

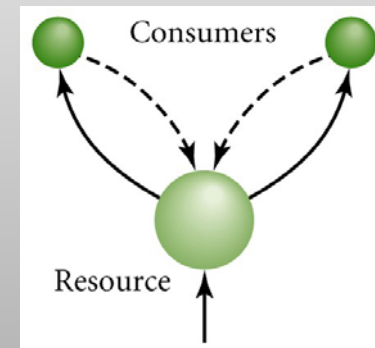
INTERAKCIJE IZMEĐU POPULACIJA



- 1. Takmičenje (kompeticija)**
- 2. Iskorištavanje (predacija, herbivornost, parazitizam)**
- 3. Suradnja (mutualizam)**
- 4. Koevolucija**

ISKORIŠTAVANJE

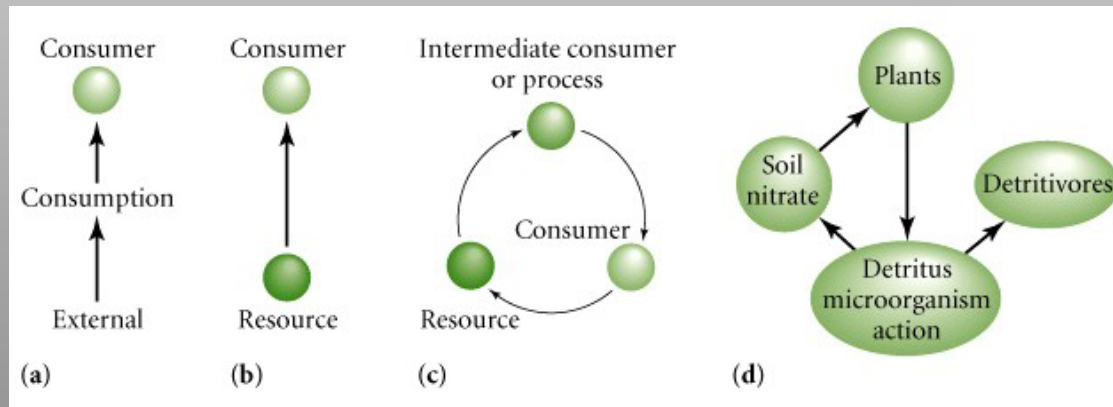
1. Odnos između resursa i konzumenata



2. Predacija, herbivornost, parazitizam



ODNOS IZMEĐU RESURSA I KONZUMENATA



Definicija konzumenta

- Konzument je organizam koji konzumira određeni resurs, pri čemu konzumirati ima šire značenje od pojma jesti
- Konzumenti imaju brojna imena: predatori, paraziti, parazitoidi, herbivori, detrivori
- Odnos između konzumenta i resursa je uvijek pozitivan za konzumenta, dok je za resurs negativan ukoliko je on živi organizam ili neutralan ukoliko resurs nije živi organizam (npr. hranjiva sol za biljke, detritus za detrivore ili prostor za brojne organizme)

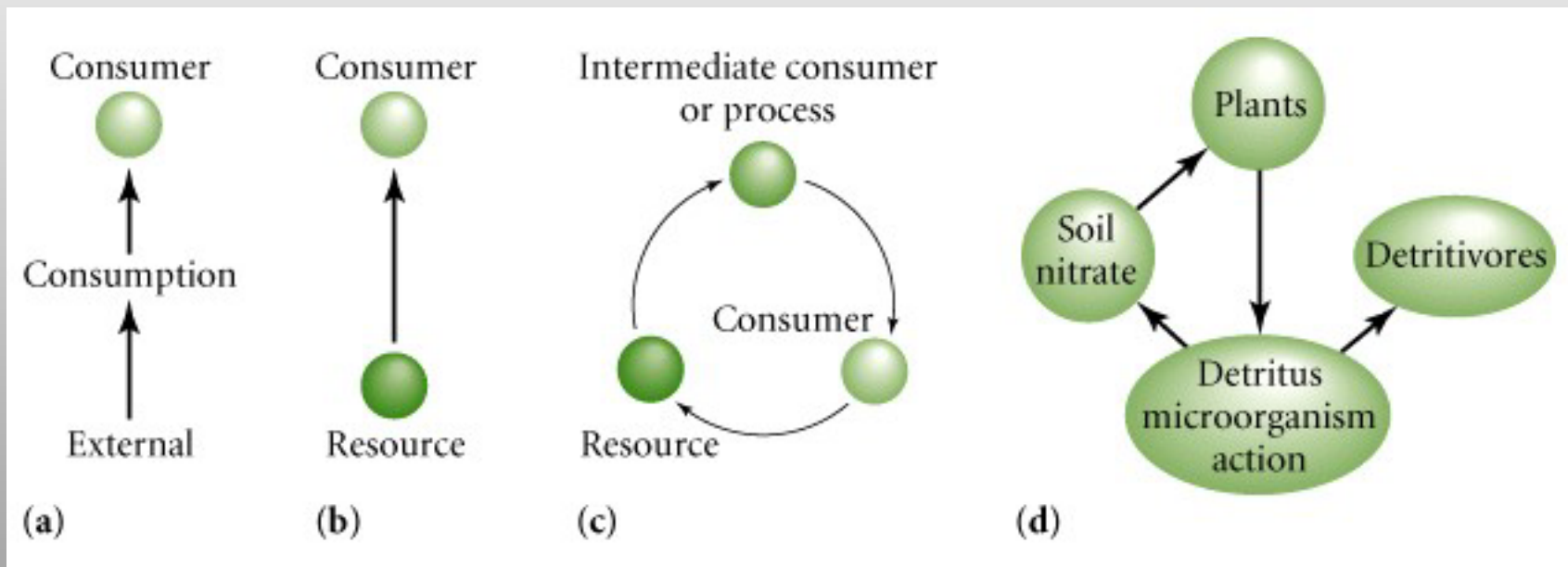
Definicija resursa

- Resurs je svaka supstanca, objekt ili faktor koji je organizmima potreban za njihov razvitak, rast i reprodukciju
- Korištenjem resursa od strane organizama, njihova se količina u okolišu smanjuje
- Dva najvažnija tipa resursa su hrana i prostor

Podjela resursa

- **Neobnovljivi resursi** – resursi koji su prisutni u ograničenoj količini koja se može u potpunosti konzumirati od strane konzumenta (npr. prostor)
- **Obnovljivi resursi** – resursi koji se stalno obnavljaju (npr. hrana)

Tri tipa obnovljivih resursa



Resurs potječe izvan sustava i izvan je utjecaja konzumenta (npr. sunčeva svjetlost)

Resurs se obnavlja unutar sustava i izravno je pod utjecajem konzumenta (npr. predator-plijen odnos)

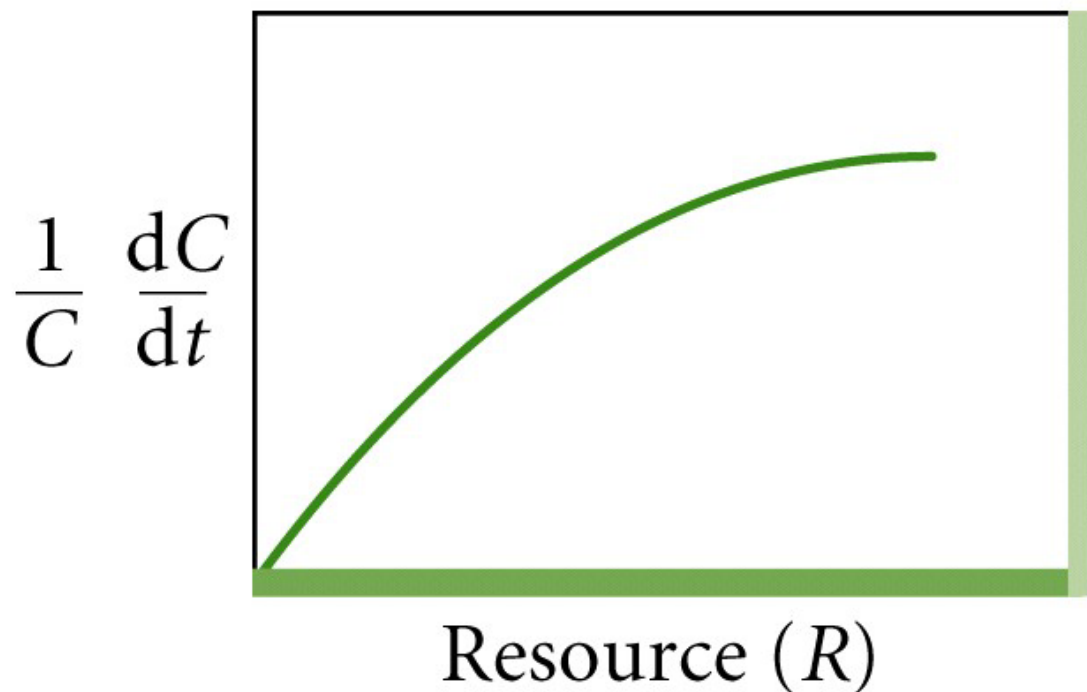
Resurs se također obnavlja u sustavu, ali su resurs i konzument neizravno povezani preko drugog konzumenta ili procesa

Kruženje dušika kao primjer za neizravnu vezu između resursa i konzumenta

Ograničavajući (limitirajući) resursi

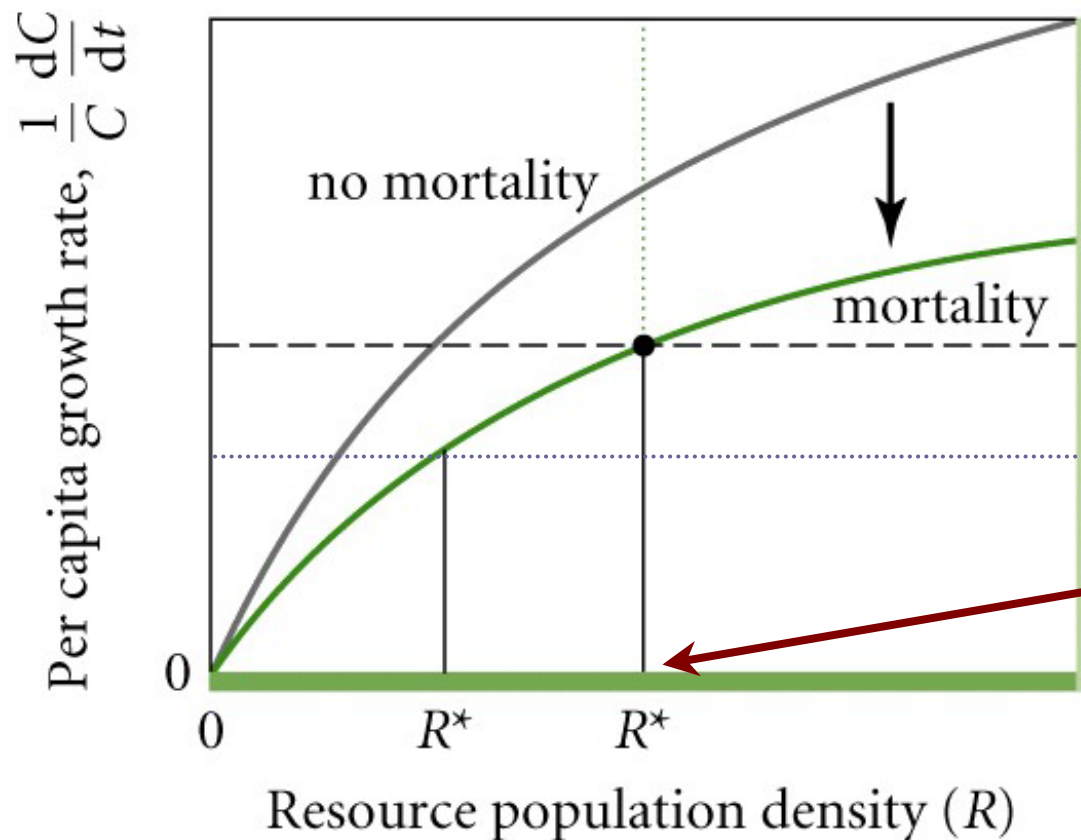
- **Ograničavajući resursi** – resursi koji ograničavaju populacijski rast, pri čemu njihov potencijal za ograničavanjem populacijskog rasta ovisi o relativnom odnosu raspoloživosti resursa prema potrebama koje organizmi imaju za tim resursom
- Taj je princip poznat kao **Liebigovo pravilo minimuma** (Liebig, 1840) prema kojem populacija raste sve dok količina nekog resursa ne padne ispod potreba organizama. Taj se resurs naziva **ograničavajući resurs**

Rast populacije kao funkcije količine ograničavajućeg resursa



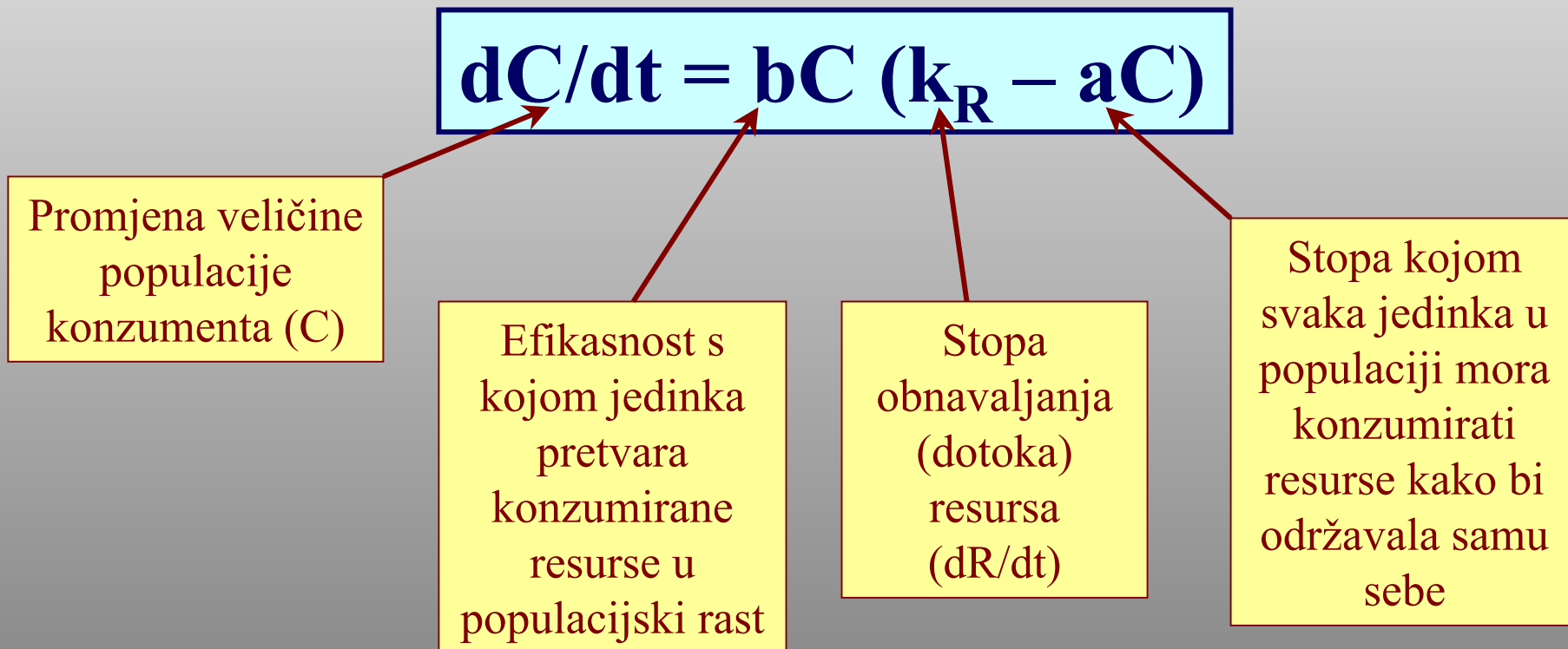
Individualna (*per capita*) stopa rasta populacije konzumenta (C) kao funkcija količine resursa (R). Kod visokih koncentracija resursa stopa rasta dostiže razinu zasićenja (drugi resursi ili faktori ograničavaju populacijski rast)

Kritična razina resursa (R^*)



Određena količina resursa potrebna je populaciji za svoje održanje i/ili da se nadoknadi postojeći mortalitet. Ona količina resursa kod koje se populacijski rast i mortalitet nalaze u ravnoteži naziva se **kritična razina resursa (R^*)**

Između resursa i konzumenata postoji dinamička veza koja slijedi logistički model



Ako se jednačba malo preuredi...

$$\mathbf{dC/dt = bk_R C (1 - aC/k_R)}$$

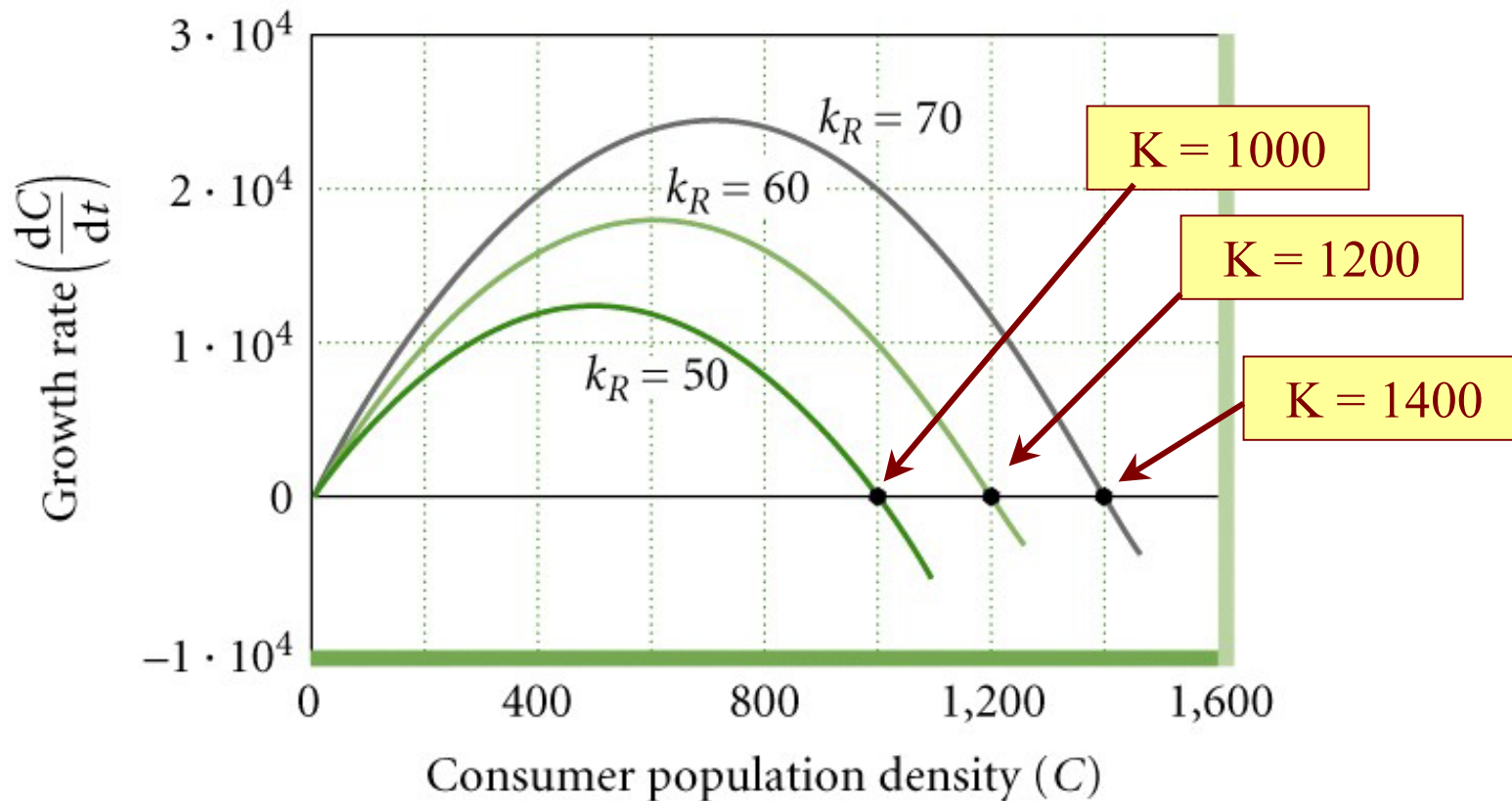
...ona dobiva formu logističke jednačbe...

$$\mathbf{dN/dt = rN (1 - N/K)}$$

...gdje je:

$$\mathbf{bk_R = r \ ; \ k_R/a = K}$$

Logistički rast populacije konzumenta za tri različite stope dotoka resursa (k_R).
U sva tri slučaja $b = 1$; $a = 0.05$. Povćanje dotoka resursa povećava nosivi
kapacitet okoliša ($K = k_R/a$)



Kada je resurs populacija organizama (kao u slučaju predator-plijen odnosa) tada je stopa obnavljanja resursa ovisna o gustoći

- **Promjena veličine populacije resursa:**

- Stopa rasta populacije resursa određena je razlikom između stope kojim se resursi obnavljaju u okolišu (kroz reprodukciju ili imigraciju) i efikasnosti s kojom konzumenti te resurse koriste

$$dR/dt = k_R - gCR$$

gdje je g efikasnost konzumiranja resursa

- **Promjena veličine populacije konzumenta:**

$$dC/dt = bR (1 - aC/R)$$

Ravnotežne veličine populacija resursa i konzumenata

- 1. Ravnotežna veličina populacije resursa:

$$dR/dt = k_R - gCR$$

$$dR/dt = 0 \text{ kada je } R^* = k_R/gC$$

- 2. Ravnotežna veličina populacije konzumenta:

$$dC/dt = bR (1 - a C/R)$$

$$dC/dt = 0 \text{ kada je } C^* = R/a$$

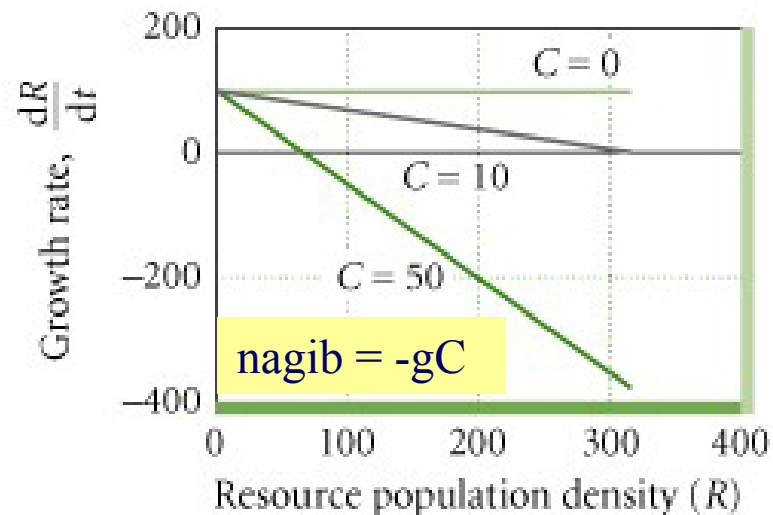
- 3. Zajednička ravnotežna vrijednost populacija resursa i konzumenta:

- Ako se $C = R/a$ uvrsti u jednadžbu za R , dobiju se ravnotežne vrijednosti:

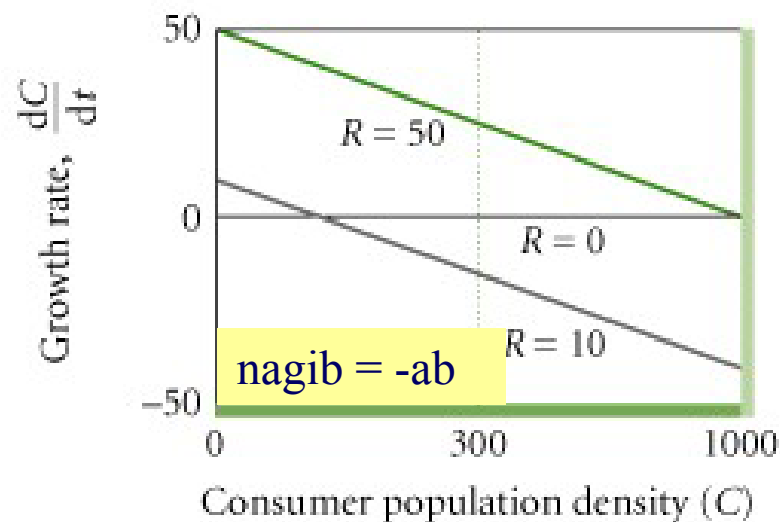
$$R = \sqrt{ak_R/g} ; C = \sqrt{k_R/ag}$$

- Na sjecištu ovih dviju linija nalazi se zajednička ravnotežna vrijednost populacija resursa i konzumenta

M. Šolić: Osnove ekologije



(a)



(b)

$$\frac{dR}{dt} = k_R - gCR$$

Stopa s kojom rast populacije resursa (R) opada s povećanjem populacije resursa povećava se s porastom populacije konzumenta (nagib pravca se povećava)

$$\frac{dC}{dt} = bR \left(1 - \frac{aC}{R}\right)$$

Stopa s kojom rast populacije konzumenta (C) opada s povećanjem populacije konzumenta ne mijenja se s porastom populacije resursa (nagibi pravaca su jednaki; pravci su paralelni), ali se porastom populacije resursa povećava ravnotežna vrijednost populacije konzumenta (veličina populacije konzumenta kod koje je $\frac{dC}{dt} = 0$)

Monodova jednađžba stavlja u odnos stopu populacijskog rasta s količinom resursa

Jacques Monod (1950) – francuski mikrobiolog

Stopa rasta
populacije
konzumenta

Količina resursa kod koje je stopa
rasta populacije konzumenta
jednaka $\frac{1}{2}$ od maksimalne

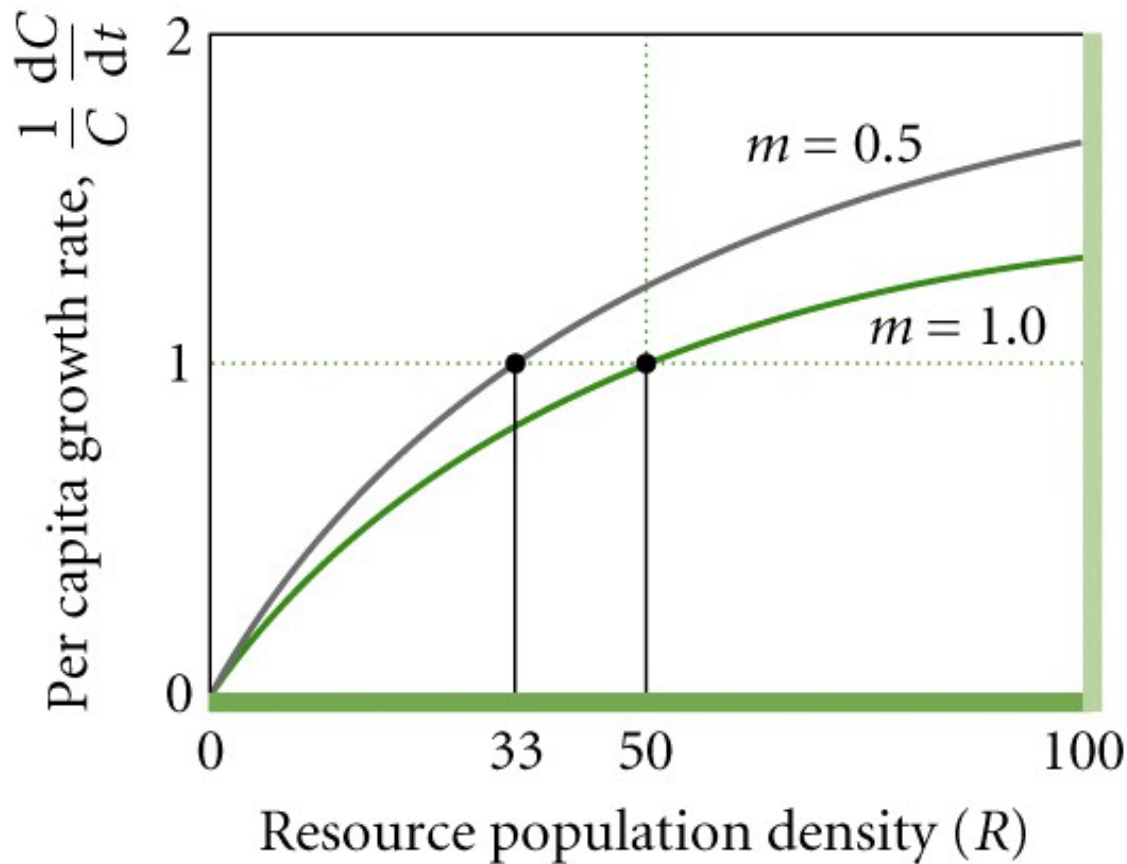
$$\frac{1}{C} \frac{dC}{dt} = \frac{(b-m)R}{(k + R)}$$

Individualna (*per capita*)
promjena veličine
populacije konzumenta

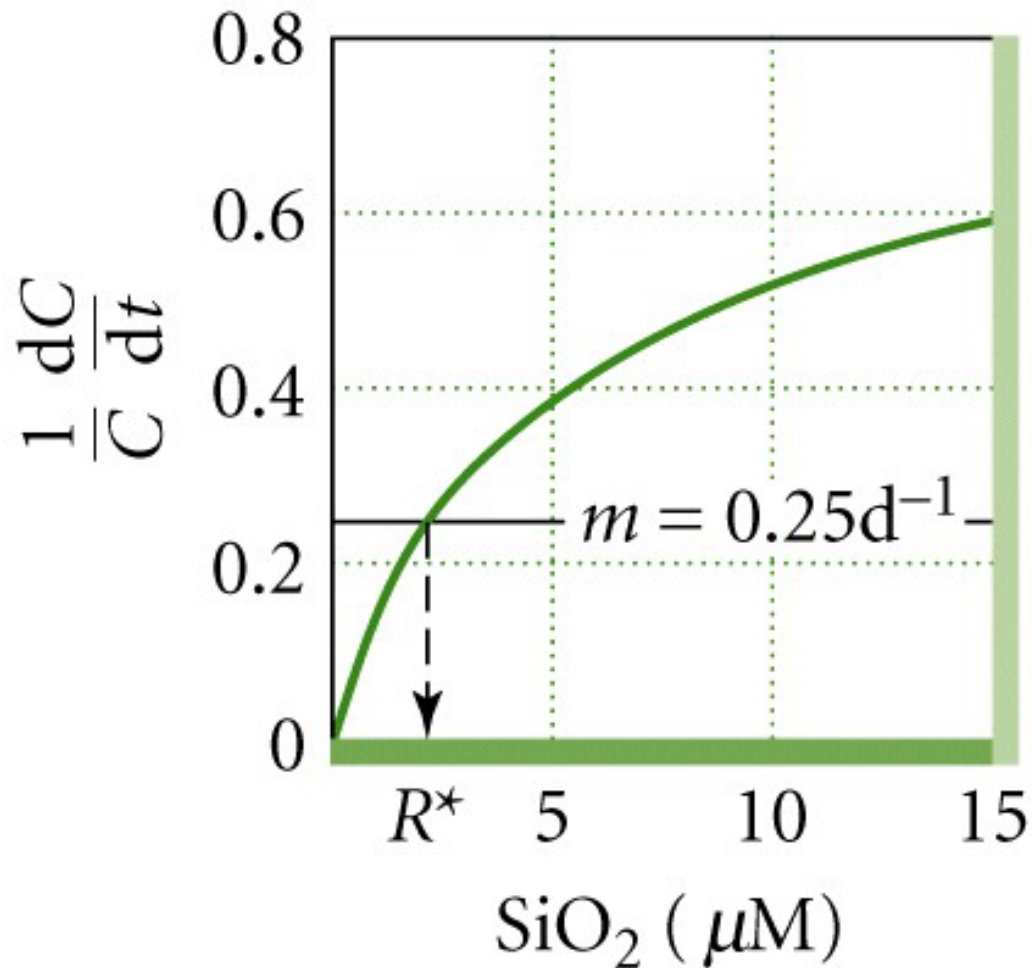
Stopa
mortaliteta
populacije
konzumenta

Količina
resursa

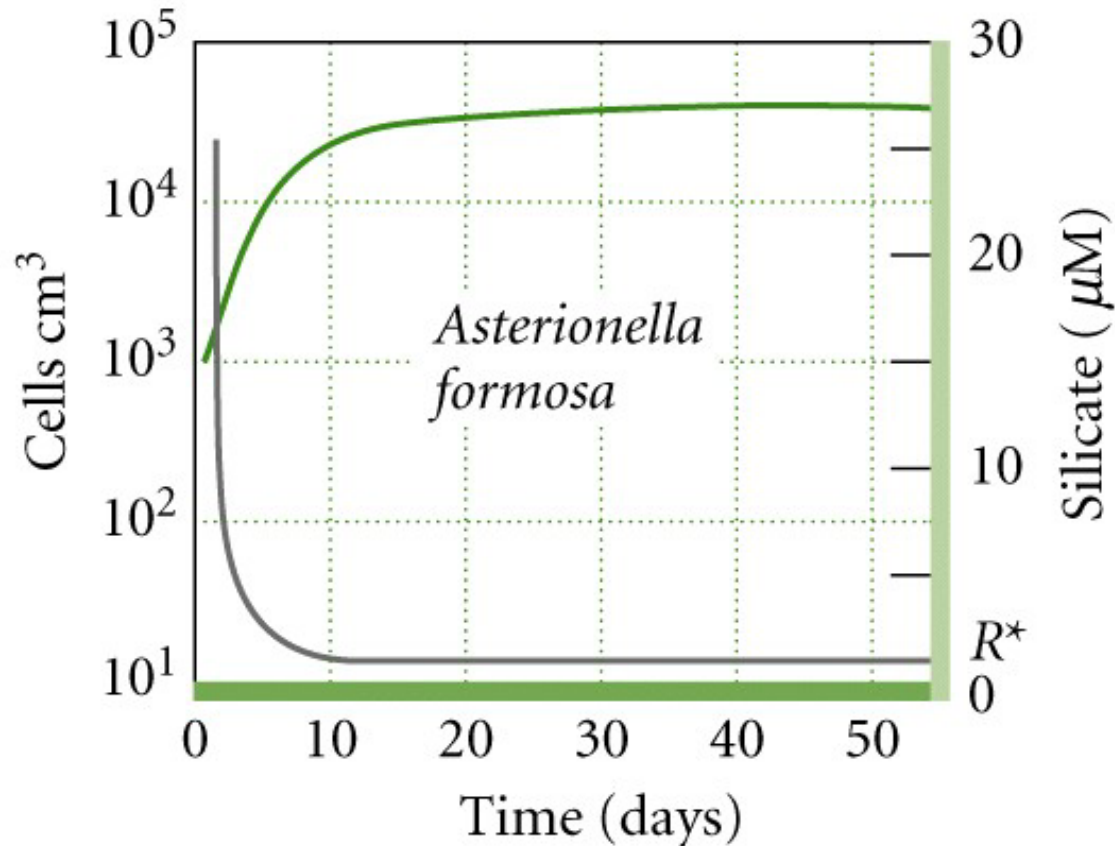
Utjecaj mortaliteta na rast populacije konzumenta prema Monodovoj jednadžbi



Kod niže vrijednosti mortaliteta kritična razina resursa je manja, a stopa rasta populacije konzumenta veća

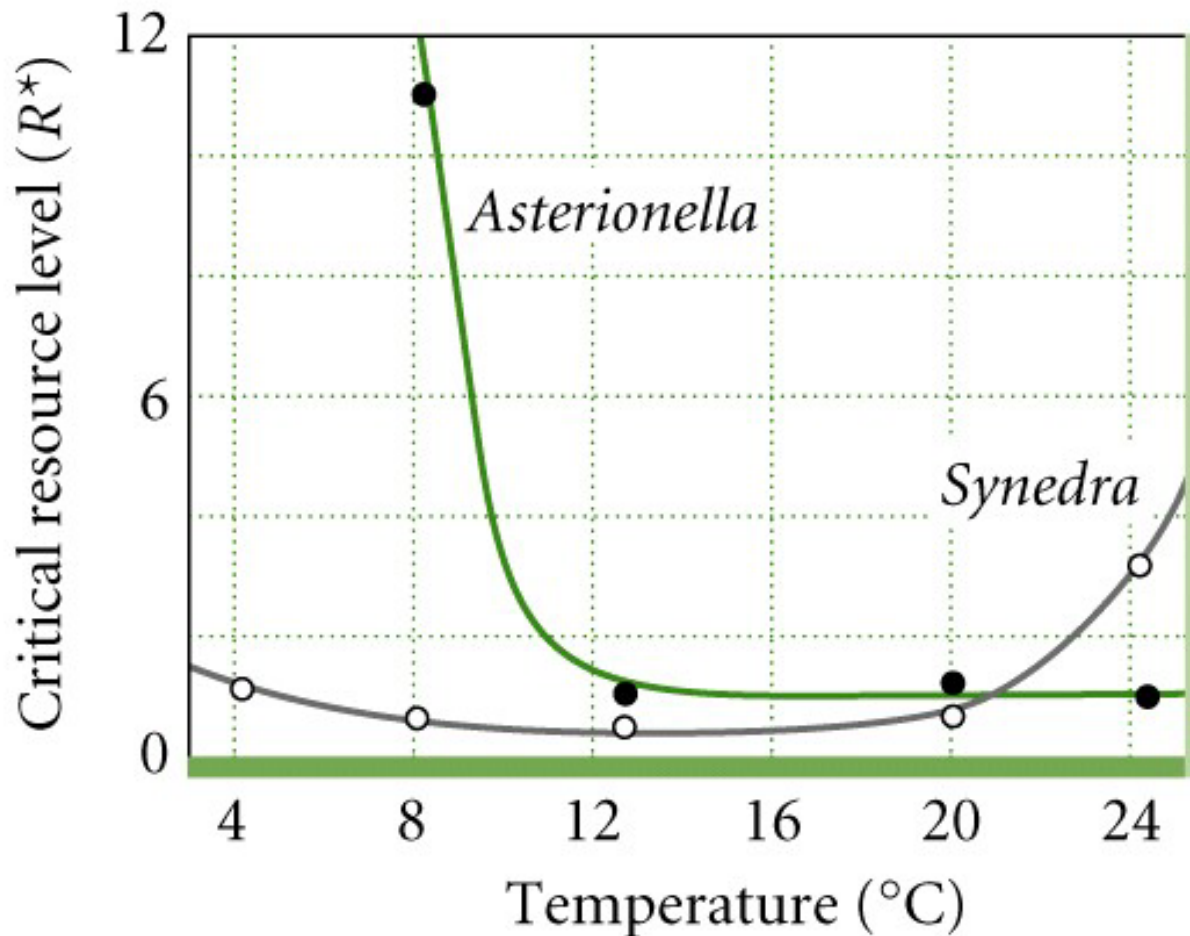


Rast populacije
dijatomeje
Asterionella formosa
u ovisnosti o
koncentraciji silicija



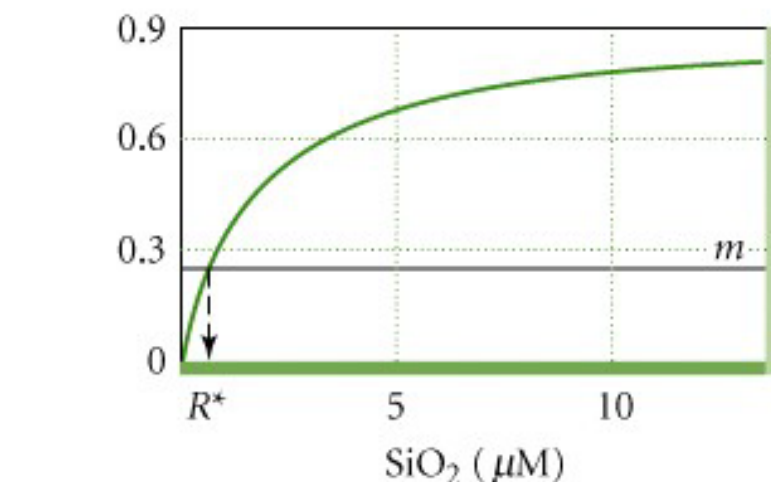
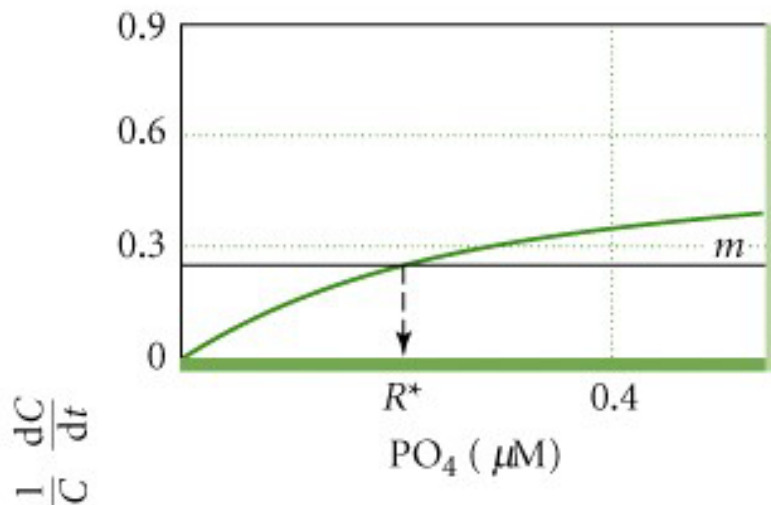
Rast populacije
dijatomeje i
istovremeno
opadanje
koncentracije silicija
u okolišu
(eksperiment u
kemostatu)

Kritična razina resursa ovisi o uvjetima u okolišu



Ovisnost kritične razine silicija o temperaturi za dvije vrste dijatomeja. *Synedra* je superiorni kompetitor jedino na temperaturama iznad 20°C

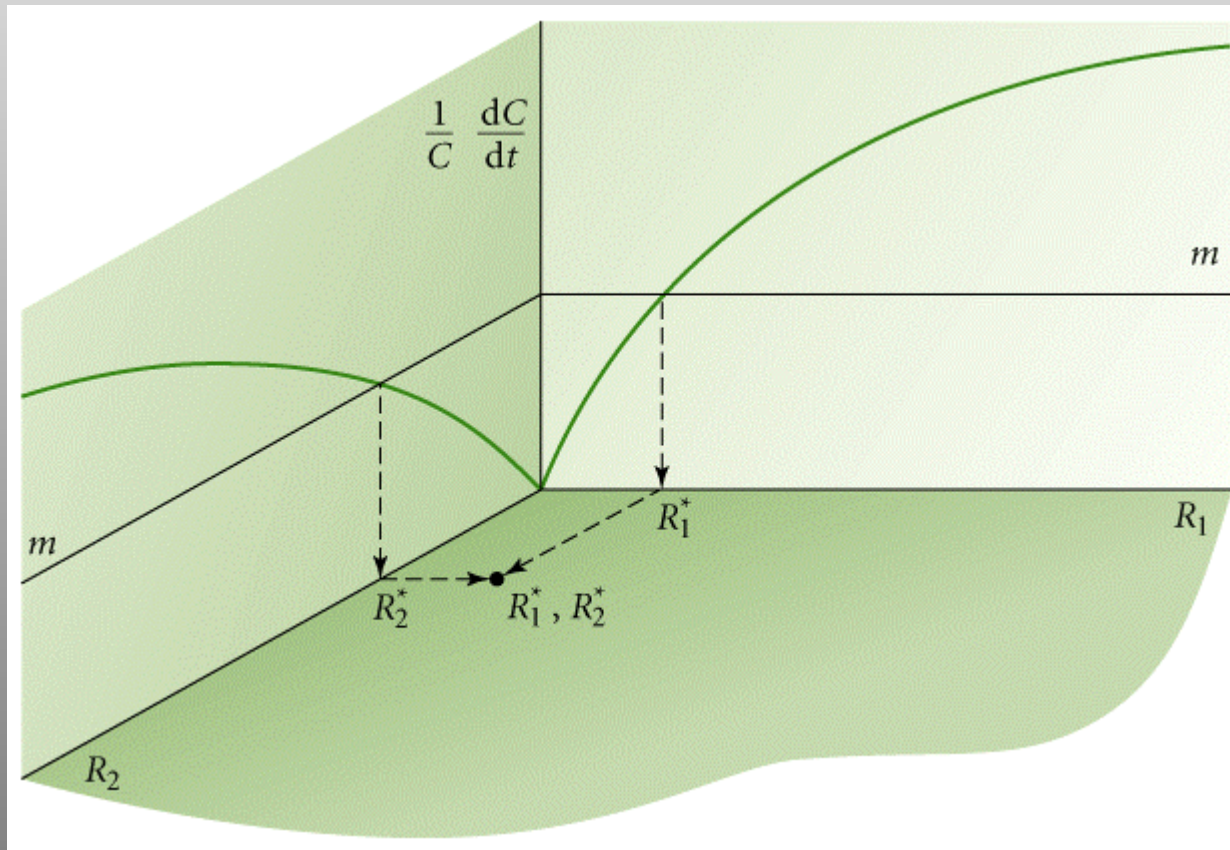
Veličinu populacije konzumenta mogu istovremeno ograničavati dva ili više resursa



Rast populacije je jedinstveni odgovor na razinu svih resursa o kojima rast ovisi

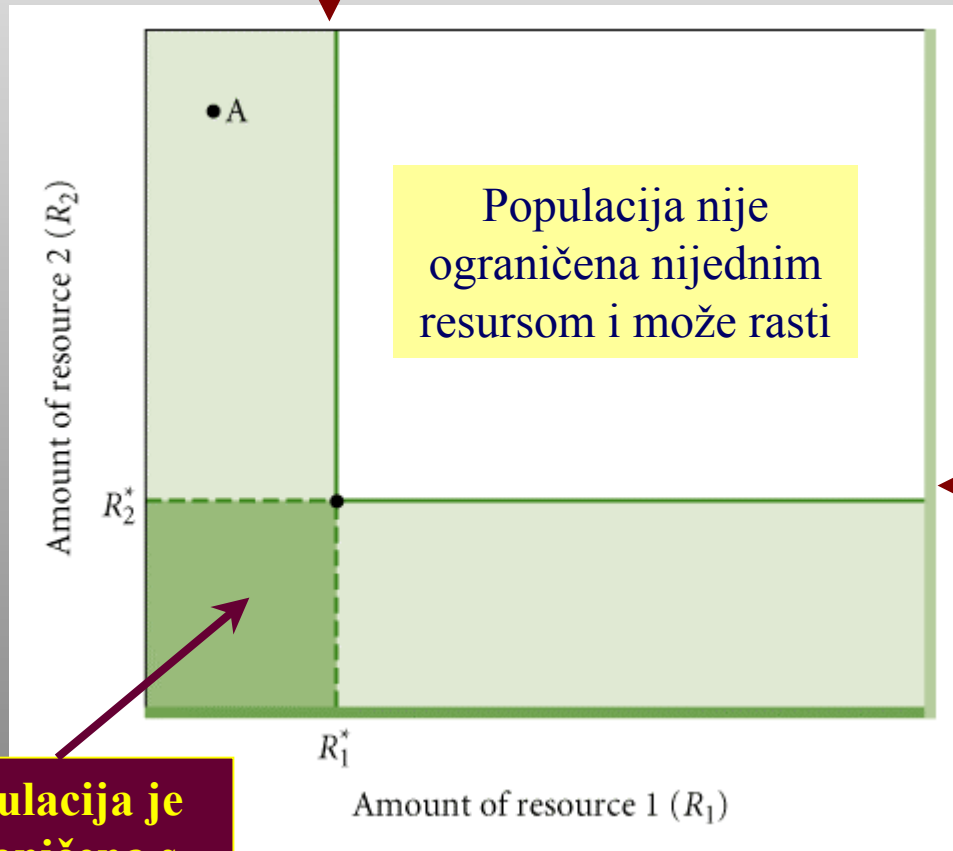
Kritične razine fosfora i silicija za rast dijatomeje *Cyclotella meneghiniana*. Kritična razina fosfora iznosi $0.2\mu\text{M PO}_4$, a silicija $0.6\mu\text{M SiO}_2$

Ako rast populacije istovremeno ograničavaju dva resursa, rast će biti ograničen onim resursom koji bude prvi reduciran na njegovu kritičnu razinu (R^*)



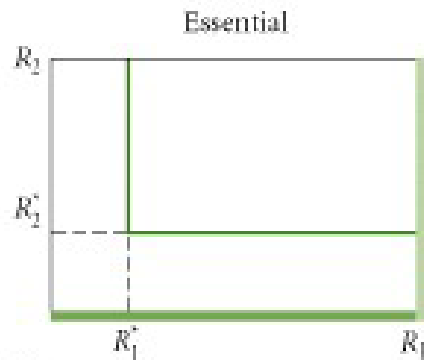
M. Šolić: Osnove ekologije

Lijevo od ove crte
populacije je
ograničena prvim
resursom (R_1)

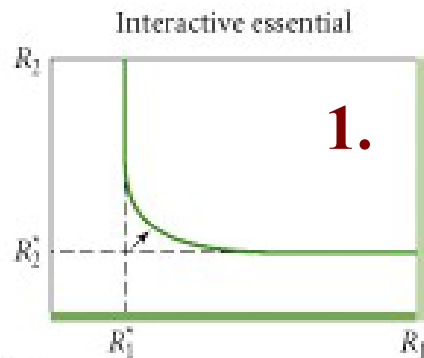


Interakcije između resursa

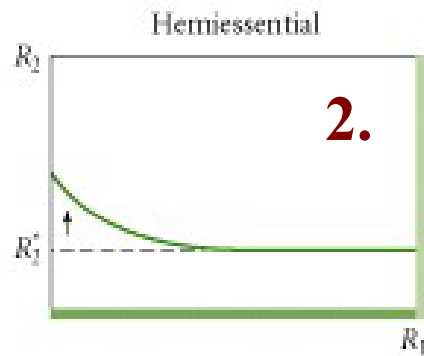
- Resursi koji ograničavaju populaciju neovisno o drugim resursima nazivaju se **esencijalni resursi** (u tom slučaju nema interakcije)
- Međutim, dva ili više resursa mogu biti u interakciji što znači da će stopa rasta populacije kod određene razine jednog resursa ovisiti o razini jednog ili više drugih resursa
- Tilman (1982) je razlikovao nekoliko tipova interakcija između resursa:



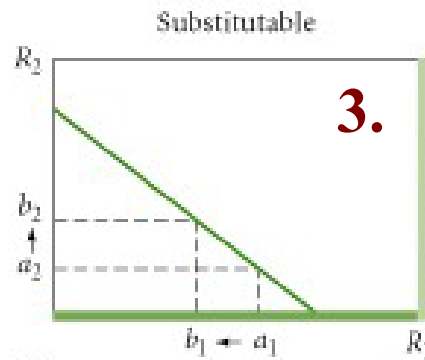
(a)



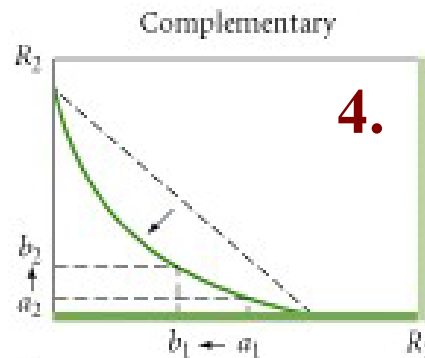
(b)



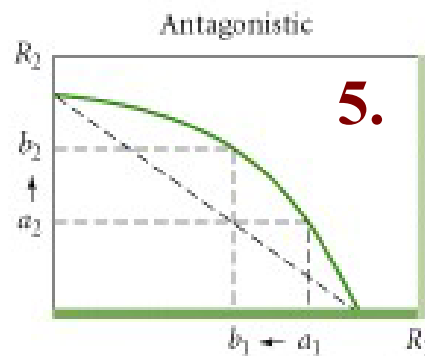
(c)



(d)



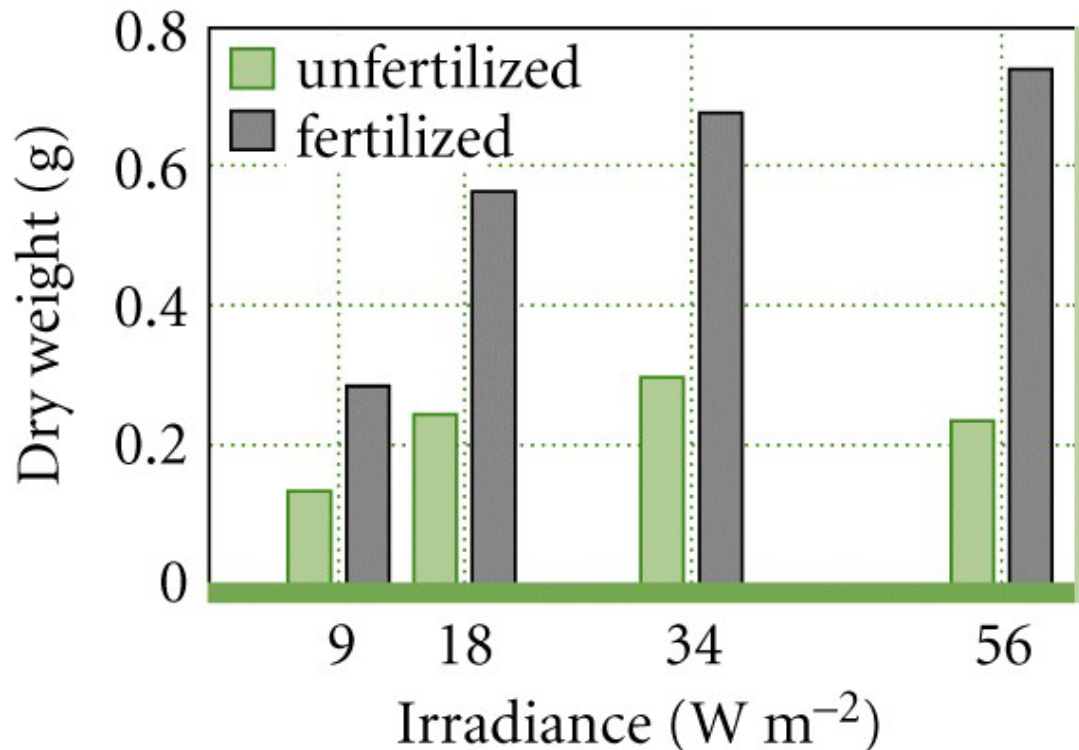
(e)



(f)

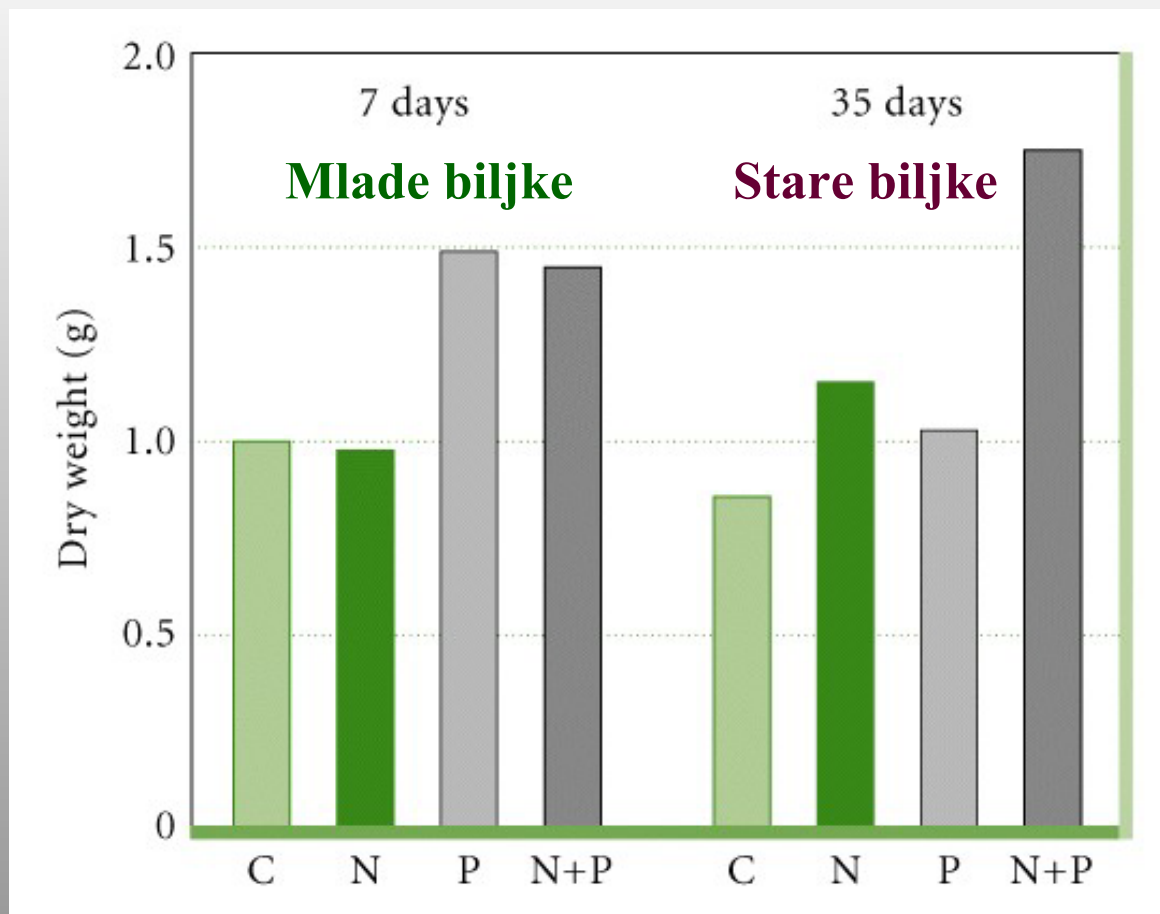
- 1. Uzajamno esencijalni resursi** – kako se jedan resurs približava kritičnoj razini (R^*), konzument treba sve više drugog ograničavajućeg resursa
- 2. Hemiesencijalni resursi** – neograničavajući resurs utječe na kritičnu razinu esencijalnog resursa
- 3. Zamjenjivi resursi** – jedan resurs može biti zamijenjen drugim (njegova se vrijednost može spustiti ispod kritične razine ukoliko ga zamijeni drugi resurs)
- 4. Komplementarni resursi** – mala količina jednog resursa može zamijeniti veliku količinu drugog (sinergističko djelovanje)
- 5. Antagonistički resursi** – za zamjenu jednog resursa treba velika količina drugog

Sinergističko djelovanje resursa



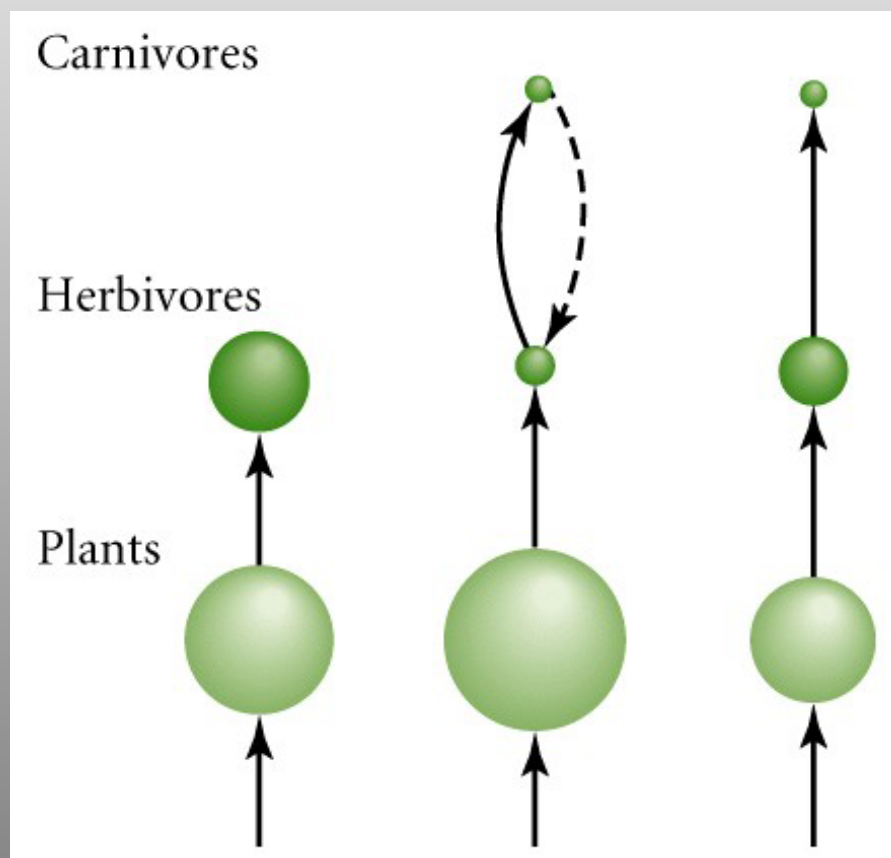
Kada porast dvaju resursa uzrokuje povećanje rasta populacije konzumenta više nego što je zbroj povećanja rasta pod utjecajem pojedinačnih djelovanja svakog od resursa, tada kažemo da resursi djeluju sinergistički (grčki: *syn* = zajedno; *ergon* = raditi)

Sinergističko djelovanje inteziteta svjetla i količine hranjiva na rast biljke *Impatiens*. Povećanje inteziteta svjetla imalo je za rezultat veće povećanje rasta kod onih biljaka kojima su dodavana hranjiva nego kod onih kod kojih to nije bio slučaj



Sinergističko djelovanje dušika i fosfora na rast biljke *Impatiens*. Dušik nije ograničavajući resurs kod mladih biljaka. Kod starijih biljaka dušik i fosfor imaju sinergističko djelovanje

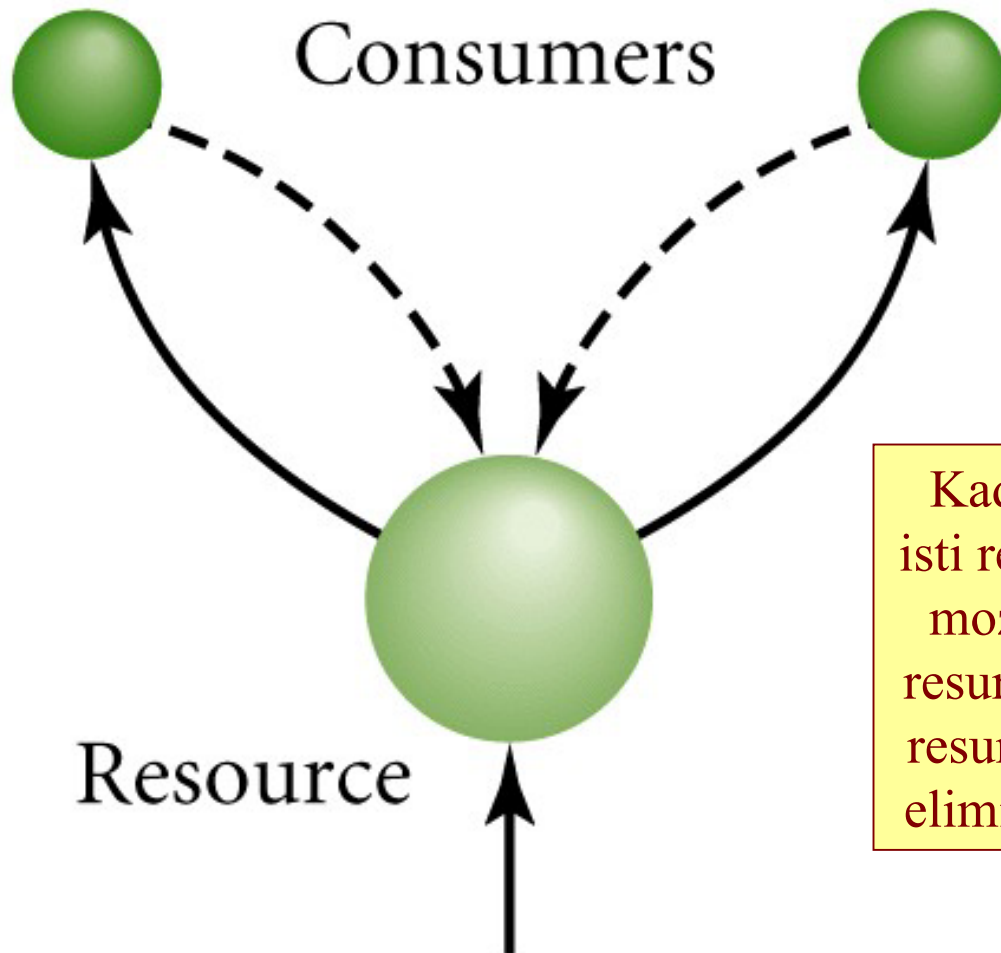
Konzument-resurs sustavi mogu uključivati više od dva resursa ili više od jednog konzumenta



Hranidbeni lanci sa i bez treće trofičke razine (karnivora)

U primjeru u sredini karnivori održavaju veličinu populacije herbivora na nižoj razini što za posljedicu ima porast populacije biljaka (u primjeru desno to nije slučaj)

**Dva konzumenta mogu dijeliti
isti resurs**



Kada dva konzumenta dijele isti resurs, onaj konzument koji može opstati kod niže razine resursa (kojemu kritična razina resursa ima nižu vrijednost) će eliminirati drugog konzumenta