuje vpliv treh različnih dobav – vrednostno (levi del slike) ter vpliv na vrednost mrtvega kapitala (desni del slike). Pri tem vidimo, da konstantna dobava ob konstantni odpremi rezultira v eksponentni rasti mrtvega kapitala.



Slika 3: Dobava vrednostno za tri scenarije (levo) in vrednost mrtvega kapitala (desno)

Slika 4 prikazuje kumulativno izgubo sredstev zaradi vezave mrtvega kapitala v zalogah. Z ustrezno strategijo naročanja je moč stroške vezanega kapitala zmanjšati.

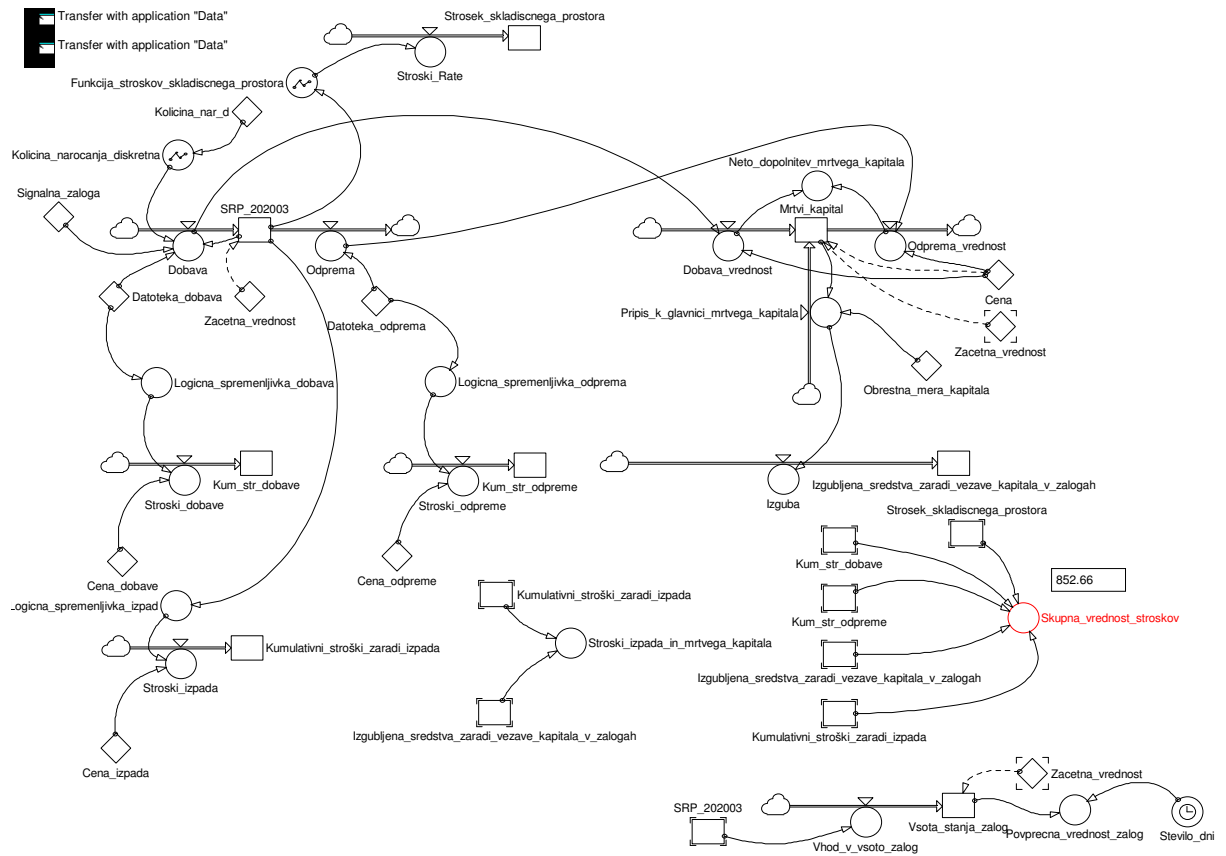


Slika 4: Izgubljena sredstva zaradi vezave kapitala v zalogah pri treh različnih scenarijih

Razviti model predstavlja osnovo za izgradnjo modela, ki bo omogočal kontrolo nad zalogami. Z ustrezno povezavo na obstoječi informacijski sistem je moč z razvitim modelom testirati različne scenarije in določiti najbolj ustrezno strategijo naročanja ob poznanem obsegu odprem oz. predvidenemu povpraševanju.

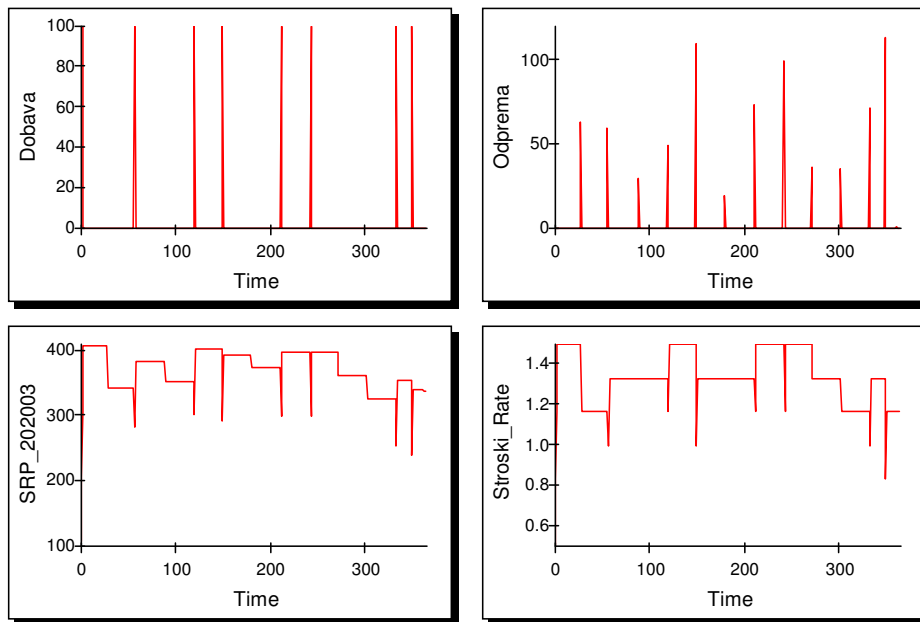
Dopolnitev modela z materialnim tokom

Slika 5 prikazuje dopolnjen model z materialnim tokom zalog. Pri tem upoštevamo količinsko dobavo in odpremo, stroške skladiščnega prostora, logistične stroške in stroške zaradi izpada.



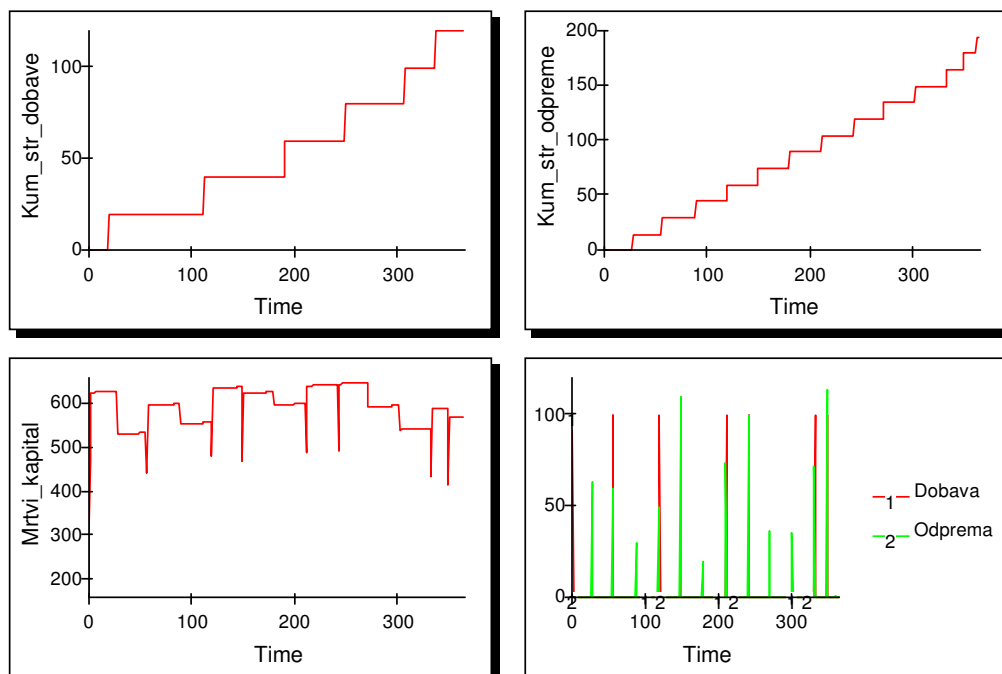
Slika 5: Model kontrole zalog z upoštevanjem materialnega in finančnega dela

Slika 6 prikazuje vhodne podatke v model kakor tudi stanje zalog ter prikaz stroškov. Pri tem so upoštevani hipotetični podatki za izbrani artikel. V nadaljevanju je moč izvesti povezavo s podatkovno bazo.



Slika 6: Vhodni podatki: Dobava, odprema ter prikaz stroškov ter stanja zalog za izbrani artikel

Slika 7 prikazuje Kumulativne stroške dobave, kumulativne stroške odpreme, vrednost mrtvega kapitala ter dobavo in odpremo združeni na enem grafu. Tudi pri tem gre za prikaz odziva modela.



Slika 7: Kumulativni stroški dobave, kumulativni stroški odpreme, vrednost mrtvega kapitala ter graf dobave in odpreme

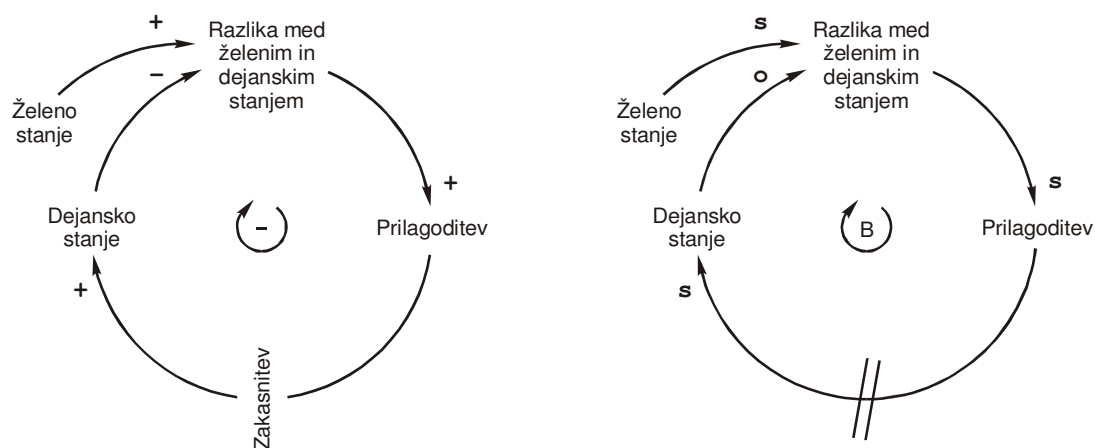
Metodološki pristop

Sistemska dinamika je metodologija modeliranja in simulacije sistemov, ki se uporablja za proučevanje in razumevanje kompleksnih sistemov. Sistemska dinamika se ukvarja z razumevanjem dinamičnega odziva kompleksnih sistemov. Preučevani sistemi vsebujejo notranje, povratne zanke, časovne zakasnitve, pritoke in odtoke med elementi sistema.

Okvirni koraki pristopa reševanja problemov po principu sistemske dinamike opišejo sledeči koraki:

- Opredelitev in definicija problema;
- Določitev vzrokov določenega pojava in vzročno-posledičnih informacijskih povezav;
- Oblikovanje matematičnega modela;
- Dinamično spremljanje modela s simulacijskim orodjem;
- Primerjava rezultatov z rezultati realnega sistema (validacija);
- Preureditev znotraj modela, ki je potrebna za boljše vodenje sistema;
- Preureditev realnega sistema, ki ga določimo z eksperimentiranjem na modelu.

Pri oblikovanju vzročno-posledičnega diagrama povezave označimo z operatorjem + (pozitivne) ali – (negativne). Pri tem + pomeni, da sta spremenljivki med seboj pozitivno povezani (če se ena poveča, se poveča tudi druga oz. je njena vrednost višja kot bi sicer bila), z – pa označimo spremenljivki, ki sta med seboj negativno povezani (če se ena poveča, se druga zmanjša oz. postane manjša kot bi sicer bila). Drugi način označevanja je s simboloma s (namesto +; pomen »same«; an.) in o (namesto – pomen »oposite«; an.) Primera obeh diagramov kaže *Slika 8* (negativna povratna zanka).



Slika 8: Primeri vzročno-posledičnih diagramov

Pri tem so izpostavljeni medsebojni vplivi elementov in povratnih zveze v sistemu. Predznak povratne zveze se sestoji iz produkta predznakov vzročno-posledičnih zvez, torej se pri določanju predznaka držimo naslednjih pravil:

- Parno število negativnih vzročno-posledičnih povezav opredeljuje pozitivno povratno zanko.

- Neparno število negativnih vzročno-posledičnih povezav opredeljuje negativno povratno zanko.

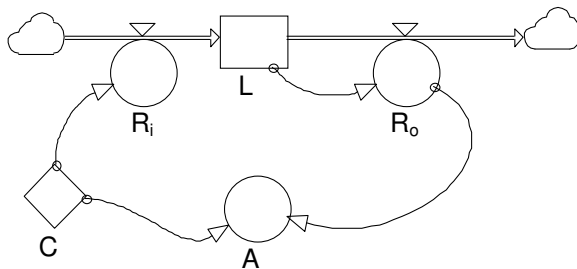
Nekoliko bolj koncizno lahko označimo pozitivno povezavo med X in Y kot $\frac{\partial Y}{\partial X} > 0$, če pa je povezava

označena negativno pa velja $\frac{\partial Y}{\partial X} < 0$.

V sistemski dinamiki za modeliranje uporabljamo blokovni diagram. Z diferencialnimi enačbami prvega reda lahko opišemo vsak realni sistem. Enačbe nam omogočijo generiranje pogojev sistema v prihodnjem času iz znanih pogojev sistema preteklega časa. (Forrester J.W. (1961), strani 73–80).

Element stanja L običajno opiše tiste enote sistema, ki akumulirajo določeno količino, npr.: informacijo, energijo, material, denarna sredstva itd. (Kljajić, 1994). Simbol zanj je pravokotnik, v našem primeru pa predstavlja npr. vrednostno količino zalog.

Splošni diagram sistema nam prikazuje *Slika 9*:



Slika 9: Splošni diagram sistema

V sistemu imamo lahko več stanj L (level) in njihove količine prehajajo v naslednja stanja. Upoštevati moramo še časovno komponento, saj se vrednosti spreminjajo tudi s časom. Diferenčna enačba elementa stanja L se glasi:

$$L(t_{k+1}) = L(t_k) + (R_i(t_k) - R_o(t_k))\Delta t, \quad k = 0, 1, 2, \dots, n,$$

pri čemer je:

Level (element stanja):

- $L(t_{k+1})$ vrednost elementa stanja v naslednjem časovnem koraku ($k+1$)
- $L(t_k)$ vrednost elementa stanja v sedanjem časovnem koraku (k)

Rate (pritoki/odtoki):

- $R_i(t_k)$ vhod v element stanja L ob času t_k
- $R_o(t_k)$ izhod iz elementa stanja ob času t_k

Auxiliary A predstavlja pomožne spremenljivke. Za celovito definicijo modela podamo še:

- t_k časovni korak
- n končni števec časa simulacije
- Δt časovni interval

Takšno enačbo imenujemo enačba gibanja dinamičnega sistema (Škraba A., 1998) zapisano po načelu sistemske dinamike. Analitična rešitev diferencialnih enačb, ki opisujejo neki dinamičen sistem, obstaja le v najpreprostejših in idealiziranih primerih. V kompleksnih sistemih, kjer nastopajo zapleteni sistemi diferencialnih enačb, moramo za njihovo reševanje uporabiti numerične metode. Od teh je najbolj razširjena računalniška simulacija, o kateri sledi več v naslednjih poglavjih, kjer bodo opisani tudi naslednji koraki sistemske dinamike. Obravnavani sistem opišemo v diskretni obliki po principu sistemske dinamike nekoliko drugače kot poprej zapisano:

$$x(k) = x(k_0) + \sum_{i=k_0}^{k-1} (R_{in}(i) - R_{out}(i)) \Delta t \quad (1)$$

$$\frac{\Delta x(i)}{\Delta t} = R_{in}(i) - R_{out}(i) \quad (2)$$

V zvezni obliki je moč predstaviti sistem kot:

$$x(t) = \int_{t_0}^t [R_{in}(t) - R_{out}(t)] dt + x(t_0) \quad (3)$$

$$\frac{d(x)}{dt} = \text{neto sprememba } x = R_{in}(t) - R_{out}(t) \quad (4)$$

kjer predstavlja En. 2 *neto spremembo* stanja x . Spremenljivke stanj x_1, x_2, \dots, x_n opišejo stanja sistema, v našem primeru je to npr. obseg mrtvega kapitala ali kumulativni obseg izgube zaradi vezave kapitala x_1, x_2, \dots, x_n . Elementi spremembe stanj R predstavljajo intenzivnost spremembe stanj. Pri tem gre za spremembe, ki vplivajo na elemente stanj.

Izpis modela, model obresti.sim

```
init  Izgubljena_sredstva_zaradi_vezave_kapitala_v_zalogah = 0

flow  Izgubljena_sredstva_zaradi_vezave_kapitala_v_zalogah = +dt*Izguba

init  Mrtvi_kapital = 195259.20

flow  Mrtvi_kapital = +dt*Dobava_vrednost
      -dt*Odprema_vrednost
      +dt*Pripis_k_glavnici_mrtvega_kapitala

doc   Mrtvi_kapital = Začetna vrednost mrtvega kapitala.

unit  Mrtvi_kapital = EUR

aux   Dobava_vrednost =
GRAPHSTEP(TIME, 0, 1, [500000, 500000, 440000, 450000, 460000, 470000, 480000, 480000
, 480000, 480000, 480000"Min:400000;Max:500000"])

doc   Dobava_vrednost =
GRAPHSTEP(TIME, 0, 1, [500000, 500000, 495000, 485000, 475000, 465000, 455000, 445000
, 435000, 425000, 425000"Min:400000;Max:500000"]) |||
GRAPHSTEP(TIME, 0, 1, [500000, 500000, 440000, 450000, 460000, 470000, 480000, 480000
, 480000, 480000, 480000"Min:400000;Max:500000"])

unit  Dobava_vrednost = EUR/leto

aux   Izguba = Pripis_k_glavnici_mrtvega_kapitala

aux   Pripis_k_glavnici_mrtvega_kapitala =
Obrestna_mera_kapitala*Mrtvi_kapital

aux   Neto_dopolnitev_mrtvega_kapitala = Dobava_vrednost-Odprema_vrednost

doc   Neto_dopolnitev_mrtvega_kapitala = Neto dopolnitev mrtvega kapitala.

unit  Neto_dopolnitev_mrtvega_kapitala = EUR/leto

const Odprema_vrednost = 500000

unit  Odprema_vrednost = EUR/leto

const Obrestna_mera_kapitala = 0.08

spec  start = 0.00000

spec  stop = 10.00000

spec  dt = 1.00000

spec  method = Euler (fixed step)
```

Izpis modela mod.sim

```
init  Izgubljena_sredstva_zaradi_vezave_kapitala_v_zalogah = 0
flow  Izgubljena_sredstva_zaradi_vezave_kapitala_v_zalogah = +dt*Izguba
doc   Izgubljena_sredstva_zaradi_vezave_kapitala_v_zalogah = Kumulativa
izgubljenih sredstev.
unit  Izgubljena_sredstva_zaradi_vezave_kapitala_v_zalogah = EUR
init  Kum_str_dobave = 0
flow  Kum_str_dobave = +dt*Stroski_dobave
doc   Kum_str_dobave = Kumulativa stroškov dobave.
unit  Kum_str_dobave = EUR
init  Kum_str_odpreme = 0
flow  Kum_str_odpreme = +dt*Stroski_odpreme
doc   Kum_str_odpreme = Kumulativni stroški odpreme.
unit  Kum_str_odpreme = EUR
init  Kumulativni_stroški_zaradi_izpada = 0
flow  Kumulativni_stroški_zaradi_izpada = +dt*Stroski_izpada
doc   Kumulativni_stroški_zaradi_izpada = Kumulativni stroški zaradi
izpada.
unit  Kumulativni_stroški_zaradi_izpada = EUR
init  Mrtvi_kapital = Cena*Zacetna_vrednost
flow  Mrtvi_kapital = +dt*Pripis_k_glavnici_mrtvega_kapitala
      -dt*Odprema_vrednost
      +dt*Dobava_vrednost
doc   Mrtvi_kapital = Začetna vrednost mrtvega kapitala.
unit  Mrtvi_kapital = EUR
init  SRP_202003 = Zacetna_vrednost
flow  SRP_202003 = -dt*Odprema
      +dt*Dobava
doc   SRP_202003 = Količina zalog v skladišču.
unit  SRP_202003 = artikel
init  Strosek_skladiscnega_prostora = 0
```

```

flow  Strosek_skladiscnega_prostora = +dt*Stroski_Rate

doc  Strosek_skladiscnega_prostora = Kumulativni stroški skladiščnega
prostora.

unit  Strosek_skladiscnega_prostora = EUR

init  Vsota_stanja_zalog = Zacetna_vrednost

flow  Vsota_stanja_zalog = +dt*Vhod_v_vsoto_zalog

aux  Dobava =
Datoteka_dobava*0+1*IF(SRP_202003<Signalna_zaloga,Kolicina_narocanja_diskre
tna,0)

doc  Dobava = Dobava materiala.

unit  Dobava = artikel/dan

aux  Dobava_vrednost = Cena*Dobava

doc  Dobava_vrednost =
GRAPHSTEP(TIME,0,1,[500000,500000,495000,485000,475000,465000,455000,445000
,435000,425000,425000"Min:400000;Max:500000"]) |||
GRAPHSTEP(TIME,0,1,[500000,500000,440000,450000,460000,470000,480000,480000
,480000,480000,480000"Min:400000;Max:500000"])

unit  Dobava_vrednost = EUR/dan

aux  Izguba = Pripis_k_glavnici_mrtvega_kapitala

unit  Izguba = EUR/dan

aux  Odprema = Datoteka_odprema

doc  Odprema = Odprema artiklov iz skladišča.

unit  Odprema = artikel/dan

aux  Odprema_vrednost = Cena*Odprema

unit  Odprema_vrednost = EUR/dan

aux  Pripis_k_glavnici_mrtvega_kapitala =
Obrestna_mera_kapitala*Mrtvi_kapital

aux  Stroski_dobave = Logicna_spremenljivka_dobava*Cena_dobave

doc  Stroski_dobave = Dnevni stroški dobave.

unit  Stroski_dobave = EUR/dan

aux  Stroski_izpada = Cena_izpada*Logicna_spremenljivka_izpad

doc  Stroski_izpada = Dnevni stroški zaradi izpada se prištejejo k
kumulativi.

unit  Stroski_izpada = EUR/dan

```

```

aux   Stroski_odpreme = Cena_odpreme*Logicna_spremenljivka_odprema
doc   Stroski_odpreme = Dnevni stroški odpreme.

unit  Stroski_odpreme = EUR/dan

aux   Stroski_Rate = Funkcija_stroskov_skladiscnega_prostora/30
doc   Stroski_Rate = Povecanje stroskov skladišnega prostora. Evri / dan /
paleta oz. skladišni prostor.

unit  Stroski_Rate = EUR/dan

aux   Vhod_v_vsoto_zalog = SRP_202003
doc   Vhod_v_vsoto_zalog = Vhod v vsoto zalog kot element spremembe stanja.
unit  Vhod_v_vsoto_zalog = artikel/dan

aux   Funkcija_stroskov_skladiscnega_prostora =
IF(SRP_202003<=0,0,GRAPHSTEP(SRP_202003,0,50,[5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,
55"Min:0;Max:30"]))
doc   Funkcija_stroskov_skladiscnega_prostora = Funkcija stroškov
skladišnega prostora. Če je v skladišču 0 ali manj privzamemo 0, sicer pa
funkcijo.

unit  Funkcija_stroskov_skladiscnega_prostora = eur/mesec

aux   Kolicina_narocanja_diskretna =
IF(Kolicina_nar_d=0,0,GRAPHSTEP(Kolicina_nar_d,0,100,[100,200,300,300"Min:0
;Max:300"]))
aux   Logicna_spremenljivka_dobava = IF(Datoteka_dobava>0,1,0)
doc   Logicna_spremenljivka_dobava = Kadar izvedemo dobavo je logična
spremenljivka enaka 1 sicer 0.

unit  Logicna_spremenljivka_dobava = dobava/dan

aux   Logicna_spremenljivka_izpad = IF(SRP_202003<0,1,0)
doc   Logicna_spremenljivka_izpad = Če je zaloga manjša kot nič imamo
logično 1 sicer 0.

unit  Logicna_spremenljivka_izpad = podatki enoto

aux   Logicna_spremenljivka_odprema = IF(Datoteka_odprema>0,1,0)
doc   Logicna_spremenljivka_odprema = Kadar izvedemo dobavo je logična
spremenljivka enaka 1 sicer 0.

unit  Logicna_spremenljivka_odprema = odprema/dan

aux   Neto_dopolnitev_mrtvega_kapitala = Dobava_vrednost-Odprema_vrednost
doc   Neto_dopolnitev_mrtvega_kapitala = Neto dopolnitev mrtvega kapitala.

unit  Neto_dopolnitev_mrtvega_kapitala = EUR/dan

```

```
aux Povprecna_vrednost_zalog = Vsota_stanja_zalog/Stevilo_dni
doc Povprecna_vrednost_zalog = Povprečno stanje zalog.
unit Povprecna_vrednost_zalog = artikel

aux Skupna_vrednost_stroskov =
Izgubljena_sredstva_zaradi_vezave_kapitala_v_zalogah*0+Kum_str_dobave+Kum_s
tr_odpreme+Kumulativni_stroski_zaradi_izpada+Strosek_skladiscnega_prostora
doc Skupna_vrednost_stroskov = Skupni stroški kot vsota.
unit Skupna_vrednost_stroskov = EUR

aux Stevilo_dni = TIME+1
doc Stevilo_dni = Čas.
unit Stevilo_dni = dan

aux Stroski_izpada_in_mrtvega_kapitala =
Kumulativni_stroski_zaradi_izpada+Izgubljena_sredstva_zaradi_vezave_kapital
a_v_zalogah
doc Stroski_izpada_in_mrtvega_kapitala = Kriterijska funkcija kot
kombinacija izgub zaradi mrtvega kapitala in stroškov izpada.
unit Stroski_izpada_in_mrtvega_kapitala = EUR

const Cena = 1.54
doc Cena = Cena kontaktne šobe.
unit Cena = EUR/l

const Cena_dobave = 20
doc Cena_dobave = Naročilo, prevzem režija.
unit Cena_dobave = EUR/dobava

const Cena_izpada = 500
doc Cena_izpada = Povprečni dnevni stroški zaradi izpada zalog.
unit Cena_izpada = EUR/izpad/dan

const Cena_odpreme = 15
doc Cena_odpreme = Cena na odpremo.
unit Cena_odpreme = EUR/odprema

const Datoteka_dobava = 0
doc Datoteka_dobava = Dobava iz datoteke.
unit Datoteka_dobava = artikel/dan

const Datoteka_odprema = 0
```

```
doc  Datoteka_odprema = Odprema iz datoteke.

unit  Datoteka_odprema = artikel/dan

const  Kolicina_nar_d = 0

const  Obrestna_mera_kapitala = 0.08/365

doc  Obrestna_mera_kapitala = Obrestno mero je potrebno določiti glede na
podatke knjigovodstva; gre za dnevno obrestno mero, za katero je način
preračuna podan z računovodskim standardom.

unit  Obrestna_mera_kapitala = 1/dan

const  Signalna_zaloga = 83

doc  Signalna_zaloga = Signalna zaloga.

unit  Signalna_zaloga = artikel

const  Zacetna_vrednost = 108

doc  Zacetna_vrednost = Vrednost na skladišču.

unit  Zacetna_vrednost = artikel

spec  start = 0.00000

spec  stop = 365.00000

spec  dt = 1.00000

spec  method = Euler (fixed step)
```