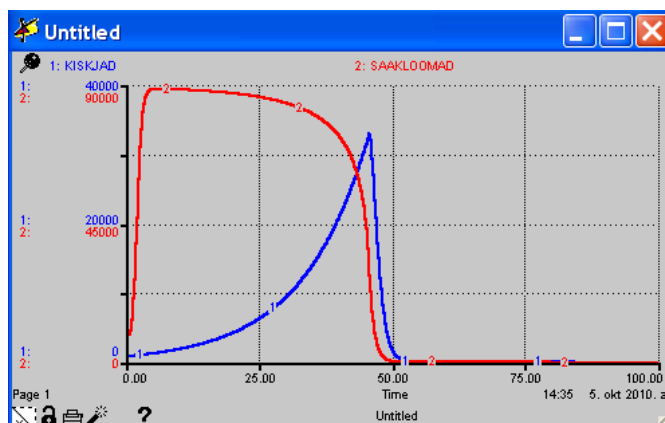
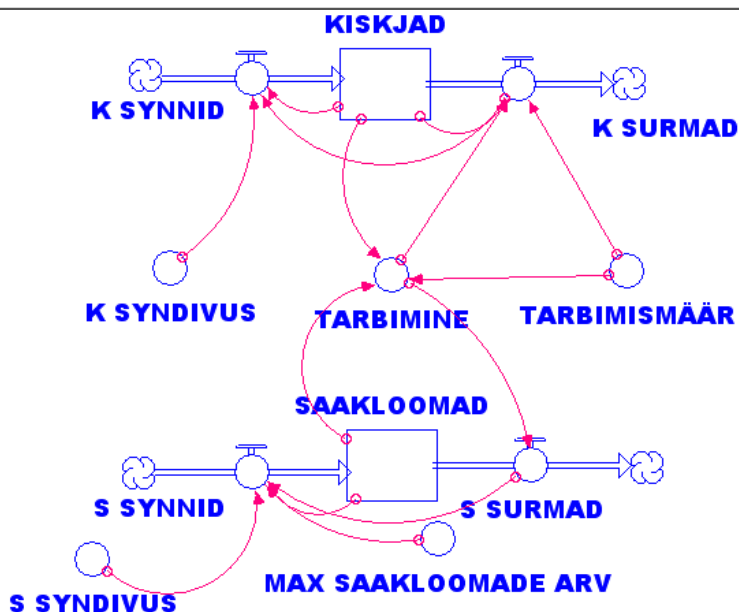


13. Rööv- ja saaklooma mudelid

13.1 Kaht populatsiooni sisaldav mudel

Röövlooma populatsioon ja saaklooma populatsioon. Olgu saaklooma surma ainsaks põhjuseks ärasöömine röövlooma poolt. Tarbimise defineerimiseks kasutame Stella funktsiooni $MIN(a, b)$, mis validb arvudest a ja b miinimumi ehk väiksema arvu.

Tarbimine = $MIN(\text{saakloomade arv}, \text{kiskjate arv} \cdot \text{tarbimine})$, see on ka ühtlasi saakloomade suuremus ja kõik need kiskjad surevad, kes oma toidunormi (tarbimise määr) kätte ei saa.



$KISKJAD = 900$ {loomi}

$K_SYNNID = K_SYNDIVUS * (KISKJAD - K_SURMAD)$ {loomi ajaühikus}

$K_SURMAD = 0.1 * KISKJAD + 0.9 * (KISKJAD - TARBIMINE / TARBIMISMÄÄR)$
{normaalne suremus+ alatarbinud kiskjad}

$SAAKLOOMAD = 9000$ {loomi}

$S_SYNNID = (SAAKLOOMAD - S_SURMAD) * S_SYNDIVUS * (1 - SAAKLOOMAD / MAX_SAAKLOOMADE_ARV)$ {loomi ajaühikus}

$S_SURMAD = TARBIMINE$ {loomi ajaühikus}

$K_SYNDIVUS = 0.2$

$MAX_SAAKLOOMADE_ARV = 90000$ {loomi}

$S_SYNDIVUS = 2$

$TARBIMINE = MIN(SAAKLOOMAD, TARBIMISMÄÄR * KISKJAD)$ {loomi ajaühikus}

$TARBIMISMÄÄR = 1$ {saakloomi ajaühikus kiskjate kohta}

Ülesanne. Mudeli tööaeg muutub kuni ajani 100 sammuga 0.1 Euleri meetodil.

Tehke **graafik** ja **tabel** mõlemast populatsioonist.

Mudelisse lisage põhimuutujate **arvulised väärtused**.

Kirjutage **tekstipiirkonda** aja t väärtus, mil mõlemad populatsioonid välja surid.

Muutke sündivust mõlemas populatsioonis nii, et väljasuremine toimuks võimalikult hilja. Tehke mudeli **tundlikkuse analüüs**, kus sündivused muutuvad 5 erineva väärtuse vahel ja lisage graafik ja tabel vastavatest kiskjate arvudest.

Lisage **tekstipiirkonda** muudetud sündivused ja vastav väljasuremise aeg.

Lisage muutuja LÜLITI, mis fikseerib kiskjate arvu maksimumi ja muudab sellel ajal väärtust 1 võrra.

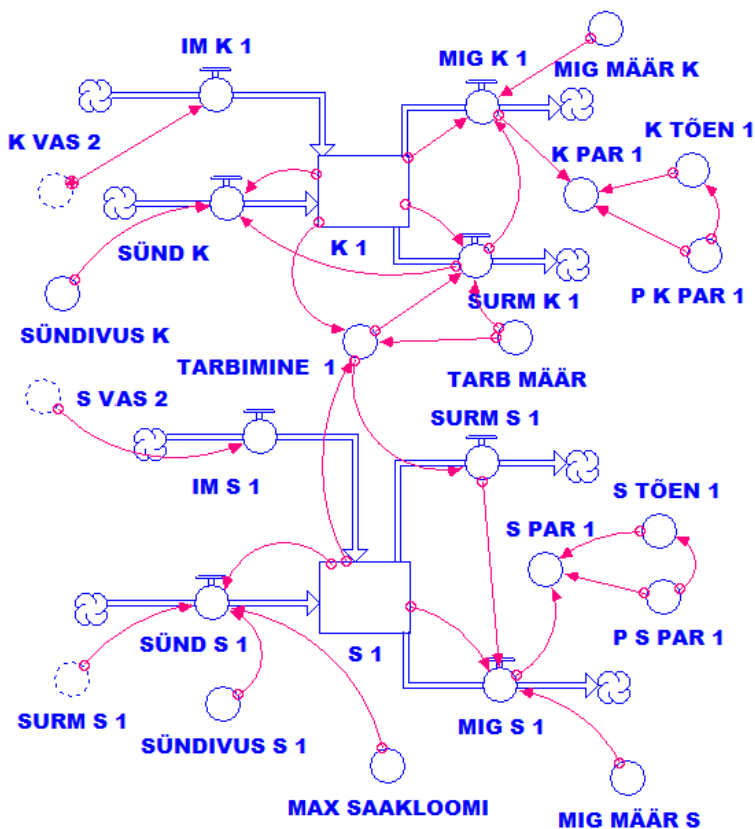
13.2 Ruumiline rööv- ja saakloomade mudel

Eelmise punkti lihtne mudel ei kirjelda reaalses ruumis toimuvat aga adekvaatselt, sest mudel näitab saakloomade ja seejärel ka röövloomade väljasuremist. Siin ei aita ka parameetrite (sündivus) muutmine, see vaid nihutab väljasuremishetke mõne(kümne) aasta võrra edasi-tagasi. Järelikult mudelit on vaja täiustada, et saada reaalsusega kokkulangev tulemus.

Siiani olid kõik rööv- ja saakloomad samas kohas, nii populatsioonid hävisid alati. Nüüd jagame kogu ala esialgu kaheks osaks, rööv- ja saakloomad liiguvad ühelt alamalalt teisele – saakloom migreerub rutiinselt, röövloom aga alles siis, kui hakkab nälgima antud alal.

Saame hakkama 1/2 mudeli koostamisega, ülejäänud kopeerime. Peale kopeerimist lisame kõrvuti asetsevate populatsioonide ränded. Kui jätkata alade lisamist, saame mudeli, mis „päästab mõlemad populatsioonid hävingust” ehk kirjeldab reaalset elu paremini.

Muudame loomade arvud alghetkel pisut suuremaks, ülejäänud suurused on eelmise mudeliga samad.



$$K 1 = 1000$$

$$S 1 = 10000$$

Kuna loomad liiguvad alade vahel, siis lisanduvad muutujatena migratsioonimäärad mõlemale populatsioonile.

$$MIG MÄÄR K = 0.05$$

$$MIG MÄÄR S = 0.1$$

Kiskja liigub teisele alale, kui jääb nälga

$$MIG K1 = \min(K1 - SURM K1, MIG MÄÄR K * SURM K1)$$

$$P K PAR 1 = \text{RANDOM}(0,1) \text{ {parameeter}}$$

$K TÕEN 1 = P K PAR 1$ (+kõigi liikumiste parameetrid, kui neid veel oleks)

$$K PAR 1 = MIG K 1 * P K PAR 1 / K TÕEN 1$$

Saakloom liigub igal ajasammul edasi

$$MIG S 1 = MIG MÄÄR S * (S 1 - SURM S 1)$$

{10% ellujäänutest migreerub}

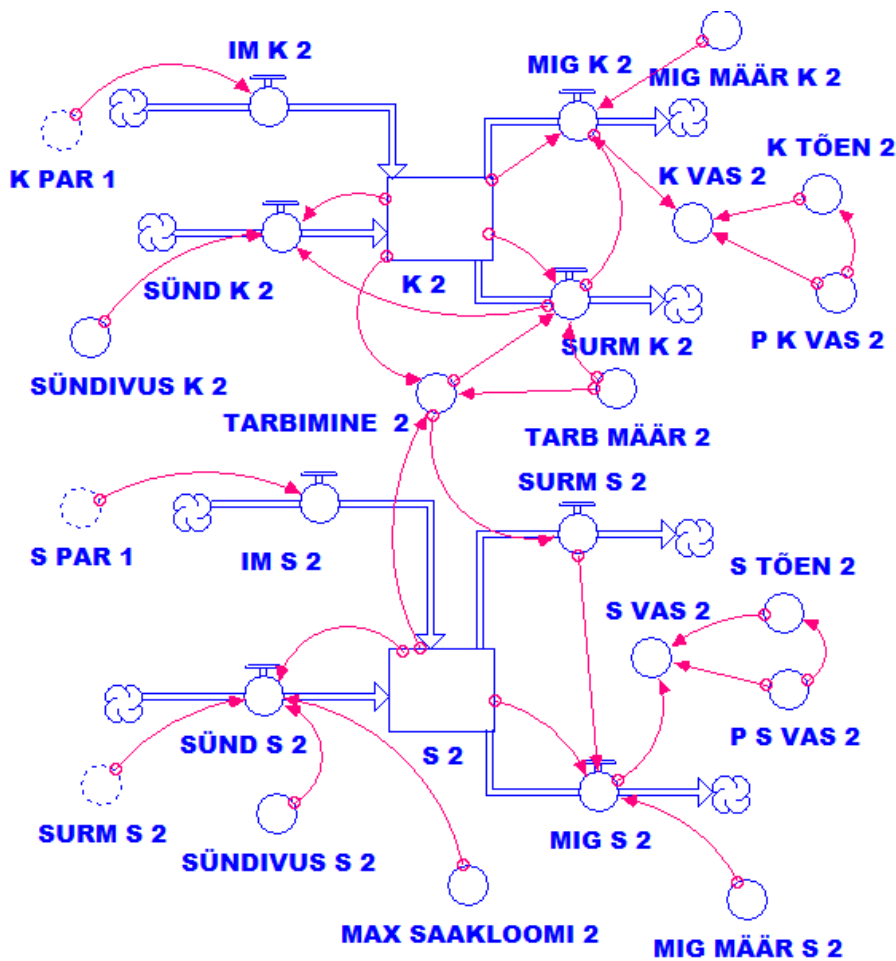
$$P S PAR 1 = \text{RANDOM}(0,1) \text{ {parameeter}}$$

$S TÕEN 1 = P S PAR 1$ (+mujale liikumise parameetrid, kui neid veel oleks)

$$S PAR 1 = MIG S 1 * P S PAR 1 / S TÕEN 1$$

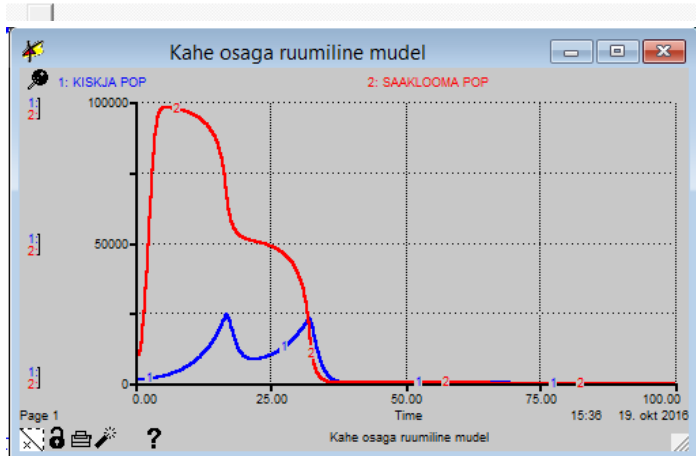
Esialgu ei saa lisada immigratsiooni $K VAS 2$ ja $S VAS 2$, mis näitavad teisest osast esimesse immigreeruvaid loomi. Nende muutujate koopiad (vaimud) tuleb teha peale teise osa valmimist.

Esimese osa valemid tuleb märkida plokiks ja kopeerida kõrvale. Siis muutuvad kõik numbrid 1 numbriks 2 ja vahetada tuleb migratsioonile ja immigratsioonile vastavad muutujad, lisaks algväärtused põhimuutujatele.

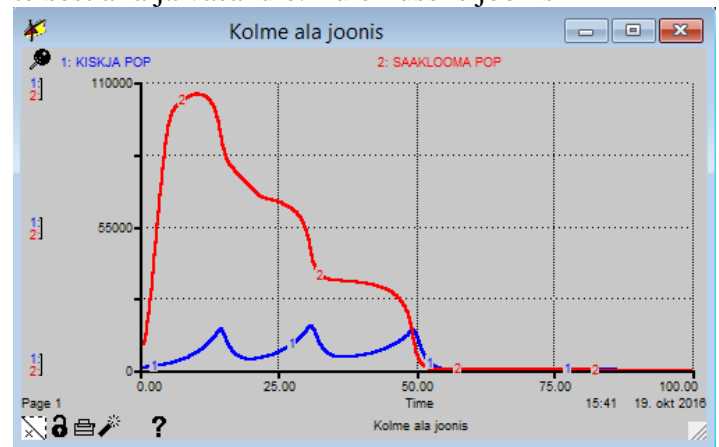


$K2 = 0$
 $P K VAS 2 = RANDOM(0,1)$
 $K TÕEN 2 = P K VAS 2$ (+kõik parameetrid)
 $K VAS 2 = MIG K 1 * P K VAS 2 / K TÕEN 2$

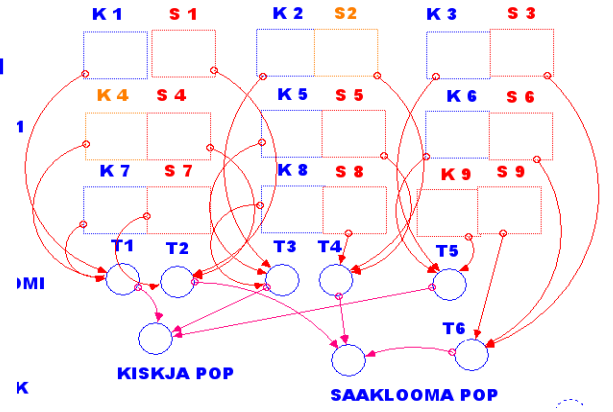
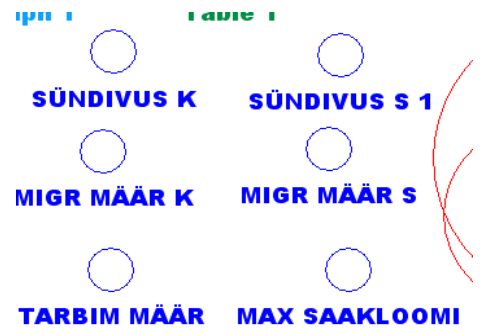
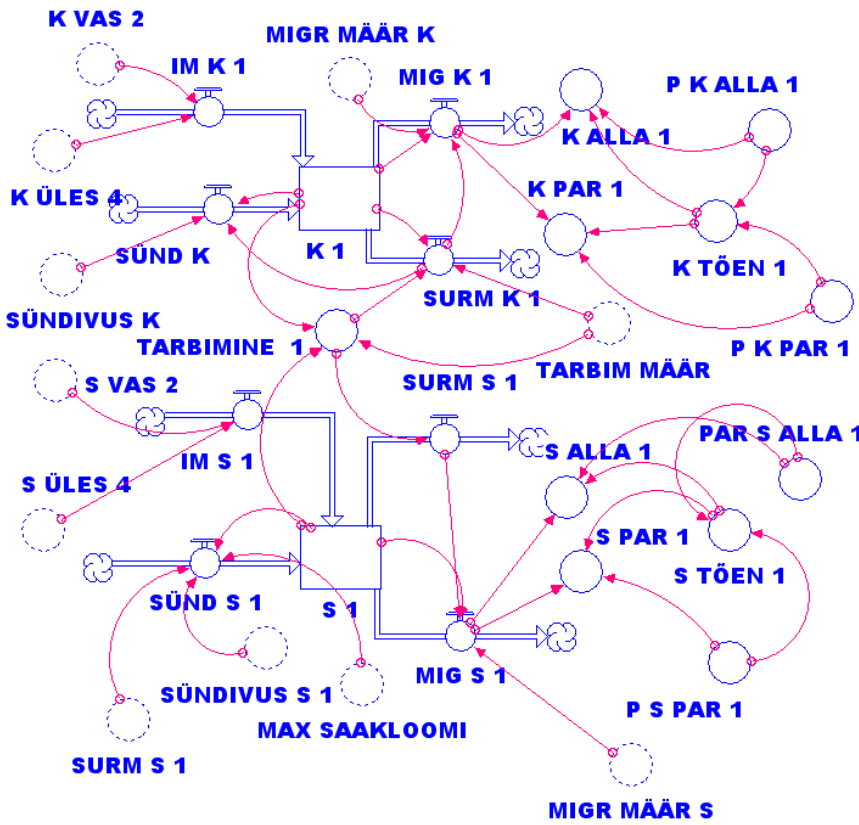
$S 2 = 0$
 $P S VAS 2 = RANDOM(0,1)$
 $S TÕEN 2 = P S VAS 2$ (+mujale)
 $S VAS 2 = MIG S 1 * P S VAS 2 / S TÕEN 2$



Edasi lisame kolmanda ala, mitte enam kõrvale vaid 2. osa alla, siis liikuda saab kolmandast ülesse, teisest alla ja vasakule. Tulemuseks joonis



Alade lisamisel tuleb liikumised (migratsioonid) juurde lisada. Näiteks 9 alaga mudelis, kus alad asuvad ka üksteise all, on võimalusi liikumiseks kokku 4: paremale, vasakule, üles ja alla. Kuid kõik liikumisvõimalused korraga on ainult keskmisel alal number 5.



SÜNDIVUS_K = 0.2
 SÜNDIVUS_S_1 = 2
 MAX_SAAKLOOMI = 10000
 MIGR_MÄÄR_K = 0.05
 MIGR_MÄÄR_S = 0.1
 TARBIM_MÄÄR = 1

K_1 = 1000 K_2 = 0 ... K_9 = 0

TARBIMINE_1 = MIN(S_1, TARBIM_MÄÄR * K_1) ...
 ... TARBIMINE_9 = MIN(S_9, TARBIM_MÄÄR * K_9)

S_1 = 10000 S_2 = 0 ... S_9 = 0

SÜND_K = SÜNDIVUS_K * (K_1 - SURM_K_1) ... SÜND_K_9 = SÜNDIVUS_K * (K_9 - SURM_K_9)

SURM_K_1 = K_1 - TARBIMINE_1 / TARBIM_MÄÄR ...
 ... SURM_K_9 = K_9 - TARBIMINE_9 / TARBIM_MÄÄR

MIG_K_1 = MIN(K_1 - SURM_K_1, MIGR_MÄÄR_K * SURM_K_1) ...
 ... MIG_K_9 = MIN(K_9 - SURM_K_9, MIGR_MÄÄR_K * SURM_K_9)

SÜND_S_1 = (S_1 - SURM_S_1) * SÜNDIVUS_S_1 * (1 - S_1 / MAX_SAAKLOOMI) ...
 ... SÜND_S_9 = (S_9 - SURM_S_9) * SÜNDIVUS_S_9 * (1 - S_9 / MAX_SAAKLOOMI)

SURM_S_1 = TARBIMINE_1 ...
 ... SURM_S_9 = TARBIMINE_9

IM_K_1 = K_VAS_2+K_ÜLES_4
IM_K_2 = K_PAR_1+K_VAS_3+K_ÜLES_5
IM_K_3 = K_PAR_2+K_ÜLES_6
IM_K_4 = K_ALLA_1+K_VAS_5+K_ÜLES_7
IM_K_5 = K_ALLA_2+K_PAR_4+K_VAS_6+K_ÜLES_8
IM_K_6 = K_ALLA_3+K_PAR_5+K_ÜLES_9
IM_K_7 = K_ALLA_4+K_VAS_8
IM_K_8 = K_ALLA_5+K_VAS_9+K_PAR_7
IM_K_9 = K_ALLA_6+K_PAR_8
IM_S_1 = S_VAS_2+S_ÜLES_4
IM_S_2 = S_PAR_1+S_VAS_3+S_ÜLES_5
IM_S_3 = S_PAR_2+S_ÜLES_6
IM_S_4 = S_ALLA_1+S_VAS_5+S_ÜLES_7
IM_S_5 = S_ALLA_2+S_PAR_4+S_VAS_6+S_ÜLES_8
IM_S_6 = S_ALLA_3+S_PAR_5+S_ÜLES_9
IM_S_7 = S_ALLA_4+S_VAS_8
IM_S_8 = S_ALLA_5+S_PAR_7+S_VAS_9
IM_S_9 = S_ALLA_6+S_PAR_8

MIG_S_1 = MIGR_MÄÄR_S*(S_1-SURM_S_1) ... MIG_S_9 = MIGR_MÄÄR_S*(S9-SURM_S9)

RANDOM(0,1)

KISKJAD: K

P_K_ALLA_1 ... P_K_ALLA_6 = RANDOM(0,1)

P_K_PAR_1, P_S_PAR_1; P_K_VAS_2 ... P_K_VAS_9; P_K_PAR_2, 4, 5, 7, 8; P_K_ÜLES_4 ... 9

SAAKLOOMAD: S

PAR_S_ALLA_1 ... PAR_S_ALLA_6 = RANDOM(0,1)

P_S_VAS_2, 3, 5, 6, 8, 9; P_S_PAR_2, 4, 5, 7, 8; P_S_ÜLES_4, 5, 6, 7, 8, 9

K_TÖEN_1 = P_K_PAR_1+P_K_ALLA_1
K_TÖEN_2 = P_K_VAS_2+P_K_PAR_2+P_K_ALLA_2
K_TÖEN_3 = P_K_VAS_3+P_K_ALLA_3
K_TÖEN_4 = P_K_PAR_4+P_K_ALLA_4+P_K_ÜLES_4
K_TÖEN_5 = P_K_VAS_5+P_K_RT_5+P_K_ALLA_5+P_K_ÜLES_5
K_TÖEN_6 = P_K_VAS_6+P_K_ALLA_6+P_K_ÜLES_6
K_TÖEN_7 = P_K_PAR_7+P_K_ÜLES_7
K_TÖEN_8 = P_K_VAS_8+P_K_PAR_8+P_K_ÜLES_8
K_TÖEN_9 = P_K_VAS_9+P_K_ÜLES_9

S_TÖEN_1 = P_S_PAR_1+P_S_ALLA_1
S_TÖEN_2 = P_S_VAS_2+P_S_PAR_2+P_S_ALLA_2
S_TÖEN_3 = P_S_VAS_3+P_S_ALLA_3
S_TÖEN_4 = P_S_PAR_4+P_S_ALLA_4+P_S_ÜLES_4
S_TÖEN_5 = P_S_VAS_5+P_S_PAR_5+P_S_ALLA_5+P_S_ÜLES_5
S_TÖEN_6 = P_S_VAS_6+P_S_ALLA_6+P_S_ÜLES_6
S_TÖEN_7 = P_S_PAR_7+P_S_ÜLES_7
S_TÖEN_8 = P_S_VAS_8+P_S_PAR_8+P_S_ÜLES_8
S_TÖEN_9 = P_S_VAS_9+P_S_ÜLES_9

$K_ALLA_1(2, 3, 4, 5, 6) = MIG_K_1 * PAR_K_ALLA_1 / K_TÖEN_1$
 $K_PAR_1(2, 4, 5, 7, 8) = MIG_K_1 * P_K_PAR_1 / K_TÖEN_1$
 $K_ÜLES_4(5, 6, 7, 8, 9) = MIG_K_4 * P_K_ÜLES_4 / K_TÖEN_4$
 $K_VAS_2(3, 5, 6, 8, 9) = MIG_K_2 * P_K_VAS_2 / K_TÖEN_2$

$S_ALLA_1(2, 3, 4, 5, 6) = MIG_S_1 * PAR_S_ALLA_1 / S_TÖEN_1$
 $S_VAS_2(3, 5, 6, 8, 9) = MIG_S_2 * P_S_VAS_2 / S_TÖEN_2$
 $S_PAR_1(2, 4, 5, 7, 8) = MIG_S_1 * P_S_PAR_1 / S_TÖEN_1$
 $S_ÜLES_4(5, 6, 7, 8, 9) = MIG_S_4 * P_S_ÜLES_4 / S_TÖEN_4$

$T1 = K_7 + K_4 + K_1$
 $T2 = S_7 + S_4 + S_1$
 $T3 = K_2 + K_5 + K_8$
 $T4 = S_2 + S_5 + S_8$
 $T5 = K_9 + K_6 + K_3$
 $T6 = S_3 + S_6 + S_9$

$SAAKLOOMA_POP = T2 + T4 + T6$
 $KISKJA_POP = T5 + T3 + T1$

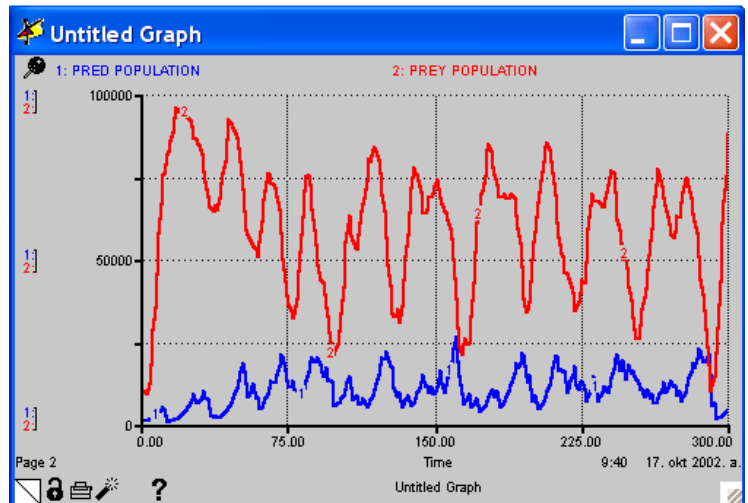
Ülesanne. Koostada antud andmete järgi mudel.

Liikumised saavad toimuda ainult kõrval asuvale alale.

Mudeli tööaeg muutub kuni ajani 300 sammuga 1 Euleri meetodil. Teha graafik ühtse skaalaga mõlemast populatsioonist kokku. Mudelisse lisada põhimuutujate arvulised väärtused.

Teha tabelid rööv- ja saakloomade arvust igas osas ja populatsioonist kokku.

Tabelites näidata tulemused iga 15 ajahüku järel. **Animeerida** põhimuutujad, mudeli **tööajaks võtta 0.05 sek** tegelikust ajast.



Ühistute tragöödia mudel

Inglismaa ~1750. Külaelanikud kasvatavad lambaid eramaal ja läheduses asuvas ühistus. Ühisaladel on rohtu vähe, lambad ei kasva hästi. Modelleerime tõkestamata ligipääsuga ühistu ja sellest tuleneva tragöödia.

Leida koostöövorm, mis viib maksimaalse püsiva lammaste arvuni, mida ühistu talub.

Ühistu pindala 1 ühik, rohi kaob ainult lammaste söögi läbi. Lamba söök sõltub rohu hulgast, lamba surm sõltub tarbimisest lamba kohta.

LAMBAD = 50

$LISA_LAMBAID = 0.85 * LAMBAD * 0 + 0.05 * MURU * 1$

LAMMASTE_SURM = LAMBAD * SUREMUS

MURU = 250

$MURU_KASVAMINE = MURU * KASVUMÄÄR$

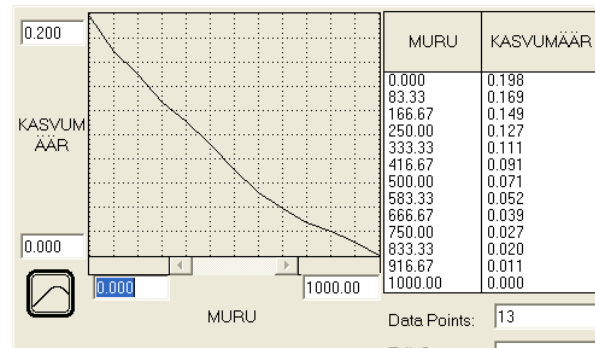
TARBIMINE = LAMBAD * MURUKULU

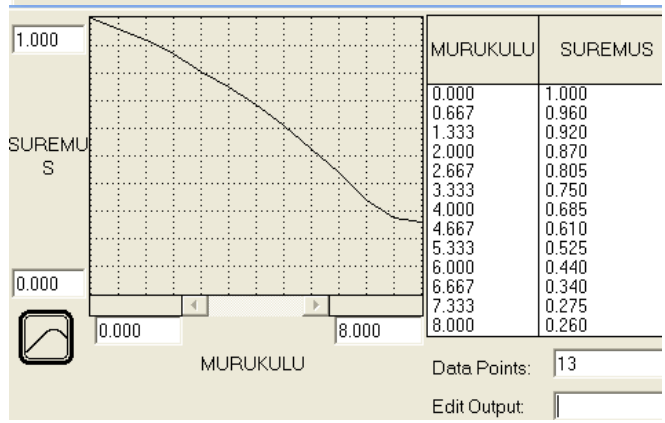
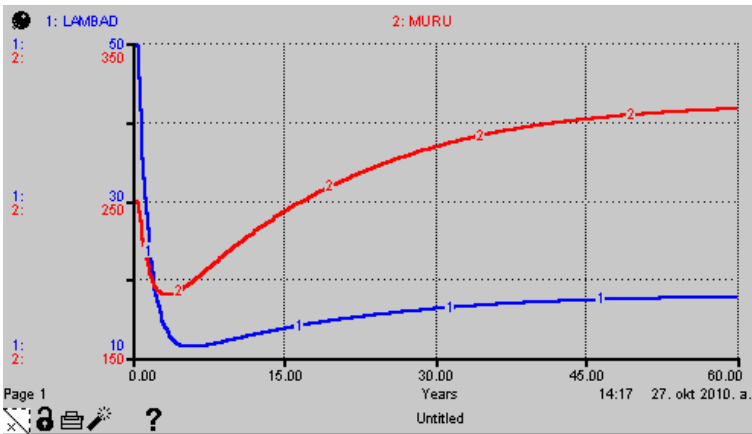
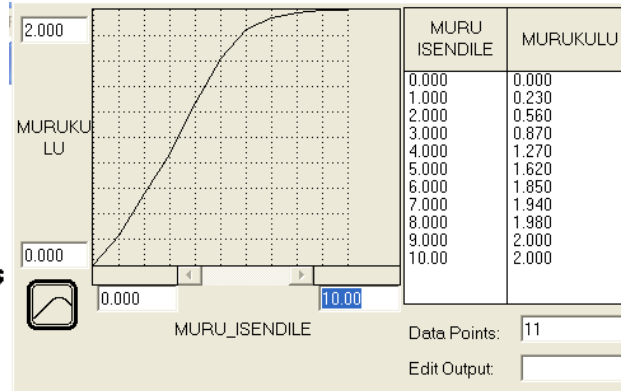
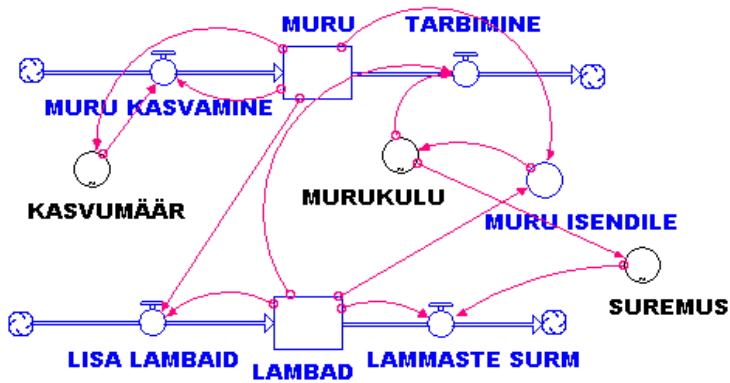
$MURU_ISENDILE = MURU / LAMBAD$

$KASVUMÄÄR = GRAPH(MURU)$

$MURUKULU = GRAPH(MURU_ISENDILE)$

$SUREMUS = GRAPH(MURUKULU)$





Ülesanne. Koostada mudel vastavalt antud andmetele, mudeli tööaeg muutub kuni ajani 60 (aastat) sammuga 0.25, kasutada Euleri meetodit. Teha **graafik** mõlemast põhimuutujast. Mudelisse lisada põhimuutujate arvulised väärtused.

Muuta lammaste lisamise tingimusi ainult lammaste arvu järgi ja lammaste ning muru järgi ning kujutada tulemused graafikul (eelnevad graafikud lukustada ja lisada pealkiri).