

**Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem  
Természettudományi és Művészeti Kar - Kolozsvár**

# **Általános ökológia**

**Egyetemi jegyzet**

Nyomtatóbarát változat – az előadások diáinak szövegével

Belső használatra

**Urák István**

**Kolozsvár, 2007**

# Ökológia

## Az ökológia története, tárgya és helye a biológiai tudományok rendszerében

### Az ókori elődök:

#### **Konfuciusz** (i. e. 551–497):

- a földterület és a népességszám közötti  
“ideális” arány biztosításának szükségessége
- az “ideális arány” bármilyen irányú jelentős megváltoztatása a népesség elszegényedéséhez vezet,
- az állam feladata olyan tudatos beavatkozás, amely az “egyensúly” kialakulását és fenntartását szolgálja.

#### **Platón** (i.e. 427–343): “első populációbiológus”,

- populációk elméletével is foglalkozott.
- a népesség számát a rendelkezésre álló földterülethez kell igazítani.
- a túlszaporodás szegénységet, lázadást, bajt okoz.

#### **Arisztotelész** (i.e. 384-322):

- a pestisjárványokat az egerek és a sáskák túlszaporodásával magyarázta

#### **Theophrastos** (i.e. 370-286):

- botanikai megfigyelések: mintegy 480 növényt osztályozott morfológiai tulajdonságok alapján,
- az élőlények közötti, valamint az élőlények és környezetük közötti kölcsönhatásokat írta le.

### Alkalmazott ökológia gyökerei:

- Az ősi Kínában az *Oecophylla smaragdina* hangyafajt citrus ültetvényekre telepítették rovarkártevők ellen.

## **Első demográfusok és populációbiológusok**

### **Niccolo Machiavelli (1469-1527):**

- politikus, filozófus, író, de demográfiai problémákkal is foglalkozott.
- a földi társadalom tökéletességének megvalósítása,
- a népesség számának jelentős változása társadalmi zavarokat okozhat.

### **John Graunt (1662):**

- természeti és politikai megfigyelések a halálozási jegyzékek alapján
- londoni halálozási és születési statisztikák alapján kiszámította az emberiség számának kétszerezési idejét (64 év)
- Ádám & Éva (i. e. 3948) utódai 1662-ben 200 millió ember/cm<sup>2</sup>

### **Sir William Petty (1683):**

- Graunt számítása hibás,
- nem számolt az özönvízzel ( $t_0=2700$  i. e.,  $N_0=8$ ).

### **Thomas Malthus (1798):**

- „*Tanulmány a népesedés törvényéről*”
- exponenciális növekedés elmélete

### **Pierre-Francois Verhulst (1838, 1845)**

- belga statisztikus,
- egerek és vénkisasszonyok populáció-dinamikája.

## **A geográfia és biológia közeledése:**

### **Buffon (1707—1788 francia):**

- állatvilág elterjedésére tett általánosítások (biogeográfia & “ökológiai geográfia”)

### **Willdenow (1765—1812):**

- klíma és a vegetáció összefüggése.

**Alexander Humboldt** (1769—1859): porosz geográfus,

- IV.Károly spanyol király szponzorálta,
- hatalmas növényzeti anyagot gyűjtött főleg D-Amerikából.
- növényzeti formációk és növényasszociáció fogalma.

**Warming** (1841—1924, dán):

- az első növényökológus.

### **A közösségi ökológia megalapozása**

**Grisebach** (1838, német):

- növények és állatok integrált közösségeket alkotnak.

**K. Möbius** (1877, német): botanikus,

- a biocönózis fogalmát vezette be.

**Forbes** (1887, amerikai):

- hidrobiológia alapjai.

**Merriam** (1890):

- a zonációk felismerése.

### **Darwin hatása:**

- a környezeti hatás,
- a természetes szelekció,
- elemi kölcsönhatások („létért való küzdelem”).

**Ernst Haeckel** (1834-1919):

- Darwinista német zoológus,
- az ökológia szó megalkotója: „a természet háztartásának tana”.  
(oikos – lakóhely, logos - tudomány).

1870: a természet háztartására vonatkozó ismeretek, az állatok mindenféle viszonyulása szerves és szervesetlen környezetükhöz.

1879: az élőlények egymáshoz fűződő kapcsolatait tanulmányozó diszciplína  
(1866: autökológia; 1879: szünökológia)

1899: „... az élő szervezetnek a külső világhoz való viszonyával foglalkozik: lakóhelyükkel, szokásaikkal, élettársaikkal, ellenségeikkel, élősködőikkel...1866-ban már azt ajánlottam, hogy a biológiának ezt a külön ágát háztartástannak (ökológia) vagy bionómiának nevezzük el...”

### **Az ökológia Haeckel után**

**Cowles** (1899):

- az ökológia a növények és környezetük kölcsönös kapcsolatát vizsgálja.

**Entz** (1907):

"Az állatok külvilághoz való viszonyának élettanával a háztartástan vagy életmódotan (oekológia) foglalkozik...”,

**Elton** (1927):

"Az ökológia egy nagyon régi tárgy új neve.  
Egyszerűen tudományos természetrajzot jelent."

**Odum** (1963):

A természet struktúráját és funkcióját vizsgáló tudomány.

**Odum** (1972):

Az ökológia... a biológiai, fizikai, kémiai és társadalomtudományokat is összekapcsolja.

**Krebs** (1972):

Az ökológia azon kölcsönhatások tudományos vizsgálatát jelenti, amelyek meghatározzák az élőlények elterjedését és gyakoriságát.

**McNaughton és Wolf** (1973):

A szervezetek és környezetük közötti kölcsönhatás tudományos vizsgálata.

**Poole (1974):**

A természetrajznak egy elegáns megnevezése.

**Ricklefs (1978):**

Az növények és állatok tanulmányozása, az egyedeiké, azok populációi és együtteseiké, környezetükkel való kapcsolatukban.

**Pianka (1983):**

Az ökológia... az élő szervezetek kapcsolatát vizsgálja az azokat befolyásoló vagy azok hatása alatt álló fizikai valamint biológiai faktorokkal.

**Begon, Harper és Townsend (1986):**

Az „organizmusok elterjedése és gyakorisága” kielégítő. Három szinttel, egyedi organizmussal, populációval és közösségekkel foglalkozik.

**Dodson (1998):**

Szervezetek vagy szervezetcsoportok kapcsolatainak, elterjedésének és denzitásának a tanulmányozása egy adott környezetben.

**Price (1984):**

Az ökológia a témakörök széles választékát fedi le, a molekuláris tulajdonságoktól az egyedi, a populációs, a közösségi és ökoszisztéma szintű struktúrákig és funkcióig.

**Modellezők, kísérletezők és teoretikusok:**

**Volterra (1924)** olasz matematikus és **Lotka (1925)** amerikai kémikus:

- populációk és azok interakcióinak modellezése.

**Winsor (1932, 1933):**

- a populációk (pl. növekedési görbék) és interakciók modellezése.

**Gause (1934):**

- a kísérletes ökológia egyik megteremtője  
(pl. *Paramecium* kísérletek).

**Howard & Fiske (1911):**

- populációk regulációja (katasztrofális és fakultatív faktorok elmélete)

**Nicholson (1930-as évektől):**

- a populációk autoregulációja és a *density dependence* teória.

**Nicholson & Bailey (1936):**

- parazitoid-gazda differencia egyenlet.

**Andrewartha & Birch (1954):**

- Nicholson-iskola kritikája.

**Milne (1963):**

- a két elmélet szintézisét kísérelte meg.

**A modern közösségi ökológia alapozói:**

**Braun-Blanquet (1928):**

- Zürich—Montpellier-i növénytársulási iskola az általunk is használt cönológia megteremtője (híres magyar képviselője **Soó Rezső** volt).

**Du Rietz:**

- skandináv iskola, alapja a szociáció.

**Balogh János (1953):**

- zoocönológia alapjai, úttörő munka.

**Elton (1927):**

- a táplálkozási hálózatok jelentőségére hívta fel a figyelmet.

**Cohen (1978) & Pimm (1982):**

- munkája jó áttekintést nyújt a problémaköréről.

**Szelényi** (1956, 1957):

- táplálkozási hálózatokon alapuló állattársulástani kategóriarendszer.

**Jermy & Szelényi** (1956):

- első részletes hálózat.

### **A produkcióbiológia és az IBP:**

**Birge & Juday** (1930):

- hidrobiológusok.

**Bornebusch:**

- dániai bükkösök talajfaunája.

**Lindeman** (1942):

- az ökológiai energetika alapjai.

**Gere** (1950-es évektől):

- a magyar produkcióbiológia úttörője.

**Tansley** (1935):

- ökoszisztéma fogalmának megalkotója.

Az '50-es években ismerték fel először széles körben a környezeti krízist, ebben nem kis szerep jutott az **Odum** fivérek, főleg **E. P. Odum** (1961, 1963, 1972 stb.) munkásságának.

**IBP** (International Biological Program - Nemzetközi Biológiai Program, 1962-”1972”): A világ környezeti, élelmiszer- és energiaellátási problémáinak megoldásához az életközösségek (ahogy akkoriban nevezték az ökoszisztémák) anyag- és energiaforgalmi valamint produkcióbiológiai kutatásával járulhatnak hozzá.



## **Újabb elméleti irányok:**

### **Hutchinson:**

- niche-elmélet.

### **MacArthur:**

- elméleti ökológia, főleg evolúcióbiológia megalapítója.

### **May:**

- MacArthur követője, modern elméleti ökológus  
(niche, kompetíció, életmenet-stratégiák, izolátumdinamika).

### **Lorenz, Tinbergen & von Frisch:**

- etológiáért Nobel-díj.
- az ökológia és evolúcióbiológia határterületeként létrejött a viselkedésökológia.

### **Wilson (1975):**

- szociobiológia, a társas viselkedés elmélete.

### **Juhász-Nagy Pál (1935-1993) operativizálási kísérlete**

**PopulációCentrikus Posztulátum [PCP]:** az ökológust a populációk egzisztenciális és koegzisztenciális feltételei érdeklik.

**Centrális Hipotézis [CH]:** bárhol, bármikor, bármilyen populáció a természetben bármilyen mennyiségben megtalálható.

**Centrális Tény [CT]:** a [CH] hamis.

**Centrális Probléma [CP]:** → alapkérdések

**(1) Deviációs Alapkérdés [DA]:** milyen mértékben? **Szümfenobiológia**

**(2) Kényszerfeltétel Alapkérdés [KA]:** miért? **Ökológia**

**(1) + (2) = Szünbiológia**

**Szünfenobiológia:** a szupraindividuális biológiai szerveződés jelenségeivel foglalkozó tudomány (pl. biogeográfia, cönológia, populációdinamika, populáció-genetika, biotika: florisztika és faunisztika stb.).

**Ökológia:** a szupraindividuális biológiai szerveződés jelenségeinek okait kutató tudomány.

**Szünbiológia** („ecology”): a szupraindividuális biológiai szerveződéssel foglalkozó tudomány.

### **Az MTA ökológiai bizottságának állásfoglalása:**

**Ökológia** - a biológiához, azon belül pedig az egyedfeletti (szupraindividuális) szerveződési szintekkel foglalkozó *szünbiológiához* tartozó tudományág.

Tárgya a populációkra és populációkollektívumokra hatást gyakoroló "ökológiai-környezeti" és az ezeket a hatásokat fogadó és ezekre reagáló "ökológiai-tűrőképességi" tényezők *közvetlen összekapcsoltságának* (komplementaritásának) vizsgálata.

Feladata azoknak a limitálással irányított (szabályozott és vezérelt) jelenségeknek és folyamatoknak (pl. együttélés, sokféleség, mintázat, anyagforgalom, energiaáramlás, produktivitás, szukceszzió stb.) a kutatása, amelyek a populációk és közösségek tér-időbeni mennyiségi eloszlását és viselkedését (egy adott minőségi állapothoz kapcsolható változásokat) *ténylegesen* okozzák.

Az ökológia tehát élőlényközpontú tudomány, művelése élőlényismeret hiányában nem lehetséges.

# Az ökológia alapelvei

## Komplementációs elv

Két egymást kiegészítő tényezőrendszer létezik:

- az élőlényekre hatóképesnek tekinthető tényezők,
- a fogadóképesnek tekinthető tényezők (külső, és belső tényezők).

A szünbiológiai vizsgálatokban sohasem használjuk egyszerre a környék összes tényezőjét. A következő ellentétes csoportosítás állhat fent:

### **A külső környezet: milió, milióspektrum és exterior komplexum:**

- exterior komplexum: hatóképesnek tekinthető tényezők
- milióspektrum: hatóképesnek minősíthető tényezők
- ökológiai környezet: egy vagy kevés, közvetlenül felelős tényező

### **Tolerancia, toleranciaspektrum, interior komplexum:**

- interior komplexum: fogadóképesnek tekinthető tényezők
  - toleranciaspektrum: fogadóképesnek minősíthető tényező
  - tűrőképesség vagy tolerancia: közvetlenül felelős tulajdonság

## Az általános indikáció elve

Az ökológiai indikáció a környezet tényleges hatásaira adott jelzés.

A populációk és populációkollektívumok jelzik a tér- és időbeni eloszlásukban szerepet játszó, ténylegesen ható tényezőket.

Indikáció (jelzés): maga a jelzés.

Indikátor (jelző): az ami jelez.

Indikátum (jelzett): populációk és populációkollektívumok tér-időbeni tömegeloszlási (szünfenobiológiai) sajátosságai (indikátormintázat).

Indikandum (jelzendő): a mintázatok létrejöttéért és változásaiért felelőssé tehető okok, amire a jelzés vonatkoztatandó (háttérmintázat).

## **A plurális és multiplurális környezet elve**

Minden élőlényközösség különböző tulajdonságait más-más környezeti faktorok befolyásolják.

Vagyis az életközösségekhez számos ökológiai környezet rendelhető hozzá, a cönózis más-más elemeire, elemcsoportjaira ugyanabban az időpontban más-más környezet hat.

Ugyanaz a környezet másképp hat egyik és másik populációra:

- egyiknek lehet ökológiai környezete, másiknak genetikai környezete

*Az élőlények a környezet más-más elemeire "figyelnek".*

## **A limitációs elv**

Az élőlényekre a környezeti tényezők nem külön-külön, hanem egyidőben, együttesen szinergizmusban hatnak.

Közülük bármelyik, amelynek értékei elérik, vagy meghaladják a szervezet túróképességének határait, korlátozó tényezővé válik az élőlény adott szituációban való előfordulása vagy életműködése szempontjából.

Ilyen limitáló tényezők: a víz, a fény, a hő, a tápanyagok stb., amelyeknek mennyisége és minősége:

- meghatározzák az élőlények elterjedését.

# A populációk karakterisztikái

## A populáció fogalma

### **Pearl (1930):**

- Ugyanazon faj egyedi organizmusainak egy korlátozott és meghatározott világban együttélő csoportja.

### **Park (1948):**

- Egy ugyanazon régióban vagy egy területen együttélő összes organizmus.

### **Schwerdtfeger (1956):**

- Egy faj egyedeinek összessége egy helyen.

### **Schwerdtfeger (1963):**

- Lokálisan meghatározott homotipikus egyedközösség.

### **Mayr (1967):**

Természetes népesség, melynek egyedei ténylegesen vagy potenciálisan egymással kereszteződnek, de szaporodás tekintetében elkülönülnek más hasonló népségektől.

### **Wilson (1975):**

Azonos fajhoz tartozó egyedek csoportja, amely egy időben él és meghatározott teret foglal el.

### **Smith (1992):**

Egy helyen és egy időben együttélő, egymással kapcsolatban levő, hasonló egyedek csoportja.

### **Stiling (1992):**

- Egyetlen faj egyedeinek csoportja.

**Ives (1998):**

- Valamely területet elfoglaló faj egyedeinek csoportja.

**MacArthur & Connell (1966):** nincs definíció (populációbiológiai könyv!)

**Ricklefs (1973):**

- nincs definíció (ökológiai tankönyv)

**Ricklefs (1978):**

- nincs definíció (ökológiai tankönyv)

**Pianka (1984):**

- nincs definíció (evolúcióökológiai tankönyv)

**Begon & Mortimer (1986):**

- nincs definíció (populációökológiai tankönyv!)

**Begon et. al. (1986):** nincs definíció (ökológiai tankönyv)

Populáció: „*természetes szaporodási közösség*”

→ a populáció a SIO alapegysége és alkotórésze

pl. vonuló pajzsoscankó csapat?

Populáció: „*egy fajhoz tartozó, együtt élő egyedek halmaza*”

pl. pajzsoscankó csapatba keveredett más cankófajok?

fecskefarkú lepke hernyója és imágója?

**Juhász Nagy-Pál:**

A populáció valamely statisztikai döntés alapján esszenciálisan azonosnak minősülő egyedek halmaza.

A populáció egy alkalmasan megadott bióta egy eleme

([OTU] – „operational taxonomic unit“)

### **Magyar Tudományos Akadémia Ökológiai Bizottsága:**

Populáció („népesség”) - az élővilág egyedfeletti szerveződésének szerkezeti és működési alapegysége, valamely szünbiológiai vizsgálati szempont szerint azonosnak tekinthető élőlényközösség (pl. tényleges szaporodási közösség).

Populáció létének feltétele: egyedek közötti kölcsönhatás (interakció).

Annak az esélye, hogy egyik egyed kapcsolatba kerül egy másik egyeddel a populáció stabilitásának tényezője.

Ez pedig az egyedek számának a függvénye, a populációt alkotó egyedek számától függ.

Eleméletesen lehetséges kölcsönhatások száma:  $N(N-1)$

$N$  – populációt alkotó egyedek száma

A tényleges kapcsolatok száma jóval kisebb lesz.

### **A populációt alkotó egyedek száma:**

$$\Delta N = B - D + I - E$$

$\Delta N$  – az egyedszám változása,

$B$  – születő egyedek,

$D$  – elhalálozó egyedek,

$I$  – bevándorló (immigráló) egyedek,

$E$  – kivándorló (emmigráló) egyedek.

Natalitási ráta:  $R_n = n/N$  (vagy egy etalon számhoz viszonyítva)

- biológiailag adott natalitási ráta,

- ökológiailag megvalósuló natalitási ráta.

Mortalitási ráta:  $R_m = m/N$  (vagy egy etalon számhoz viszonyítva)

- fiziológiai mortalitás,

- ökológiai mortalitás.

## Egyedsűrűség

A denzitás (abundancia) a populáció tagjainak téregységre (területre vagy térfogatra) vonatkoztatott sűrűsége.

Becslése: mintavétellel

### 1. Közvetlen becslés

#### 1.1. Abszolút becslés

##### 1.1.1. Teljes körű minta

##### 1.1.2. Reprezentatív minta

###### 1.1.2.1. Egyszerű véletlen mintavétel

###### 1.1.2.2. Rétegezett véletlen mintavétel

#### 1.2. Relatív becslés.

### 2. Közvetett becslés.

## Fogás, megjelölés és visszafogás módszere

$$N = a \times b / c$$

N = populáció nagysága (populációt alkotó egyedek száma);

a = megfogott, megjelölt és szabadonengedett egyedek száma;

b = visszafogott egyedek száma;

c = visszafogott megjelölt egyedek száma.

Egy populáció egyedsűrűsége két szélső érték között változhat:

- minimális sűrűség (alsó határ),
- optimális sűrűség – maximális esély a túlélésre,
- maximális sűrűség (felső határ).

Függ a faj szaporodási sajátosságaitól.

## A diszpergáltság és típusai

Diszpergáltság (helytelenül diszperzió):

- az egyedek eloszlása topográfiai térben (minőségi kategória).



Diszperzió: az egyedek szétterjedésének folyamata.

H(0):

A tér homogén (uniformitás),

A tér a kolonizálás után is homogén marad (függetlenség).

Az egyedek eloszlása lehet:

- véletlenszerű megoszlás

- egyenletes eloszlás

→ homogén környezetet feltételez,

- csoportos előfordulási mód

→ ökológiai optimummal rendelkező területeken.

Előnyei:

- védelem ragadozókkal szemben,

- nő a táplálkozás hatékonysága,

- nő az információcsere,

- könnyebb zsákmányolás.

Hátrányai:

- szociális stressz,

- betegségekre való érzékenység,

- ragadozók vonzása,

- élőhely kedvezőtlen módosítása,

- nagyobb élelemfogyasztás.

Függ a viszonyítási alaptól:

pl. levéltetvek eloszlása

A populáció által elfoglalt terület feldarabolódhat: - saját terület,

- domén,

- élettér.

A szóródás (diszperzió) lehet:

- aktív (menetelés, úszás, repülés)

- passzív (bizonyos tényezők segítségével).

Minden faj rendelkezik egy szóródási képességgel.

Szóródás szempontjából a növények lehetnek:

- autochor növények (pl. *Hura crepitans*, 25 m)
- alochor növények    - anemochor növények
- hidrochor növények
- zoochor növények.

Állatok szóródása

- helyváltoztatás képessége

Vándorlás vagy vonulás: nagyobb csoportok helyváltoztatása

- Többszörös oda-vissza történő vándorlás
  - napszakosak - függőleges (pl. planktonikus algák)
  - vízszintes (pl. denevérek)
- éves vándorlások (pl. kétéltűek, vándormadarak)
- Egyszeres oda-vissza vándorlás (pl. angolna, lazac)
- Egyirányú vándorlás

### **A populációk életkor szerinti szerkezete (korösszetétele)**

Korosztályok: nagyjából azonos korú, hasonló fiziológiai és ökológiai jellemzőkkel rendelkező egyedeket foglalnak magukba.

A geobotanikusok szénafüveknél 6 korosztályt különböztetnek meg:

- életképes magok a talajban és a talaj felszínén,
- palánták,
- fiatal (juvenilis), vegetatívan fejletlen, ivaréretlen növények,
- vegetatívan kifejlődött, ivaréretlen növények,
- vegetatívan kifejlődött ivarérett növények,
- vegetatívan kifejlődött, de már nem termékeny növények.

Emlősöknél 3 korosztályt különböztetünk meg:

- prereproduktív osztály – fiatal, juvenilis egyedek osztálya,
- reproduktív osztály – felnőtt, szaporodóképes egyedek,
- posztreproduktív osztály – öreg egyedek.

Az egyedek korosztályokba való megoszlása 3 féle lehet:

- Stabil korosztályokba történő megoszlás  
→ exponenciálisan növekvő populációknál,
- Stacionáris megoszlás  
→ a populáció nagysága konstans ( $R_n = R_m$ ),
- Állandóan változó korosztályokba történő megoszlás  
→ a környezeti tényezők függvényében.

Az egyedek korosztályok szerinti megoszlását az életkor piramisok segítségével lehet grafikusan ábrázolni.

### A populációk szexuális (nemi) összetétele

A szexuális szaporodás az egyik legelterjedtebb szaporodási mód

→ feltételezi a szexuális dimorfizmus létezését.

- Drosophila típus: ♂ XY, ♀ XX,
- Protenor altípus: ♂ XO, ♀ XX,
- Abraxas típus: ♂ ZZ, ♀ WZ,
- Lepke altípus: ♂ ZZ, ♀ ZO.

Párkapcsolat típusa szerint:

- monogámia
- poligámia: - poliginia  
- poliandria.
- promiszkuizmus.

### Populációdinamika

- Bizonyos időközökben végbemenő változásokra vonatkozik.

Az egyedszám (egyedsűrűség) változása:

- exponenciális növekedés,
- logisztikus növekedés.

Határt szab a környezet eltartóképessége (kapacitása, K).

A hatóképes tényezőkhez a szervezetek alkalmazkodnak

- akkomodáció – pillanatnyi alkalmazkodás,
- adaptáció – örökletesen meghatározott.

Szervezetek tűrőképességük szerint: sztenök, mezök, euriök.

### Determinisztikus modell egyensúlyi pont nélkül

$$\frac{dN}{dt} = B(N) - D(N) + I(N) - E(N)$$

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= N(t)r \\ N(t+1) &= N(t)R \\ R &= e^r \\ N(t) &= N(0)e^{rt} \end{aligned}$$

Példák az exponenciális szaporodásra

**Linné:** egyéves növény, 2 mag/év, 20 év múlva ~ 1 millió utód.

**Darwin:** 1 elefánt 30-90 évig szaporodik, 750 év múlva 19 millió utód.

**Kozár:** vetési bagoly-lepke két nemz/év, 2000 tojás/♀; 1:1 ivararány.

→ 1 ♀: 1 millió utód/év.

### Stabil egyensúly: logisztikus egyenlet

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= N(t)r; \quad r = r_{\max} - cN(t) \\ \frac{dN}{dt} &= N(t)[r_{\max} - cN(t)] \\ \frac{dN}{dt} &= N(t)r_{\max} \left[ 1 - \frac{c}{r_{\max}} N(t) \right] \\ \frac{dN}{dt} = 0 &\Rightarrow N^* [r_{\max} - cN^*] = 0 \\ N^* = \frac{r_{\max}}{c} &\Rightarrow \frac{dN}{dt} = N(t)r_{\max} \left[ 1 - \frac{N(t)}{N^*} \right] \\ \frac{dN}{dt} &= N(t)r_{\max} \left[ 1 - \frac{N(t)}{K} \right] \\ N(t+1) &= N(t) \exp[r_{\max} - cN(t)] \end{aligned}$$

**Davigneaud (1977):**

- ha az emberi populációk 10 ezer éve évi 1%-os rátával növekednének, az emberi biomassza átmérője jelenleg több fényév lenne és növekedésének mértéke megközelítené a fény terjedési sebességét.

- 2036 november 13-án az emberiség létszáma a végtelennel lesz egyenlő

## A niche-fogalma

### Forrás hasznosítása és niche-szélesség

**Darwin** (1859): specializált fajok elkülönült igényekkel ugyanabban a térségben

**Johnson** (1910): niche fogalma

A niche (olvasd: nis) francia szó, jelentése fülke, bemélyedés, amelybe valami behelyezhető.

A fajok együttélésének (koegzisztenciájának) problémájával kapcsolatos.

**Grinnel:**

- térbeli niche fogalma (3D-s geometriai tér + különféle fizikai faktorok).
- sohasem volt széleskörűen elfogadott.

**Elton:**

- funkcionális niche fogalma  
(az élőlények által betöltött funkció, különösen a trofikus viszonyok)
- széleskörűen elfogadott, tovább fejlesztett.

**Odum:** „egy szervezetnek a közösségben és ökoszisztémán belül elfoglalt pozíciója vagy státusza, amely a szervezet strukturális adaptációjának, fiziológiai válaszainak és specifikus (öröklött vagy tanult) magatartásainak eredménye”

**Hutchinson** (1957): a niche a biotikus és abiotikus tényezők sorának olyan kombinációit jelenti, amelyeknek a szélső pontjai az adott szervezet tolerancia-határai jelölik ki a szóban forgó dimenziók vonatkozásában a niche egy n-dimenziós hipertér

### A niche definíciója

A niche: adott populáció tolerancia és preferencia viszonyait megjelenítő ponteloszlás/függvény a környezeti tényezők mérhető értékeiből, mint dimenziókból alkotott n-dimenziós absztrakt hipertérben.

Niche-típusok:

- fundamentális niche
  - prekompetitív vagy virtuális niche
- realizált niche
  - posztkompetitív vagy aktuális niche

**MacArthur:**

- hutchinsoni niche megjelenítésére készlethasznosítási függvény (RUF = Resource Utilisation Function) segítségével
- az n-dimenziós niche a tolerancia határokra összpontosít, a RUF arra, hogy mi történik a határok között

**Kihasztnálatlan forrástengely szakaszok**

Magyar irodalom: az ökológiai niche a ható és a tűrőképességi tényezők komplementer viszonyának eredménye.

→ „üres niche” nem lehetséges.

Pl. pézsmapocok (*Ondathra zibethica*), dámvad (*Dama dama*),

balkáni gerle (*Streptophelia decaocto*),

balkáni fakopáncs (*Dendrocopus balcanicus*)

Niche-szélesség (niche méret) = a hiper-térfogat realizált niche-re vonatkozó része,

Niche-átfedés = két vagy több populáció egymáshoz való viszonya.

Mekkora az a megengedett niche átfedés, amely még nem vezet kompetitív kizáráshoz?

**Hutchinson:**

- kiszámítható a optimumok és pesszimumok közötti távolságok arányából,
  - ez az arány minél nagyobb 1-nél, annál kisebb a konkurencia,
  - 1,28-nál már a populációk tartósan megélhetnek egymás mellett,
  - 3 fölött már nincs konkurencia a két populáció között.

Generalisták = széles tolerancia határok

Specialisták = szűk tolerancia határok

Konkrét példák:

- Keresztcsőrű madarak szájszerve és fenyőtobozok alakja
- Öt észak-amerikai poszátafaj fenyőlombozat-elosztása
- A Darwin-pintyek törzsfája
- Három fakopáncs faj táplálékkeresési helyei tölgyesekben szaporodási időszakban

Összefoglalás:

A niche-fogalom ma is ellentmondásos.

Jelenleg elfogadott értelmezése az n-dimenziós hipertér, mely a ható tényezők olyan egy időben érvényesülő spektrumát és szélességét jelenti az élőlények számára, amelyet tolerálni képesek.

A közös forrásváltozók használata generálja azokat az evolúciós folyamatokat, amelyek eredménye niche differenciáció, generalista és specialista stratégia stb. lehet.

## A populációk szabályozásának elméletei

Az egyensúly-szabályozás-stabilitás a szünbiológia egyik legproblematisabb kérdésköre.

Az irányítás két összetevője:

- szabályozás,

→ egy rendszert egy adott állapotban igyekszik megtartani

→ szabályozó és szabályozott egységek között negatív visszacsatolási („*negatív feedback*”) mechanizmussal

- vezérlés,

→ adott rendszert az állapotok sorozatán viszi keresztül,

→ szabályozó és szabályozott egységek között pozitív visszacsatolási („*pozitív feedback*”) mechanizmussal

### A stabilitás

Hagyományos megközelítés:

- a vizsgált rendszer tartós fennmaradása (perzisztenciája)

**Urdang** (1968): „*continuance without change*”

Sokféle stabilitás van matematikailag és biológiailag is.

→ stabilitásról mindig csak adott modell kapcsán,  
annak vizsgálati szempontjai szerint beszélhetünk.

Az emberek érdeklődése praktikus okok miatt:

- egyes populációk elszaporodása (pl. tápláléknövények),
- mások csökkenése (pl. ragadozók, gyomok).

Remény és motiváció: beavatkozni a populációk szabályozásába.



## **Teológiai teóriák**

A populációk egyedszámának változásait földöntúli okokban keresték.

**Gideon Mantell** (1820): szokatlan fogakra és csontokra bukkant egy kőbányában

→ új hüllőcsoport.

**Richard Owen** nevű híres brit (teremtéspárti) tudós megalkotta a „dinosauria” nevet,

- „félelmetes gyík”-ot jelent.

A Biblia két óriási dinoszauruszra emlékeztető állatot említ:

- leviáthán (*Jób 41,1*),

→ a tengerben él,

- behemót (*Jób 40,10-14*):

*„Nézd csak a behemótot, a melyet én teremtettem, a miként téged is; fűvel él, mint az ökör! Nézd csak az erejét az ő ágyékában, és az ő erősségét hasának izmaiban! Kiegyenesíti farkát, mint valami czédrust, lágyékának inai egymásba fonódnak. Csontjai érczsövek, lábszárjai, mint a vasrudak. Az Isten alkotásainak remeke ez; az ő teremtője adta meg néki fegyverét.”*

A leírás a *Brachiosaurus*-szerű dinoszauruszra illik.

1977-ben egy japán halászhajó óriási állattetemet fogott ki Új-Zéland közelében. A hatalmas szörny körülbelül egy hónapja múlhatott ki és oszlásnak indult. Lemérték, egy zoológus 5 fényképet készített róla és mintát vett az uszonyaiból. 10 méter hosszú volt és 1814 kg (4000 font) súlyú. Nyaka 1,5 méter, feje 45 cm, 4 uszonya pedig 1 méter hosszú volt.

A japán tudósok szerint az állat valószínűleg egy *Plesiosaurus* volt.

## **Meteorológiai teóriák**

A populációk szabályozásában külső, elsősorban az időjárási és a klimatikus faktoroknak van meghatározó szerepe, melyek nem függenek a populációk nagyságától ill. denzitásától, ezért denzitástól független (density independent) faktoroknak is nevezik.

Képviselőik: Bodenheimer, Uvarov, Rubcov, Schwerdtfeger, Andrewartha, Birch stb.

Érveik:

- (1) A fajok elterjedési határai gyakran a klimatikus határokkal esnek egybe;
- (2) Az időjárás fluktuációja előrejelezhetetlen, ez véletlen változásokat okoz a populációk egyedszámában;
- (3) Az időjárás mindennél nagyobb mortalitást okoz a populációkban;
- (4) A populációs ciklusok okai a napfolt-tevékenységekben ill. a ezekkel kapcsolatos időjárási eseményekkel magyarázhatók.
- (5) Az időjárás befolyásolja a rovarok tápnövényeinek minőségét és így szabályozza a populációikat (“trofoklimatikus elmélet” Kozár és mtsai 1992);
- (6) Az élőhely heterogén, ettől függő megtelepedési és kihalási ráták vannak (Andrewartha és Birch 1954).
- (7) Azon időszakok tartama korlátozott, amikor a szaporodási ráta ( $r$ ) pozitív.
- (8) Az  $r$  változásaiban az időjárásnak, de egyéb tényezőknek, pl. a ragadozóknak is jelentős szerep jut (Andrewartha és Birch 1954, Andrewartha 1961).
- (9) A populációk egyedszámának meghatározásában nagy szerepet kap a természetes készletek (táplálék, ivóvíz, fészkelési hely) abszolút hiánya, ill. korlátozott hozzáférhetősége (relatív hiánya).

**Thompson:**

- (1) Különböző, denzitástól független faktorok felelősek a populációkban végbemenő eseményekért (többfaktoros elmélet). Ha minden külső feltétel kedvez a populációnak, akkor tömeges elszaporodás (gradáció) következhet be.
- (2) A “környezet” tér—idő heterogenitása következtében vannak olyan helyek ill. időszakok, amelyek a populáció szaporodásának kedveznek, más helyeken vagy időben a populáció csökken.
- (3) E folyamatok nagyobb léptéken kompenzálják egymást és nagyobb léptékben a populáció szabályozottan viselkedik.

**„Meteorológiai teóriák” kritikája**

Keveredik a limitáció és reguláció fogalma:

- a reguláció fő mechanizmus a negatív visszacsatolás  
→ függ a denzitástól,

- denzitástól független tényezők nem szabályozhatnak

→ mindössze limitálhatnak.

- hiányzik a negatív feedback.

Ugyanakkor nem tagadható a fizikai és denzitástól független faktorok jelentős hatása, de nem a regulációban.

## **Denzitástól függő (density dependence) korai elméletek**

### **1. Howard és Fiske (1911, gyapjaslepkéről szóló munka)**

- katasztrofális mortalitás: denzitástól függetlenül, minidig azonos százalék pusztul,

- fakultatív mortalitási faktorok által elpusztított egyedek százalékos aránya egyenesen arányos a denzitás növekedésével.

### **2. Thompson: két faktorcsoport megnevezése**

- generális vagy független,

- kiegyénült vagy függő faktorok.

### **3. Smith (1935):**

- denzitástól független (density independent),

- denzitástól függő (density dependent) tényezők.

## **Nicholson iskolája**

1. A populáció önálló, önszabályozó egység, a környezettel összehangolt egyensúlyi ponttal.
2. A környezetet denzitástól függő és denzitástól független faktorok alkotják.
3. A populációk regulációjáért a denzitástól függő faktorok felelnek, legfontosabb a populáción belüli kompetíció, de a ragadozók, paraziták és parazitoidok hatása is lehet denzitástól függő.
4. Egynél több denzitástól függő faktor is hathat, ezek erősíthetik vagy kölcsönösen gyengíthetik egymás hatását.
5. Kis populációméretnél a denzitástól függő faktorok hatása elhangyololható.
6. A scramble („tolongásos”) kompetíció a populáció túlszaporodását és ciklusokat eredményez, a contest („kizáró”) a ciklusokat csillapítja és egyensúlyhoz vezet.

7. A rovarok gazda—parazitoid kölcsönhatásaiban kis térléptékekben (foltokban) a parazitoidok késleltetett denzitástól függő hatásaikkal a gazdapopulációk lokális kipusztulását okozhatják, de azok más foltokból, bevándorlással újratelepülhetnek és ezt elősegíti az elfoglalt, egyéb foltokban jelentkező és egyes egyedeket e foltok elhagyására kényszerítő territoriális viselkedés, amely tipikusan denzitástól függő hatás.

### **Nicholson iskolájának kritikája**

**Milne** (1960 körül):

- az egyetlen tökéletes denzitástól függő faktor a populáción belüli kompetíció.

Ez viszont ríkánt jut szerephez, mert a populációkat a denzitástól nem vagy csak tökéletlenül függő tényezők alacsony egyedszám-szinten tartják.

Utalt a korábbi elméletekben a limitáció (korlátozás) és a reguláció (szabályozás) közötti konfúzióra is.

### **Lack elmélete**

Nicholson híve volt, cinegéken végzett vizsgálatokat.

(1) a madaraknál a fajok reprodukációs képessége a természetes szelekció eredményeként a túlélő utódok maximális számát produkálja;

(2) a fészkelési időszakon kívüli táplálékhiány jelentős denzitástól függő mortalitást eredményez;

(3) a viselkedés nem jelentős a populációk szabályozásában, a territoriális viselkedés sem, amely nem az egyedszámért felelős, mindössze azt határozza meg, mely egyedek költenek.

Más állatsoportoknál fontosak lehetnek a predátorok is.

### **Christian, Chitty és Krebs elmélete**

Fiziológiai és genetikai elmélet.

(1) Az endokrin rendszer befolyásolja a reprodukciót az agresszivitáson és a szteroidok termelésének befolyásolásán és a juvenilis hypothalamus szenzitivitásán keresztül. Nagy denzitáskor a kisemlősök agresszívvé válnak, csökken a szaporodási idő és az utódszám.

(2) Krebs és Chitty egyedszámváltozásokat populációgenetikai változások kísérik: „erős” és „gyenge” genotípusok.

(3) Svájci entomológusok: *Zeiraphera griseana* kicsiny denzitásakor jól szaporodó forma szaporodik fel, a maximumon a granulovírussal szemben ellenállóbb forma jut előnyhöz, de a paraziták jobban kedvelik, a differenciális parazitáltság pedig egyedszámának csökkenéséhez vezet, így a populáció leszálló ágba kerül.

### **Vándorlás szerepe**

Nagy denzitásokkor megnő a migrációs hajlam.

Néhány hangyafaj: pl. a trópusi vándorhangyák (*Dorylinae*), egészen más mechanizmussal, de hasonlóan tesz a közismert fáraóhangya (*Monomorium pharaonis*), amennyiben kolóniája kritikus méretet halad meg, a kolóniát kettéosztják és az újonnan keletkezett utódkolónia egy már vagy később adoptált királynővel él tovább.

**Gyovai F.:** a bugaci pusztán kimutatta, hogy a homoki gyík (*Podarcis taurica*) fiatalabb, tehát feltehetően gyengébb egyedei migrálnak erőteljesen, de számos hasonló eredmény ismeretes emlősök (pl. lemming), madarak körében is.

**Den Boer :** a kockázat terjedése (spreading of risk)

A nem vagy csak gyengén szabályozott populációk is képesek túlélni azáltal, hogy különböző környezethatású élőhelyeket népesítenek be és a különböző foltokon eltérő hatásoknak vannak kitéve, tehát az erőteljes, esetleg kipusztuláshoz vezető fluktuáció kockázata nem egyforma a eltérő foltokban (“mikrokörnyezetekben”), így a populáció egy részének megvan a reménye a túléléshez ill. a populáció megmenekült részletei biztosítják a teljes populáció fennmaradását.

**Wynne-Edwards (1962, 1986):**

Viselkedési mechanizmusok a populációt az eltartóképesség alatti szinten tartják:

- „kollektív bemutatkozási formák” (pl. kollektív éneklés);
- „vértelen erődemonstrációk”: ritualizált agresszív viselkedési formák
- territoriális viselkedés.

Csoport-szelekciós felfogás:

→ azok a populációk ill. populáció-részletek eredményesek, amelyek viselkedési mechanizmusaival a fentiek szerint biztosítják, hogy a készletek ne legyenek túlzottan kihasználva és kimerítve.

## Populációk interakciói

### A populációk közötti interakciók alapmodellje

Lotka-Volterra egyenlet:

$$\frac{dN_1}{dt} = N_1(t)(a_1 + c_{12}N_2(t)),$$

$$\frac{dN_2}{dt} = N_2(t)(a_2 + c_{21}N_1(t)),$$

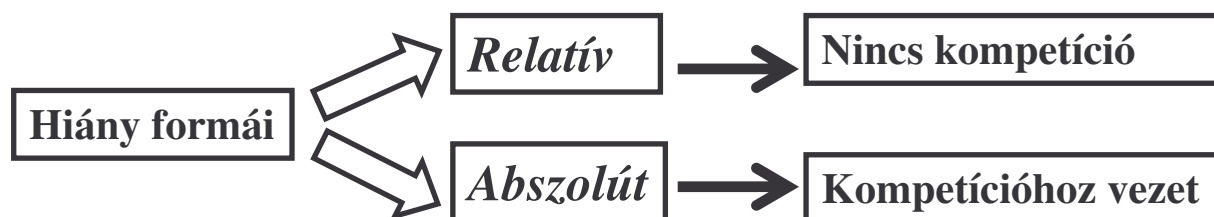
a – populáció belső koeficiense,

c – kölcsönhatási koeficiens.

Kölcsönhatási típus	$c_{12}$	$c_{21}$
Populációk közötti kompetíció	<0	<0
Táplálkozási kapcsolat („predáció”): növényevés, zsákmányszerzés, parazita—gazda kapcsolat, parazitoid—gazda kapcsolat	<0	>0
Mutualizmus (pl. szimbiózis)	>0	>0

### A kompetíció fogalma

A kompetíció egyedek vagy populációk („kompetíciós partnerek”) közötti kapcsolat, melyben a résztvevő partnerek egymás túlélését és szaporodóképességét kölcsönösen negatívan befolyásolják.



### A kompetíció formái

Exploitatív (kizsákmányoló):

- versengő populációk egyedei nem kerülnek közvetlen fizikai kapcsolatba egymással.

Interferencia:

- van közvetlen fizikai kapcsolat
  - tolongásos kompetíció („Scramble”)
  - kizárásos kompetíció („Contest”)

## Gause (1934) kísérlete

- *Paramecium caudatum*, *P. aurelia*, *P. bursaria* papucsállatka tenyészetekkel

## Kompetitív kizárás elve (Gause-hipotézis, -posztulátum, -törvény, stb.)

- Azonos niche-ű populációk kompetitív helyzetben tartósan nem élhetnek együtt.
- Tökéletes versenytársak nem élhetnek együtt

„Complete competitors cannot coexist” (**Hardin**)

Kérdések:

- (1) Milyen dimenziók mentén azonos a niche?
- (2) Milyen mértékben azonos a niche?

Példák:

(1) Két jelleget: táplálék mérete és térbeli elhelyezkedése.

- kompetíció feltétele a jellegek megegyezése
- elkerülhető: - nem ugyanott fogyasztják,  
- nem ugyanakkor fogyasztják.

(2) Táplálkozási tekintetben eltérő madárpopulációk

- odúlakó madaraknál végbemehet kompetitív kizárás.

## Park (1954):

Kísérlet: *Tribolium castaneum* és *T. confusum* kukoricabogarakkal

Magas páratartalom és hőmérséklet esetén a *T. castaneum* eliminálta a *T. confusum* fajt, míg alacsony páratartalom és hőmérsékleten a *T. confusum* eliminálta a *T. castaneum*-ot.

A kompetíció mindkét populáció számára kedvezőtlen

- igyekeznek elkerülni.

Egyik lehetséges mechanizmusa a niche átfedés csökkentése

Pl. két planáriefajnak hőigény szempontjából:

- Ha külön-külön vannak:

*Planaria montenegrina*: 6,5–16,5 C-fok

*Planaria gonocephala*: 6,5–23 C-fok

- Ha együtt vannak:

*P. montenegrina*: 6,5–13,5 C-fok

*P. gonocephala*: 13,5–23 C-fok

**Lamprey:** növényevők niche szegregációja afrikai szavannáin

- más-más növény fogyasztása,
- ugyanazon növény más-más részét,
- vagy más-más magasságban levő részét,
- különböző évszakokban, időben,
- ugyanazon évszakban, időben de más-más területen

**Bell:** Serengeti Nemzeti Park (Afrika):

- zebra: kis tápértékű csúcsi rész,
- topi: nagyobb tápértékű alacsonyabb szárrész,
- gnú: levelek,
- Thompson-gazella: pár napos hajtások, kétszikűek

**Brown és Davidson (1977):**

- magevő hangyák és rágcsálók tápláléknagyság-átfedése az arizonai sivatagban

### **A kompetíció hatása a fitness komponenseire**

**Gurnell & al. (2004):** a betelepített szürke mókus (*Sciurus carolinensis*) a vörös mókus (*Sciurus vulgaris*) alábbi fitness komponenseit befolyásolja:

- (1) Lerövidíti a rezidencia idejét (adultét és fiatalét egyaránt);
- (2) Kevesebb nőstény szaporodik;
- (3) A nőstények testnagysága kisebb;
- (4) A nőstények egyedi fekunditása kisebb;
- (5) Ezek populációméret-csökkenést és esetenként kipusztulást eredményeznek.

Kompetítorok hiányában olyan készlet-osztályokat hasznosít a populáció, amit a faj eredeti élőhelyén nem hasznosított ill. olyan viselkedési formákat mutat, amely eredeti élőhelyén szokatlan.

- (1) Az adott populáció a faj nem jellemző/nem eredeti élőhelyén él (pl. széncinege parkokban, temetőkbén)
- (2) Invazív vagy betelepített fajok új élőhelyeiken (pl. *Myrmica rubra* az Újvilágban, *Monomorium pharaonis* számos helyen, *Oryctolagus cuniculus* Ausztráliában stb.)
- (3) Sajátos körülmények között (pl. *Formica cinerea* szukcesszionális dűnéken superkolonista)



## Diffúz kompetíció

Nem elemi interakció, mert több kompetítor vesz részt benne.

Klasszikus példa a magevő hangyák, kisméltók és madarak kompetíciója észak-amerikai félsivatagokban.

**MacArthur** szerint a diffúz kompetícióban a niche-térben középső pozíciót elfoglaló populáció kipusztulási esélye a legnagyobb. Ez nem minden esetben igaz (pl. *Lasius niger* – *Plagiolepis pygmaea* – *Formica cunicularia*)

Diffúz versengés: a forráshasznosítási görbék az átfedésekkel ellentétes irányba kiterjednek

→ versengés elkerülése.

- az átfedett részt közösen hasznosítják,
- a fennmaradást döntően az át nem fedett rész határozza meg.

## Mutualista kapcsolatok

A mutualizmus két élőlény számára kölcsönösen előnyös és legalább az egyiknek létfontosságú kapcsolat.

- Pl:
- megporzó rovarok és virágos növények,
  - magvak állatok útján való terjesztését (zoochoria),
  - a remeterák és a tengeri rózsa kapcsolata stb.

A szimbiózistól abban különbözik, hogy a kölcsönkapcsolat lazább, az egyik partner ebből eredő haszna kisebb mérvű, nem nélkülözhetetlen, az alkalmazkodottsága sem magas fokú

## A mutualista kapcsolatok alapmodellje

$$\begin{aligned} \frac{dN_1}{dt} &= N_1 (r_{\max 1} - c_{11}N_1 + c_{12}N_2) \\ \frac{dN_2}{dt} &= N_2 (r_{\max 2} - c_{22}N_2 + c_{21}N_1) \end{aligned}$$

## **A mutualista kapcsolatok felosztása**

1. A kapcsolat esszenciális volta alapján:

- obligát,
- fakultatív.

2. Az együttélés szorossága/tartóssága alapján:

- mutualizmus,
- szimbiózis.

3. A kapcsolat mechanizmusa alapján:

- trófikus,                      - védelmi,
- energetikai,                - transzport.

A kapcsolat közvetlensége alapján: - direkt,

- indirekt.

## Biogeokémiai ciklusok

A Földnek, mint ökológiai rendszernek van egy természetes „anyagcseréje”

→ biogeokémiai ciklus

- élőlényekhez kötött biológiai folyamatok pl. cellulózbontás,
- geológiai történések (pl. vulkánkitörés, erózió),
- kémia reakciók (pl. fotokémiai események).

Az anyagforgalommal együtt energiaáramlás is zajlik.

- a nap sugárzó energiája,
- a Föld belső erői, energiatartalékai.

Az anyag- és energiaáramlások nagy része már jóval az ember létezése előtt végbement

→ természetes anyagkörforgás és energiaáramlás.

Az ember megjelenésével, majd világméretű elszaporodásával módosította a természetes anyagkörforgást és energiaáramlásokat.

- fosszilis tüzelőanyagok (szén, kőolaj, földgáz) elégetése

→ a CO<sub>2</sub> befolyásolja a szén-ciklust, üvegházhatást, globális felmelegedést idézve elő.

- az emberi tevékenység nagyon nagy mértékben befolyásolja az ólom geokémiai ciklusát.

- új anyagok előállítása és bejuttatása a földi rendszerbe, pl. DDT (diklór-difenil-triklóretán).

### Alapfogalmak

Rezervoárok - ahol az adott elem vagy vegyület hosszabb ideig tartózkodik:

- bioszféra,
- atmoszféra,
- hidroszféra,
- litoszféra és legfelső rétege a talaj (pedoszféra).

Fluxus - azt az anyagmennyiséget jelenti, amely egy meghatározott időtartam (rendszerint egy év) alatt egy adott szállítási útvonal mentén mozog.

Dinamikus egyensúlyi állapot – ha az elem/vegyület koncentrációja állandó marad a rezervoárban (a be- és kilépő mennyiségek megközelítőleg azonosak).

Tartózkodási idő = elem mennyisége a rezervoárban / az elem beérkező (vagy távozó) rátája

Pl. a Na tartózkodási ideje az óceánban 150 millió év

Az egyes kémiai elemek biogeokémiai ciklusai szorosan összefüggnek egymással.

## A szén körforgása (karbon-ciklus)

A C valamennyi szerves és élő anyag alapvető eleme.

A  $^{12}\text{C}$  a Föld tömegének mintegy 0,034%-át teszi ki, a 12. leggyakoribb elem.

A bioszféra élőanyagában azonban a szén (oxigénnel együttesen) már a 2. leggyakoribb elem.

A szén körforgása túlnyomórészt  $\text{CO}_2$  alakjában zajlik.

A körforgalom legfontosabb részfolyamatai:

- fotoszintézis,
- sejtlégzés.

A szén egyik nagy rezervoárja a **léggör** (atmoszféra),  $\text{CO}_2$  formájában kb. 700 milliárd tonna szenet raktároz

A Föld légkörének  $\text{CO}_2$ -tartalma alacsonyabb, mint más bolygóké → a hidroszféra, bioszféra megkötik

A légköri  $\text{CO}_2$ -ot tekintjük ma az élet egyik forrásának.

fotoszintézis → karbon fixáció

pl. a trópusi esőerdő 1-2 kg/m<sup>2</sup>/év C-et köt meg

- szárazföldi növények a légkörből évente kb. 100 milliárd tonna szenet kötnek meg.
- fotoszintetizáló vízi szervezetek évente kb. 40 milliárd tonna vízben oldott  $\text{CO}_2$ -t.

A légköri  $\text{CO}_2$ -szintek jellegzetes éves ciklusa: májustól októberig csökken, míg az év további részében nő a  $\text{CO}_2$  koncentrációja az atmoszférában. Az éves max. és min. között 6 ppm az ingadozás.

A növények testében megkötött szén két úton kerülhet vissza a légkörbe:

- a növényevő és húsevő állatok légzése útján,
- az elhalt élőlények lebontása útján.

A szén másik nagy rezervoárja a **szárazföldi élővilág**

- teljes széntartalma kb. 550 milliárd tonna,
- évente 1 milliárd tonna szenet veszít.

A talajban **humusszá** formálódva mintegy 1200-1400 milliárd tonna szén raktározódik.

**A fosszilis tüzelőanyagok elégetésével** a 10.000 milliárd tonnára becsült rezervoárból évi 5 milliárd tonna szén jutott a légkörbe.

A felszíni vízrétegekben oldott kb. 500 milliárd tonna

$\text{CO}_2$ -t használja fel a fitoplankton.

40 milliárd tonna C a mélytengeri vízrétegekbe jut.

A keveredési idő a vízrétegek között ezer év körül van.

A **karbonátos üledékes kőzetek** (elsősorban  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) a Föld legnagyobb szénraktárai.

A  $\text{CO}_2$  a kőzetekből mállás útján kerülhet a légkörbe.

Hasonló a helyzet a vulkánkitörésekkel.

### **Az emberi tevékenység hatásai:**

Az ember a fosszilis tüzelőanyagok égetése és az erdőirtás révén a szénkörforgalom egyensúlyát megbontotta. Évente 5 Gt többlet szenet juttatunk a környezetbe. Ennek 60%-át (kb. 3 Gt) az óceánok elnyelik.

→ az atmoszféra szénkészlete évente 2 Gt-val növekedik.

Az utóbbi 100 évben a légköri  $\text{CO}_2$  - koncentráció 290 ppm-ről 350 ppm-re emelkedett.

Következmények:

- üvegházhatás
- globális felmelegedés

### **A nitrogén körforgása**

$^{14}\text{N}$  az élőlények számára fontos kémiai elem. Számos, az életműködésekhez szükséges vegyület, alkotórésze: aminosavaknak, fehérjéknek, nukleinsavaknak stb.

A nitrogén két legnagyobb rezervoárja az **atmoszféra** és a **litoszféra** magmás kőzetei (4–4 millió Gt N)

Vízi szervezetek N-vegyületeinek tömege kb. 1000 Gt.

A szárazföldek esetében: 300 Gt nitrogénvegyület.

A nitrogén biogeokémiai ciklusa nagyon bonyolult:

- nagyszámú nitrogén vegyület,
- az emberi tevékenységek következményeként.

Két alciklus révén valósul meg:

- az atmoszféra szabad nitrogénjének a megkötése, a körforgásba való bevitele, és a *denitrifikáció* révén a körforgásban lévő nitrogén egy részének visszajuttatása a légkörbe;
- nitrogéntartalmú szerves vegyületek bioszintézise illetve a nitrogént tartalmazó növényi és állati maradványok lebontása (mineralizáció).



## A foszfor körforgása

A  $^{31}\text{P}$  az élőlények nélkülözhetetlen alkotóeleme.

- a nukleinsavak (DNS, RNS), a foszfolipidek (pl. a sejtmembrán), az ATP (adenozin-trifoszfát) elengedhetetlen komponense.

A legnagyobb foszforraktárak az **üledékes kőzetek**. A körforgalomba foszfátion ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) formájában kerül. Az alapkőzetek mállásakor felszabaduló oldott foszfátionok a növények, mikrobák számára felvehetőek. Innen átkerül a táplálkozási láncon az állatok testébe is. Az elhalt növények és állati maradványok lebomlanak.

## A kén körforgása

A **32 S** a földkéreg 14. leggyakoribb eleme.

Az élővilágban relatív mennyisége szerint a 10.

- fehérjék, vitaminok esszenciális komponense,
- foto- és kemotróf mikrobák energetikai anyagcseréje.

A legnagyobb földi készlete a **litoszféra**: 25 millió Gt.

A kőzetek mállása, vulkanikus aktivitás és oldódás révén indul a kén körforgása

→ oxidáció, redukció.

Az emberi tevékenység hatása:

- fosszilis energiahordozók S tartalmának felszabadítása
- S tartalmú ércek feldolgozása.

A kénkörforgalom csatolódik a fémek biogeokémiai ciklusaihoz → korrózió.

## A fémek körforgása

Fémek és félfémek élő szervezetekre gyakorolt hatása:

- Nemesfémek: Au, Ag, Pt.

→ alacsony koncentrációban is antimikrobiálisak.

- Stabil fém-szén kötéseket alkotó fémek, félfémek: As, Hg, Se, stb.

→ felhalmozódás (akkumuláció).

- Ionos formájukban gátló vagy toxikus fémek: Cu, Zn, Co, Ni, stb. → nyomelemek

- A vas és a mangán létfontosságú elemek.

# Ökológiai rendszerek

## A rendszerelmélet és modern ökológia

Von Bertalanffy osztrák biológus: általános rendszerelmélet megalkotója

(1952: *Problems of Life*)

A rendszer olyan elemek halmaza, melyek állandó kölcsönhatásban vannak egymással és az egészet alkotják.

Egy rendszer mindig több mint az alkotó elemek algebrai összege.

Odum amerikai zoológus: rendszer fogalma az ökológiában

(1953: *Fundamentals of Ecology*)

- Biotikus közösségek rendszer-minősége,
- A rendszerek vizsgálata magába foglalja az alkotó alrendszerek strukturális és funkcionális részeinek mennyiségi és minőségi vizsgálatát
- Kölcsönhatások vizsgálata.

A rendszerelmélet abból az alapelvből indul ki, hogy az egész (Univerzum) rendszerekbe szerveződik.

Világegyetem

A környezetükkel való kölcsönhatásaik szerint a rendszerek lehetnek:

- szigetelt (izolált) rendszerek
  - nem valósítanak meg sem anyag sem energiacsereét,
- zárt rendszerek
  - energiacsere van, valódi anyagcsere nincsen,
- nyitott rendszerek
  - van energia- és valós anyagcsere is a környezettel.

Biológiai rendszereknél az anyag és energiacsere létfeltétel.

A biológiai rendszerek tulajdonságai (nem minden biológus fogadja el):

- Információs jelleg: - a genetikai program képviseli
  - jobban érvényesül egyedi szinten.
- Egységesség: - a részek kölcsönhatása adja

Az alkotó részek közti kölcsönhatások révén az egésznek új minőségi tulajdonságai vannak, melyek különböznek az alkotó részek tulajdonságaitól → emergens tulajdonságoknak nevezik  
Clements: szupraorganizmus, szupratényező

- Önszabályozó jelleg: - fordított visszacsatolással (feed-back)

A természetben a két legfőbb populációszabályozó feed-back mechanizmus a táplálék szabályozó hatása és a ragadozók hatása.

**Botnariuc:** a biológiai rendszerek sajátosságai

- történelmi sajátosságok: evolúció

- információs sajátosságok: a biológiai rendszerek képesek információk felfogására, feldolgozására, felhalmozására és a maguk során ők is képesek információk továbbítására más rendszerek felé.

Egy rendszer információtartalma szoros összefüggésben van szerveződési szintjével: komplex rendszerek esetén nagyobb az információtartalom.

- egységesség: minden biológiai rendszer egy magasabb szintű rendszer része, mely olyan sajátos tulajdonságokkal rendelkezik, melyek az alrendszerekre nem jellemzőek.

- dinamikus egyensúly: a környezettel folytatott anyag és energiacsere következménye  
→ nő a szervezethez és stabilitás.

- önszabályozás: feed-back mechanizmusok révén.

A rendszerek rangsorolhatók. Minden rendszer egy másik rendszer része.

A rangsorolásban megkülönböztetünk:

1. Szerveződési (organizációs) szinteket: azon biológiai rendszerek összessége, melyek egyetemes jelleget mutatnak (magukba foglalják az illető szint összes élő anyagát):

- egyedi szint,

- populációs szint,

- biocönózis szintje,

- bioszféra szintje.

A szerveződési szintek rangsorolása funkcionális kapcsolatokon alapszik.

2. Rendszertani (taxonómiai) egységeket:

- rangsorolásuk a rokonsági kapcsolatokon alapszik.



A populációt nem tekintjük ökológiai rendszernek:

- a biocönózis része, mely a biotóppal képez egy magasabb szintű ökológiai rendszert, az ökoszisztémát.

A biocönózis (életközösség vagy társulás):

- egyed feletti szerveződési szint,
- ugyanazon az élőhelyen, egy időben, együtt élő populációk kapcsolatrendszere.

A biocönózisokkal foglalkozó tudományág a biocönológia:

- fitocönológia – növényi társulások tanulmányozása,
- zoocönológia – állati társulások tanulmányozása.

Az életközösségekben való gondolkodás sokkal régebbre nyúlik vissza az ökológiában, mint maga az életközösség fogalma.

**Theophrastus:**

- leírta a magasságtól függő növényzeti öveget,

**Réaumur:**

- rovarközösségekkel foglalkozott,

**Buffon:**

- közösségek adaptációja,

**Humboldt:**

- a szünbiológia atyjának tekintik
- szélesebb klimatikus övek szerinti növényi formációk leírása,
- asszociáció fogalmának megalkotása.

**Möbius:**

- biocönózis szó megalkotása
- olyan egyedeknek és fajoknak a külső körülmények szerint kiválogatott tömege, amelyek egymástól kölcsönösen függenek és szaporodásuk következtében egy területen maradnak.
  - az életközösség területileg meghatározott,
  - a populációk között valamilyen kapcsolat van,
  - az életközösségek összetételét külső tényezők határozzák meg.

Amerikai Ökológiai Társaság (**Warming** leírása alapján):

- a közösség általános terminus, amely minden szintű szociológiai egység megjelölésére szolgál a legegyszerűbbtől (algák halmazai) a legkomplexebb biocönózisig (sokszintű őserdő).

**Dudich** (1938): az életközösségek bizonyos biotópban állandóan és következetesen együtt előforduló, a környezeti viszonyokhoz alkalmazkodott, a biotóphoz és egymáshoz okszerű kapcsolatokkal fűzött, meghatározott minőségű növény- és állatfajok határozott egyedeinek összessége.

**Balogh** (1953): a biocönózis környezetének egész élővilágát egységbe foglaló, sajátos jellegű, stabilis, szintközösségekből felépített, összefüggő vagy térbelileg elkülönülő állományrészeket magába foglaló állomány, amelyet többnyire nem rokonfajok egyedei alkotnak, de amelyben az állomány zömét kitevő fajok egy része legalább egy szintközösségen belül cönológiai affinitásban van egymással.

### **Szelényi:**

Az állattársulások tagjai:

- növény nyújtotta táplálékforrás kihasználására társulnak,
- direkt vagy indirekt táplálkozási kapcsolatban vannak egymással.

A botanikusok között két cönológiai iskola fejlődött ki:

- észak-európai iskola (DuRietz vezetésével),
- Zürich-montpellier vagy Braun-Blanquet iskola  
→ hatás a közép-európai cönológusokra
- vizsgálati alapegység a növénytársulás (asszociáció).

A növénytársulás összetételében törvényszerűen ismétlődő, állandó faji összetételű és meghatározott környezeti igényekkel rendelkező növényállomány.

Angolszász iskola: társulás (community) minden egyszerű, egy élőhelyen élő bármely élőlényhalmaz.

Zoológusok lehetőségei:

- a fitocönológiai vonal követése és az állattársulások deffiniálása és rendszerezése a növénytársulások logikája szerint (Balogh),
- a populációk közötti kapcsolatok keresése és csak a kapcsolatokkal összefűzött populációkat tekinteni társulásnak (Szelényi).
- egy egyszerű fajlista = fauna,
- faunalista + szünbiológiai információ = együttes,
- tapasztalatok alapján feltételezett kapcsolat = közösség,
- vizsgálattal bizonyított kapcsolat = közösség.

Az életközösségek kisebb egységei a koalíciók:

- valamely szünbiológiai szempont szerint összerendelhető, koegzisztens populációk halmaza.
- pl. erdő lombkoronaszintjét vagy gyepszintjét alkotó növények, ugyanott élő odúlakó madarak, vagy rovarrevő madarak, talaj felszínén vadászó ízeltlábú ragadozók populációi.

**Balog** (1953): syntrophium

- azonos táplálékon élő, rendszerint nem rokonfajok köréből kikerülő populációk halmaza.

**Root** (1967): guild

- azonos készletet azonos módon kihasználó populációk halmaza.

Növénytársulási kategóriák

- alapegység az asszociáció
- tömeges és karakterisztikus fajokról nevezik el.

Pl. magyar csenkesz (*Festuca vaginata*) uralta, mészkedvelő, nyílt homoki gyeplő növénytársulása a *Festucetum vaginatae*

→ génusnév –*etum* végződéssel.

→ két fajjal jellemzett társulás esetén az egyik faj genusneve –*o* végződést kap

Pl. gyöngyvirágos tölgyes: *Convallario-Guercetum roboris*

→ mindkét névadó növény fajnevének feltüntetése esetén birtokos esetet használnak

Pl. selymes rekettyés kocsánytalan tölgyes:

*Genisto pilosae-Quercetum petraeae*

→ ugyanazon nembe tartozó fajok esetén a genusnevet nem ismétlik meg

Pl. hullámtéri fűzések: *Salicetum albae fragilis*

Az asszociációkban gyakran a névadó fajok mellett egyéb fajok populációi is tömegesen előfordulnak

→ szubasszociáció

- az asszociáció neve után kis kezdőbetűvel feltüntetik a szubasszociáció differenciális fajának genus-nevét –*etosum* végződéssel, majd a fajnevét birtokos esetben

Pl. hullámtéri fűzések hamvas szederrel:

*Salicetum albae-fragilis rubetosum caesii*

Asszociáció feletti kategóriák:

- asszociációcsoport –*ion* végződés (pl. *Festucion vaginatae*),
- asszociációsorozat –*etalia* végződés (pl. *Festucetalia vaginatae*),
- asszociációosztály –*etea* végződés (pl. *Festuco-Brometea*),
- divízió –*ea* végződés

(pl. európai lombhullató erdők *Quercus-Fagea*)

Biotóp (élőhely)

- megfigyeléseken alapuló tapasztalati kategória,
- hasonló megjelenésű természetföldrajzi egységek,
- többnyire küllemileg is jól elkülönülnek
- adott élőlények populációkat, ill. populáció-kollektívumokat alkotva tartósan és rendszeresen előfordulnak,
- néhány kivételes esettől (pl. vándorló halak, költöző madarak) eltekintve valamennyi fejlődési alakjuk megtalálja az élete fenntartásához, ill. szaporodásához szükséges feltételeket.

A biotóp a biocönózissal együtt egy nyílt ökológiai rendszert alkot:

→ ökoszisztémát.

Ökoszisztéma (ökológiai rendszer):

- egy populáció vagy populációkollektívum ökológiai szemléletű tanulmányozására *létrehozott*, absztrakción alapuló *rendszermodell*,

- a valóság bonyolult jelenségeiből az adott szempontból leglényegesebb folyamatokat és összefüggéseket (pl. trofikus kapcsolatokat, energiaáramlási folyamatokat) egyszerűsített formában hűen tükrözi, s a rendszerelemzés eszköztárával leírhatóvá és tanulmányozhatóvá teszi.

Az utóbbi időben mind a népszerűsítő és tudományos ökológiai irodalomban egyre gyakoribb jelenség, hogy a szerzők "ökoszisztémának" neveznek a populációktól a bioszféráig minden ténylegesen létező élőlényközösséget, sőt az ezeket tartalmazó topográfiai egységeket is.

- a fogalom ilyen használata felesleges és félrevezető  
(pl. erdei ökoszisztéma = erdő; urbán ökoszisztéma = település)

## **Összefoglalás**

Ökológiai rendszereknek tekintjük az élő szervezeteket együtt élettelen környezetükkel, amely lehetővé teszi, hogy a benne élő szervezetek életközösséget alkossanak és normális élettevékenységet folytassanak.

Az energia- és anyagkicserélődés ezekben a rendszerekben zajlik le:

- egyes szervezetek között, valamint egyed és környezete között.

Az ökológiai rendszereket jellemzi egy egyéni biogeokémiai ciklus.

A biocönózis nem létezhet biotóp nélkül, ezért értelmetlen biotóp nélkül.

A biotóp attól biotóp, hogy benne él a biocönózis, az élő szervezetek közössége, mely állandóan kapcsolatban van a környezettel és a biocönózis többi tagjával.

Ökoszisztémáról akkor beszélünk, ha a biotóp-biocönózis párost ökológiai rendszerként vizsgáljuk.

## A biocönózisok típusai és szerkezetük

Az ökoszisztémák típusait a domináns élőlények határozzák meg.

Meghatározhatók a karakterisztikus fajok:

- az anyagkörforgás nagy részét bonyolítják le.

Az ökoszisztémákban bonyolult kapcsolatok alakulnak ki:

- pl. - vegetáció kapcsolata a talajjal,
- vegetáció kapcsolata vegetációval,
- vegetáció kapcsolata a faunával,
- létezik egy bonyolult szervezettség,
- stabil, nem haotikus kapcsolatok.

Ezek a kapcsolatok szervezik egységessé az ökoszisztémát.

A biocönózisok biotóptól való függése a bioformák spektrumában nyilvánul meg:

- hasonló biotóp → hasonló bioforma.

Pl. Kréta-szigetek: *Capra aegagrus*,

Észak-Amerika: *Antilocapra americana*,

Közép-Ázsia: *Capra sibirica*.

Az ökoszisztémák szervezettsége a különböző integráló faktorok által megvalósított szervezettségi fokok összege:

- cönológiai (társulási) szervezettség,
- térbeli szervezettség: - mikrostruktúrák,  
- makrostruktúrák,
- trofodinamikus szervezettség,
- bioprodukción szervezettség,
- biokémiai szervezettség.

Térbeli szervezettség:

- a mikro- és makrostruktúrák határai változnak  
pl. akcióközpontnak tekinthető egy elpusztult fa törzse

Az ökoszisztémák általában nagyobb földrajzi egységek részei

pl. hasonló ökoszisztémák a Kárpátok magas hegyein

- geoszisztéma több ökoszisztémával

A geoszisztémák határait könnyebb kijelölni mint az ökoszisztémákét.

pl. alpesi vagy szubalpesi legelők

Az ökoszisztémának lehet egy tágabb funkcionális határa is,

- ami meghaladja a földrajzi határokat

pl. átrepül a Dunán a madár, habár az ökoszisztéma határ lehetne.

Az ökoszisztémám működési határa nem esik egybe földrajzi határokkal.

A szegélyek menti viszonylag „keskeny” sávokban:

- a fény-árnyék hatások,

- a zártság-nyitottság érzete, valamint

-a szín- és formakontrasztok együttesen fordulnak elő.

A szegélyeken jelentősen eltérőek

- a benapozási,

- a lég- és talajhőmérsékleti,

- a légáramlási,

- a relatív páratartalmi,

- a hőtartóssági különbségek.

### **Horizontális makrostruktúra**

Ökoton (szegélyközösség): két eltérő architektúrájú közösség határán kialakuló, önálló közösség.

- nem egyszerűen a két határos közösség populációinak keveréke, hanem önálló populációkészlettel rendelkezik.

Az ökotonban mindkét társulás tagjai megtalálhatóak, és hozzájuk csak a határzónában előforduló fajok is társulnak.

pl. erdő és rét határán kialakuló cserjés sáv

- önálló növények (bokrok, cserjék),

- önálló állatok (tövisszúró gébics, mezei veréb stb.).

Sávközösségek (zonációk): valamely abiotikus hatásra kialakult, szalagszerű életközösségek.

pl. vízparti növényközösségek

Egy-egy sávközösség legtöbbször nem egyedül alakul ki

→ zonációkomplexeket alkotnak

Annak ellenére, hogy az abiotikus feltételek fokozatosan változnak (pl. a parttól távolodva a talaj víztartalma), a zonációkomplexet alkotó sávközösségei legtöbbször élesek.

pl. Tisza hullámterének növényzete:

- farkasfogas gyomnövényzet (*Bidentatum*) vagy törpesásos (*Nanocyperion*) a parti locsolástól, vízmosástól befolyásolt mederszélien,
- bokorfűzes (*Salicetum triandrae*) a jeges ár zónájában,
- puhafás ligeterdő vagy kubikerdő (*Salicetum albae-fragilis*),
- hullámtéri rétek, pl. ecsetpázsitosok (*Alopecuretum*),
- keményfás ligeterdők (*Quercu-Ulmetum*) a magasabb vízjárásoknak csak ritkán kitett térszínen
- különböző gyeptársulások (*Cynodonti-Poetum*) a töltések belső oldalán
- porcsin keserűfüves gyomszegélyek (*Schlerochloo-Poligonetum avicularis*) a töltéskoronán,
- löszyep-maradványok (*Salvio-Festucetum*) a töltés külső oldalán.

Mozaikkomplexek:

- az élőhely heterogenitásának eredményeképpen, annak eltérő pontjain különböző közösségek foltjai, pontosabban fragmentumainak foltjai alakulhatnak ki.

- foltos elrendeződés → mozaikszerű mintázat.

pl. - homokbuckásokon kialakuló buckahát-buckaköz,

- mocsarakban kialakuló semlyék-zsombék mozaik.

A mozaikosságot legtöbbször a növényzet alapján állapítják meg.

Konnexusok vagy konnexulusok:

- rendszerint kis kiterjedésű foltokban megjelenő közösségrészek, melyek a közösség egészétől eltérnek.

pl. kövek alatt, farönkökben, kidőlt fatörzsek alatt

Más fogalmak:

- oecus (Dudich), coecus (Horváth).



Bioszkéna (az élet színpada): az élettér egy olyan kis egysége, amelyre egy sajátos fajkombináció jellemző.

pl. kő alatt található élettér

Konzorcium (sorsközösség): a fajok egyedeinek olyan csoportja, melyek topográfiaiilag egy központi magtól függnnek

pl. elhullott állatok teteme, korhadó fatörzs, rókalyuk stb.

Biom: hasonló szerkezetű és felépítésű biocönózisok

pl. lombhullató erdők biomja

### **Vertikális makrostruktúra (rétegezetheg)**

Szintközösségek (szinuziumok vagy sztratocönózisok):

- a közösségek vertikális szintjei
- az erdei életközösségek szinthezetheg gazdagabb, mint a nyílt területeké,
- a trópusi őserdők szinthezetheg gazdagabb, mint a mérsékelt övi erdőké.

Európai lombhullató erdőkben:

- a talaj felső rétege (patoma vagy endogeikus réteg),
- a talaj felszíne (epigeikus réteg),
- a növénytakaró (vegetáció) rétegezetheg
  - zúzmó és mohaszint,
  - gyepszint,
  - cserjeszint,
  - fatörzszsint,
  - lombkoronaszint:
    - alsó,
    - középső,
    - felső.

Óceánokban: - pelágikus zóna:

- epipelágikus zóna (fotikus),
- mezopelágikus zóna (afotikus),
- batipelágikus zóna (200-2500 m),
- abisszopelágikus zóna (2500-6000 m),
- hadopelágikus zóna (6000 m alatt).

- benton felosztása:
  - szupralitorális (hullámok mossák),
  - mediolitorális (ár-apály zóna),
  - infralitorális (fény behatol)
  - cirkalitorális (fotoszintetizáló algák),
  - batiális (200-3000 m),
  - abisszális (3000-6000 m),
  - hadális (6000 m alatt).

A közösségek összetételének analízise:

- összetétel analízise
  - uralkodó és karakterisztikus fajok tisztázása,
  - tér és időbeli ismétlődés,
  - faji összetétel, stb.
- pontthalmaz analízis:
  - szimplex halmaz,
  - komplex halmaz.
- vegetációs térkép.

## Az ökoszisztémák biocönótikus és információs szerkezete

Bioformák (életformák) megjelenése

→ élőhelyhez való alkalmazkodás

Jól jellemezhető egy ökoszisztéma, ha számbavesszük az ott élő bioformákat és hogy ezeknek milyen szerepe van az ökoszisztémában.

A növények, mivel helyhezköttöttek, a legváltozatosabb módon igyekeznek átvészelni a számukra kedvezőtlen időszakokat:

(Raunkiaer dán botanikus nomán)

- fanerofitonok (Ph): rügyben telelők,
- kamefitonok (Ch): talaj felett telelők,
- hemikriptofitonok (H): félig rejtve telelők
- kriptofitonok (K): rejtve telelők,
- terofitonok (Th): egyéves növények,
- hemiterofitonok (TH): kétéves növények)

Az állatvilág életformákba sorolása sokkal nehezebb:

- a kellemetlen hatások elől el tudnak vándorolni,
- életmódjuk sokkal változatosabb.

Sok faj esetében a lárvaalak más életmódot folytat mint a kifejlett állat.

Lehetséges felosztási módok:

- mozgás alapján: - ülő,
  - helyváltoztató.
- táplálkozás módja szerint: - szűrő-szívó,
  - örvényező,
  - szűrő,
  - ragadozó, stb.
- táplálék minősége szerint:
  - növényevő (fitofág),
  - állatevő (zoofág),
  - korhadékevő (szaprofág),
  - mindenevő (polifág), stb.

Evolúcióbiológiai szempontból ideális faj:

- egyedei szaporodóképesen születnek,
- folyamatosan végtelen számú utódot produkál,
- mindig él.

Fitnessz (rátermettség): valamely genotípus várható részvétele a következő generációban.

Csereviszony (trade-off): két életmenet jelleg kölcsönhatása

- az egyik jelleg értékének növelése egy másik jelleg értékének a csökkenése árán érhető le

pl. békák reprodukciós sikere

ének hangossága

predáció

A fitness-t befolyásoló tényezők:

- kor és méret az ivarérettségkor,
- az utódok száma és mérete,
- reprodukzív élettartam:

Paritás:

- szemelparitás: az egyed életében csak egyszer szaporodik  
(pl. sok rovar, egynyári növények stb.)
- iteroparitás: többszöri reprodukció  
(pl. madarak, emlősök, fák) stb.

Rekordok:

Elvileg végtelen élet: osztódás, klonalitás (> 15000 éves növény!)

Gerinctelen rekordok: Actinia 60-70 év; Homarus 50 év, kabóca 17 év

Gerinces rekordok: Homo; sasok; baglyok; teknősök

Néhány példa a szélsőséges utódszámra vagy méretre

- A kékbálna egyszerre egyetlen utódot szül, de annak mérete kb. megegyezik a kifejlett afrikai elefántéval. A fiatal életének első hat hónapjában kizárólag az anya zsírban gazdag tejét fogyasztja, aki ekkor önmaga sem képes táplálkozni a táplálékban szegény trópusi vizekben.

- Az emlősök közt a denevéreknek van testméretükhöz képest a legnagyobb ivadéktömegük. A törpe denevér (*Pipistrellus pipistrellus*) rendszerint ikrákat hoz létre, ezek tömege elérheti az anya testtömegének 50 %-át is. És ne feledjük, a denevér várandósan is röpköd és táplálkozik!
- A szürke kivi nagysága közel megegyezik egy házityúkével (testtömege kb. 2 kg), de tojása 350-400 g, amely 7-8-szorosa a tyúkénak.
- A rovarok közül a trágyabogarak utódszáma meglepően kicsiny: 4-5, ráadásul életükben csak egy alkalommal szaporodnak. Ehhez a rovarok között páratlan, mintegy 50 %-os arányban kell túlélniük a reprodukív kor eléréséig.
- Az orchideák magvai aprók, de számuk a 10<sup>8</sup>-10<sup>9</sup> nagyságrendet is elérheti. Van olyan fajuk, ahol viszont az utódok reprodukcióra képes korig tartó túlélése mindössze 10-9.
- Egyes halak 10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup> ikrát rakhatnak egyetlen íváskor.
- Hosszúéletű fák százezres nagyságrendű magot hozhatnak létre évente.
- Egyetlen termesznőstény összes utódszáma megegyezik kb. teljes Nyugat-Európa emberi népességével.

A földrajzi szélesség és fészekalj mérete közötti összefüggés hipotézisei:

- nappalok hossza,
- a zsákmány diverzitása,
- kompetíció hiánya,
- ragadozók száma,
- reziduális reprodukív érték,
  - a vonulás és az áttelelés nagy veszélyeket hordoz,
- a klíma előrejelezhetetlensége

Thienemann I. törvénye: annál több faj alkot populációt egy biocönózisban, minél természetesebb körülmények uralkodnak az ökoszisztémában, viszont annál kevesebb egyed található az egyes fajokból, minél több faj van.

Pl. trópusi erdők: sok faj, kevés egyed

Thienemann II. törvénye: szélsőséges körülmények között vagy háborított ökoszisztémákban kevés faj és sok egyed található.

→ felhasználható a háborítotttság (zavartság), degradáció, antropogén hatás mértékének a megállapítására.

Egy rendszer komponenseinek kapcsolatát információs szintje tükrözi.

Minél több a kapcsolat az egyes elemek között, annál nagyobb az információ szint

→ a rendszer magasabb szerveződési szintet foglal el.

Ökológiai rendszerekben a komponensek sokasága nem jelent káoszt, entrópiát, hanem változatos kapcsolatok kialakulásának a lehetőségét.

Pl. - trópusi őserdőben:

sok faj és kevés egyed → rengeteg lehetőség új kapcsolatok létrejöttére,

- mérsékelt égövi erdőben kevesebb és stabilabb kapcsolatok.

A létrejövő kapcsolatok tartják egyensúlyban a rendszert.

- ökológiai egyensúly: állandó szinten tartja a fajok egyedeinek számát (limitáló hatások következménye).

Önszabályozás is van:

a komponensek egymásra gyakorolt hatása (kölcsonhatása) határozza meg.

Pl. ragadozó szabályozza a zsákmány egyedszámát, de az is igaz, hogy a zsákmány is befolyásolja a ragadozók egyedszámát.

Az önszabályozás az interspecifikus kapcsolatok során valósul meg

- antagonista fajok között létrejön egy egyensúlyi helyzet,

- az egyes egyensúlyi helyzetek váltakozva követik egymást.

Pl. felszaporodik a zsákmány → ragadozók szaporodása → zsákmányállat számbeli csökkenése → ragadozók számának csökkenése

Dinamikus egyensúly: egy átlag körül ingadozik, de kívülről figyelve a rendszert stabilnak látjuk.

Pl. vándormadarak a Duna-Deltában.

### **Cökológiai karakterisztikák**

**Abszolút abundancia** egy fajhoz tartozó összegyedszám törve a minták számával (pl. Talajcsapdák száma):

$$Aa = N / np$$

ahol: Aa = abszolút abundancia;

N = egy fajoz tartozó összegyedszám;

np = minták száma.

Az egyedsűrűség helyett használható, mivel egy felületegységre jutó egyedszámról kapunk információkat.

**Relatív abundancia:** egy relatív tömegviszonyokat kifejező cönológiai karakterisztika. Azt fejezi ki, hogy valamely faj egyedszáma hány százalékát teszi ki a vizsgált életközösségben található fajok összegyedszámának. A következő képlet segítségével számítható ki:

$$Ar = (n / N) \times 100$$

ahol: Ar = relatív abundancia;  
n = a vizsgált faj egyedszáma;  
N = összegyedszám;  
100 = százalékos arányítási tényező.

Az relatív abundancia kiszámításával megtudhatjuk, hogy az egyes fajok milyen mértékben járulnak hozzá a közösség felépítéséhez (Stan 1995):

- D1 < 1,1% - szubrecedens fajok;
- D2 = 1,1 – 2% - recedens fajok;
- D3 = 2,1 – 5% - szubdomináns fajok;
- D4 = 5,1 – 10% - domináns fajok;
- D5 > 10% - eudomináns fajok.

**A frekvencia:** egy strukturális cönológiai karakterisztika. Megmutatja, hogy valamely faj a minták hány százalékában fordul elő. A következő képlet alapján számítható ki:

$$F = (p / P) \times 100$$

ahol: F = frekvencia;  
p = az egyes fajokat tartalmazó minták száma;  
P = össz mintaszám;  
100 = százalékos arányítási tényező.

A frekvencia alapján fajokat a következő konstancia értékkategóriákba soroltuk be:

- F < 25% - véletlenszerűen (akcidentális) előforduló fajok;
- F = 25,1-50% - kísérő vagy kiegészítő (akcesszórius) fajok;
- F = 50,1 – 75% - konstans fajok;
- F = 75,1 – 100% - eukonstans fajok.

**Szimilitást (hasonlóságot)** is számíthatunk a különböző élőhelyeken, különböző mikroklimatikus hatások mellett kialakuló élőlényközösségek hasonlóságának vizsgálatára.

A Jaccard index képlete:

$$S_a = a / (b+c-a)$$

ahol:

$S_a$  = Jaccard hasonlósági koefficiens;

$a$  = mindkét összehasonlítandó helyen megtalálható fajok száma;

$b$  = fajok száma, amelyek  $b$  helyen találhatóak meg;

$c$  = fajok száma, amelyek  $c$  helyen találhatóak meg.

Az eredmények értékelése:

- ha  $S_a = 0$ , akkor a két összehasonlítandó terület teljesen különböző;

- ha  $S_a = 1$ , akkor a két összehasonlítandó terület teljesen azonos.

A Horn index képlete a következő:

$$R_o = \frac{\sum[(X_{ij}+X_{ik})\log(X_{ij}+X_{ik})] - \sum(X_{ij}\log X_{ij}) - \sum(X_{ik}\log X_{ik})}{[(N_j+N_k)\log(N_j+N_k)] - (N_j\log N_j)}$$

ahol:

$R_o$  = A Horn hasonlósági index  $j$  és  $k$  számú minták esetében

$X_{ij}$ ,  $X_{ik}$  = az  $i$  fajok egyedszáma  $j$  és  $k$  számú minták esetében;

$N_j = \sum X_{ij}$  = az összes egyed száma  $j$  számú minták esetében;

$N_k = \sum X_{ik}$  = az összes egyed száma  $k$  számú minták esetében.

Az összehasonlításnál a gyakoribb fajokat veszi figyelembe.

Logaritmálva az adatsort, a kevésbé gyakori fajok jelentősége megnő az összehasonlításnál (mivel csökkennek a számadatok közti különbségek).

**Cönótikus affinitási index:** együtt előforduló fajok kimutatására használják, a fajok közötti kapcsolatok szorosságára utal.

Képlet:

$$A = c / (a + b - c) \times 100$$

ahol:

$A$  = cönótikus affinitási index;

$a$  = próbák száma, melyekben jelen volt az  $A$  faj;

$b$  = próbák száma, melyekben jelen volt a  $B$  faj;

$c$  = mindkét fajt tartalmazó próbák száma.



**Diverzitás:** a biocönózis felépítésében részvevő faj és egyedszám arányát fejezi ki.

A Shannon – Wiener képlet segítségével számítható ki:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

ahol:

$H'$  = Shannon-diverzitási index;

$p_i$  = az  $i$  faj egyedszámának aránya az összegyedszámhoz ( $n_i/N$ );

$n_i$  = az  $i$  faj egyedszáma;

$N$  = összegyedszám;

A számításokban  $\log_{10}$  vagy  $\ln$  használata ajánlott. A  $\log_{10}$  megszorozva egy konstans értékkel ( $k = 3,322819$ ) átalakítható  $\ln$ -ra.

## Az ökoszisztémák trofodinamikai szerkezete

### A táplálkozási kapcsolatok felosztása

#### 1. A táplálkozási típusok elnevezése

##### 1.1. Producensek vagy primer producensek:

→ az energiaforrást nyújtó növények.

##### 1.2. Növényevők (fitofágok, herbivorok) vagy elsődleges fogyasztók (primer konzumensek).

Lehetnek:

###### 1.2.1. fitoepiziták

→ nagyobb termetűek, több növényt fogyasztanak,

###### 1.2.2. fitoparaziták

→ kisebb termet, általában egy tápnövényen táplálkoznak.

##### 1.3. Szekunder konzumensek a növényevőket fogyasztják.

Lehetnek:

###### 1.3.1. ragadozók (predátorok);

###### 1.3.2. élősködők (paraziták)

###### 1.3.3. parazitoidok.

##### 1.4. A csúcsragadozók („tercier konzumensek”)

→ növényevőket és ragadozókat egyaránt fogyasztanak.

##### 1.5. A lebontók (dekomponálók, régebbi nomenklatúrák szerint: reducensek vagy rekuperánsok)

→ holt szerves anyagokon táplálkoznak.

Lehetnek:

###### 1.5.1. detritofágok (holt növényi anyagot fogyasztanak);

###### 1.5.2. koprofágok (ürülékevők),

###### 1.5.3. nekrofágok (hullaevők).

#### 2. A táplálkozási kapcsolatok formái

##### 2.1. Növény – herbivor viszony

##### 2.2. Ragadozó - zsákmány viszony

##### 2.3. Parazita – gazda viszony

##### 2.4. Parazitoid – gazda viszony

- a továbbiakban mind: „predáció”.

### Táplálkozási kapcsolatok („predáció”)

Az ökoszisztémák trofodinamikai szerkezetét a táplálkozási kapcsolatok határozzák meg.

Ezekben a kapcsolatokban a konkurencia az egyik meghatározó tényező.

A konkurencia elől való kitérésnek számos lehetősége van:

pl. lappantyú (*Caprimulgus europaeus*) – a törzs szintjén,  
denevérek a koronaszint fölött vadásznak.

### A táplálkozási kapcsolatok alapmodellje

$$\begin{aligned}\frac{dN_1}{dt} &= N_1(a_1 - c_{12}N_2) \\ \frac{dN_2}{dt} &= N_2(a_2 + c_{21}N_1)\end{aligned}$$

$N_1$  és  $N_2$  – zsákmány és ragadozó populáció egyedszáma,

$a_1$  és  $a_2$  – a populáció belső koeficiense,

$c_{12}$  és  $c_{21}$  – kölcsönhatási koeficiensek.

### A „predáció” Lotka-Volterra típusú alapmodellje

$$\begin{aligned}\frac{dN_1}{dt} &= N_1(r_{\max 1} - c_{12}N_2) \\ \frac{dN_2}{dt} &= N_2(-g + c_{21}N_1)\end{aligned}$$

$r_{\max 1}$  – a zsákmány populáció maximális szaporodási koeficiense,

$g$  – a ragadozó populáció egyedszámváltozásának koeficiense.

A predáció – ragadozó és zsákmány viszonyát fejezi ki.

- nem csak a nagytestű húsevő ragadozók (karnivorok) tartoznak ide, hanem a rovarévők is, sőt tágabb értelemben a növényevőket is ide lehet sorolni (pl. magpredátorok).

- fontos szerepet töltenek be az egyes populációk egyedsűrűségének szabályozásában.

## A Volterra - szabály

Ha a zsákmány és a ragadozó populációját egyenlő mértékben csökkentjük, a zsákmány egyedszáma nőni, a ragadozóé csökkenni fog.

Az előző modell a következőket feltételezi:

- a zsákmány populációja a ragadozó hatása nélkül exponenciálisan nő,
- mindkét populáció azonnal reagál a másik populáció változásaira,
- a ragadozó véletlenszerűen keres,
- a ragadozó a zsákmányt pillanatszerűen kapja el és azonnal szaporodásra hasznosítja.

## Volterra „predációs” modellje (1929):

$$\begin{aligned} \frac{dN_1}{dt} &= N_1 (r_{\max 1} - c_{11}N_1 - c_{12}N_2) \\ \frac{dN_2}{dt} &= N_2 (-g + c_{21}N_1) \end{aligned}$$

$c_{11}N_1$  - az első populáció egyedszámtól függő negatív visszacsatolása.

Szuperparazitizmus: a parazitának is parazitája van.

Kommensalizmus (asztalközösség): az egyik szervezet jelenléte semlegesén hat egy másik szervezetre, viszont az pozitívan hat az előzőre.

- pl. keresztcsőrű - mókus
- oroszlán – keselyű, hiéna

Táplálkozási lánc: a trofikus kapcsolatok egymás utáni sora.

- pl. alga → ágascsapú rák → fogas ponty → csuka,
- levél → levéltetű → katicabogár → pók → légykapó → héja

A táplálkozási láncot alkotó egyes komponensek viszont általában nem egyetlen másik komponenssel táplálkoznak.

→ a táplálkozási láncok elágaznak.

A táplálkozási láncok táplálkozási hálózatokat hoznak létre.

Táplálkozási piramisok: táplálkozási szintek grafikus ábrázolása.

Legnagyobb hatásfoka a változó testhőmérsékletű állatoknak van.

- alacsonyabb hőmérsékletre csökkentik testhőmérsékletüket.

pl. kígyók

Az agroökoszisztémák hasonló piramisokkal ábrázolhatók.

- a megtermelt növények egy hányadát kártevők fogyasztják,

- a csúcson, mint csúcsragadozó az ember helyezkedik el.

### **Komplexitás és stabilitás**

(1) MacArthur eredeti hipotézise (1957):

- nagyobb komplexitás – nagyobb stabilitás,

(2) Gardner & Ashby (1970) cikke:

- kisebb komplexitás – kisebb stabilitás általában,

(3) May (1972) cikke:

- kisebb komplexitás –

- kisebb stabilitás táplálkozási hálókon,

(4) May (1973) könyve:

- kisebb komplexitás –

- kisebb stabilitás táplálkozási modelleken.

## Az ökoszisztémák produkcióbiológiai szerkezete

### Produkcióbiológia

A biológiai anyag termelődésének, az ökoszisztémában lezajló anyag- és energiaforgalomnak a törvényszerűségeit vizsgáló tudományág.

Bioprodukciónak (termelés) az időegység alatt előállított szervesanyag mennyiség terület vagy térfogategységre vonatkoztatva.

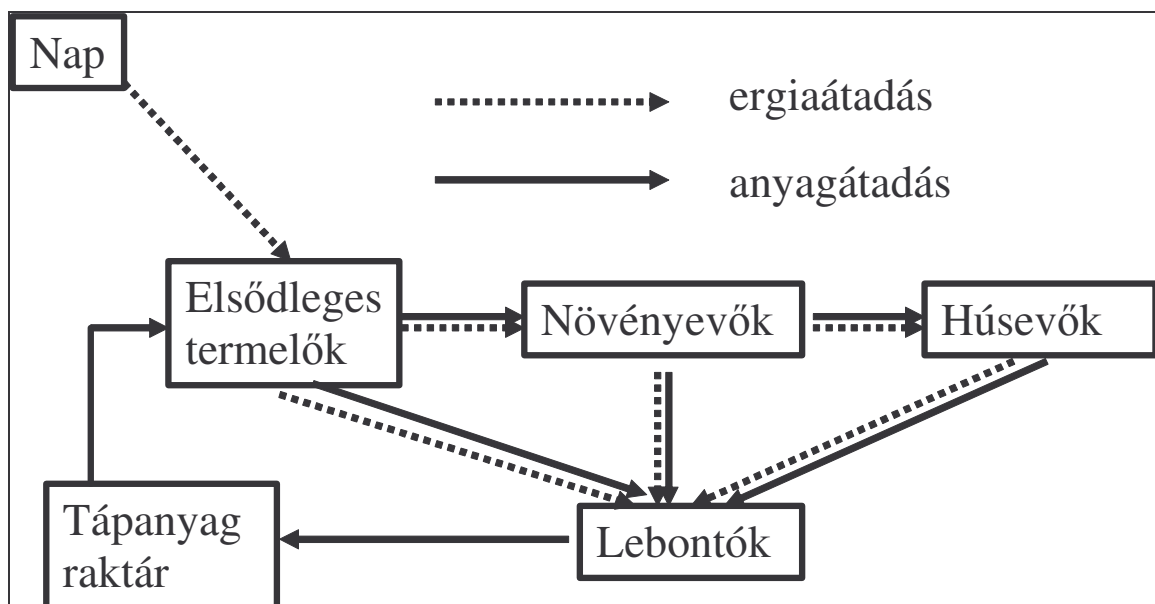
- az élőlények szervesanyag-termelése.
- a termelés fontos mutatója minden ökoszisztémának.

Termelési szintek:

- primer szint – elsődleges termelők szintje,
  - autotróf szervezetek,
- szekunder szint – másodlagos termelők szintje,
  - heterotróf szervezetek.

Az anyagátadás ciklikus.

Az energiaátadás egyirányú és aciklikus.



### Biomassza

- növényi és állati szervezetek által termelt szervesanyag.
- valamely élettérben adott pillanatban lévő szerves anyagok és élőlények összessége.
- mennyisége megadható az egyedek számában, tömegében, energiatartalmában.

Az ökoszisztémában létrejövő szervesanyag-mennyiség a zöld növények által a fotoszintézis során a Nap sugárzó energiájából átalakított és megkötött kémiai energia. Ez az energiamennyiség áll rendelkezésre a növény saját életfolyamataira, valamint az állatok számára.

- a biomassa tehát transzponált napenergia.

Egy adott területen lévő szervesanyag-mennyiséget a beérkező napsugárzás mennyisége és a területen megtalálható vegetáció típusa határozza meg.

Az ebből hasznosított mennyiséget azonban a fogyasztói struktúra is jelentősen befolyásolja

A biomassa lehet:

- növényi biomassa vagy fitomassa,
- állati biomassa vagy zoomassa.

A termelési-felhasználási láncban elfoglalt helyük alapján:

- elsődleges biomassa: vegetáció,
- másodlagos biomassa: állatvilág,
- harmadlagos biomassa: ipari termékek és melléktermékek.

**Elsődleges termelékenység:**

- az a sebesség, amelyvel az energia elraktározódik szerves anyagok formájában a fotoszintézis során az elsődleges termelők által.

Megkülönböztetünk:

- bruttó vagy teljes elsődleges termelékenységet  
(Gross Primary Productivity) - GPP
- nettó elsődleges termelékenységet  
(Net Primary Productivity) – NPP

$$\mathbf{GPP = NPP + R}$$

$$\mathbf{NPP = GPP - R}$$

R – felhasznált energiamennyiség.

### Másodlagos termelékenység:

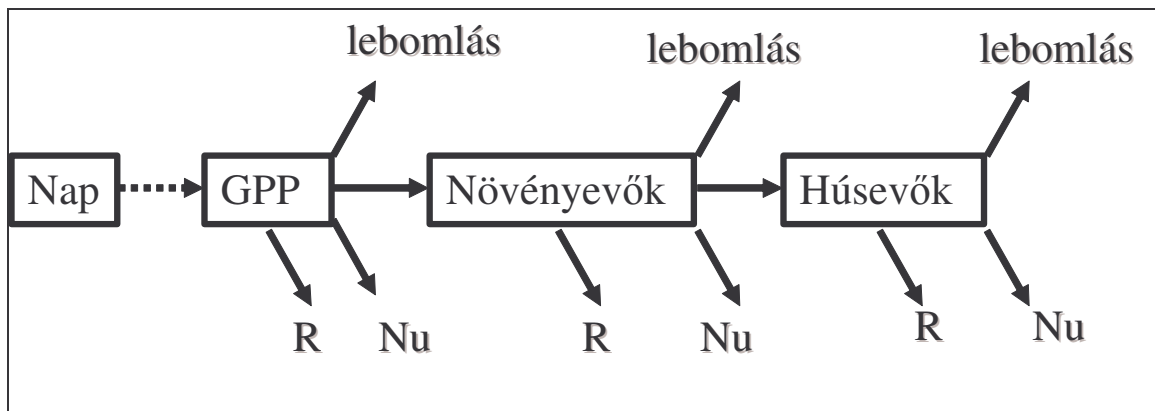
- a szervesanyag felhalmozódási sebessége (rátája) a fogyasztók szintjén

Megkülönböztetünk:

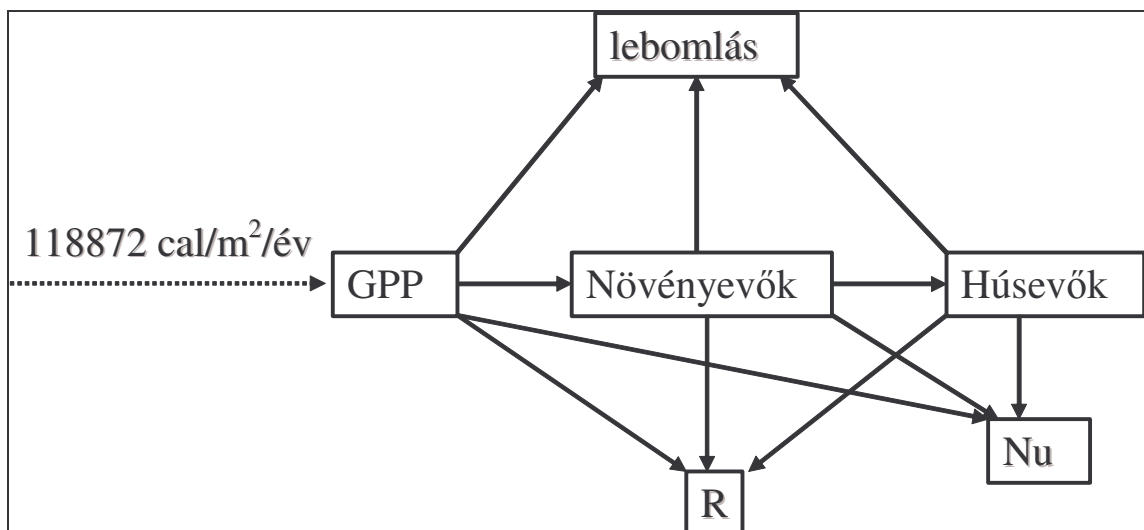
- bruttó vagy teljes fogyasztást - C
- egy része asszimilálódik – A
- másik része nem használódik fel - Nu
- nettó másodlagos termelékenységet – Pn

$$C = A + Nu, A = Pn + R, C = Pn + R + Nu$$

Energiaáramlási modell:



Szintetikus modell:





## Az elsődleges termelés (produkción) becslése

- különbségek vannak a vízi és szárazföldi biocönózisok között

NPP = súlygyarapodás + elveszett szervesanyag mennyiség (időben)

Szárazföldi becslési módszerek

- begyűjtés módszere:

$$NPP = \Delta B = B_0 - B_1$$

- figyelembe kell venni a mortalitást (M) és a növényevők által elfogyasztott szerves anyag mennyiségét (C).

$$NPP = \Delta B + M + C$$

- CO<sub>2</sub> mérésének módszere,
- radioaktív izotópok módszere (C<sup>14</sup>).

Vízi becslési módszerek

- fehér és fekete üvegcsék módszere:
- O<sub>2</sub> dinamikájának módszere.

## A másodlagos termelés (produkción) becslése

A másodlagos produkció a heterotróf fogyasztó és lebontó szervezeteinek a biomasszanövekedése.

Nettó másodlagos termelékenység:

- a populáció összes egyedének gyarapodása időegység alatt.

Nemcsak a túlélő egyedek súlybeli gyarapodása.

Figyelembe kell venni:

- emigráció,
- immigráció,
- mortalitás,
- összes fejlődési stádiumok,
- dinamikát és korösszetételt,
- egyedsűrűség és biomassza.

## **A bioszféra ökológiai és biogeográfiai felosztása. Biotípusok.**

### **Az ökoszisztémák dinamikája**

A bioszféra szerkezete:

- óceánok (tengerek),
- kontinentális édesvizek,
- szárazföldek.

#### **Óceánok**

- egymással összekapcsoltak → VILÁGÓCEÁN (kivételek: Kaspi-tenger és Aral-tó)
- a Föld felszínének nagy részét borítják (70%),
- területe: 361.100.000.000 km<sup>2</sup>,
- térfogata: 1.370.000.000.000 km<sup>3</sup>,
- átlagos mélysége: 3790 m
- a Föld biomasszájának 1/6-át termelik (0,01 kg/m<sup>3</sup>, míg szárazföldön 2 kg/m<sup>2</sup>),
- élővilágát kevés faj és sok taxon alkotja
  - 26 osztály képviselői csak itt fordulnak elő,
- trópusi vizekben nagyobb a biodiverzitás
  - főleg baktériumok.

#### **Szárazföldi életterek**

- a Föld felületének 30%-át alkotják,
- nagyon sok a limitáló faktor
  - pl. nedvesség – ami a tengerben nem limitáló faktor,
  - nagyobb hőmérsékletingadozások,
  - légmozgás,
  - talaj tápanyag összetétele.
- a mikroklímát sok esetben a növényzet határozza meg,
- sajátos rétegződés (talajban, talaj felszínén, növényeken),
  - pl. rovarok és rovarevők egymásra gyakorolt hatása

## Erdők

- fák által dominált ökoszisztémák
- nem teljesen egységes felület: vannak tisztások, folyók, mocsarak, sziklák

### Trópusi őserdők

- északi és déli 20o szélességi körök között alakulnak ki  
(Dél- és Észak-Amerika, Afrikában Nyugat-Kongó,  
Dél-Kelet Ázsia, India déli és nyugati része)
- óriási mennyiségű csapadék (átlag 2.000 mm/év, de néha meghaladja a 4.000-et is),
- a levegő páratartalma meghaladhatja a 80%-ot,
- az évi átlag hőmérséklet 20-30 Co,
- gyors anyagkörforgás (nincs avar és nincsen humusz),
- kevés a lombhullató → örökzöldek,
- nagyon magas biodiverzitás (kb. 50-70 fafaj, 4.000 növényfaj),
- sok epifiton növény és fánlakó állat,
- kevés nagytetű növényevő és ragadozó,
- sok termésvő és rovarvő – rengeteg madár,
- bonyolult interspecifikus kapcsolatok.

### Mérsékelt égövi erdők

- szezonális változás jellemzi,
- lombhullatók → avarréteg felhalmozódása  
→ lassú lebontás,  
→ talajlakó szervezetek közössége alakul ki.

- a szervesanyagtermelés nagy vízfogyasztással jár

- Pl. bükkösök esetében 100 g sz.a. termeléshez 17 liter víz  
nyíreszekben esetében 100 g sz.a. termeléshez 31 liter víz  
lucosokban 100 g sz.a. termeléshez 50 liter víz
- az erdőkben jelentős mennyiségű víz tárolódik  
(2-4 millió l víz/ha)
  - óriási faanyagmennyiség (500 m<sup>3</sup>/ha)  
és benne tárolt víz (200-400 t)

### Erdőtípusok:

- lucosok – hegyvidéken
  - tápanyagokban szegény talaj,
  - aljnövényzet: mohák, áfonya,
- vegyes erdők (luc-bükk kombináció)
  - jelen lehet éger, tiszta, gyertyán,
  - több lágyszárú növény,
- bükkösök
  - jelen van: hárs, juhar, cser- és kocsányos tölgy,
- tölgyesek
  - domb- és síkvidéken mozaikosan, foltokban,
  - jelen van: vackor, kőris, som,
- ligeterdők
  - főleg folyók mentén
  - alkotó fajok: nyár, éger, fűz.

### Füves területek, szavannák, sztyeppék

- meleg éghajlati öveken
  - (É-Amerika – préri, Afrika – szavanna, Európa – rét, Ázsia – sztyepp),
- gyakran sivatagos területekkel határosak,
- csapadékszegény vidékeken, szegény talajokon alakultak ki,
  - (kb. 25 millió éve, az őserdők 8-10.000 évesek),
- Európában erdőpusztítás következtében jöttek létre,
- jellemző állatok: nagytestű növényevők, üreglakók

### A tajga (orosz-szibériai őslakosok nyelvén vadont jelent)

- Északi-Féltekén: Észak-Amerika, Eurázsia – Szibéria területe
- tűlevelű erdők alkotják,
- rövid nyár – alig 4 hónap vegetációs időszak (0Co),
- kemény, zord telek – az év legnagyobb részében a talaj fagyott
- rovarvilág: szúnyogok,
- rágcsálók,
- keresztcsőrű és csonttollú madarak,

## **A tundra** (finn nyelven fátlan fennsíkot jelent)

- a tajgától még északabbi területeken alakul ki,
- itt már fás növényzet nem tud megélni: füvek, zuzmók, mohák,
- 50 napig tart a nyár, ilyenkor 24 óra a megvilágítás,
- rovarok: főleg kétszárnyúak – szúnyogok,
- madárvilág: sarki hófajd, aranylile, hóbagoly,
- rovarvő: cickányok,
- nagytestű növényevők: pézsmatulok, rénszarvas,
- ragadozók: farkas, fehérfarkú rétisas, sarki róka

## **Déli-Sarkvidék**

- Antarktisz – csupán 2-3% jégmentes
- az élet a peremvidékre korlátozódik,
- az itt élő szervezetek a tengerből táplálkoznak,
  - erőteljes fitoplankton és zooplankton fejlődés  
(krill – garnélák családjába tartozó rákok),
- növényzet: mohák, zuzmók,
- madarak: pingvinek, rablósirály, sarki csér,
- ragadozók: medvefóka, kardszárnyú delfin.

## **Sivatagok** (lehet homok-, kő- és hósvatag)

- a homoksvatagokban a hőmérséklet elérheti az 55 C°-t,
- nagy hőingadozás (éjszaka 0 C°-ra is lehűlhet),
- növények: kaktuszok (Amerika), kutyatejfélék (Afrika),
- ízeltlábúak: skorpiók, pókok, rovarok – nappal a föld alatt,
- hüllők: tuskésfarkú gyík, csörgőkígyó,
- emlősök: svatagi róka, puma, préri farkas, egyiptomi ugróegér,
- oázisok alakulnak ki.

## **Az ökoszisztémák dinamikája**

- sokrétű változás: ritmikusak és véletlenszerűek

Ritmikus változások:

- napszakos változások:
  - diurn szervezetek nappal,
  - krepuszkuláris szervezetek szürkületkor,
  - nokturn szervezetek éjszaka,
  - aritmikus szervezetek.

- szezonális tevékenységek: évszakos váltakozások

Ökológiai szukcesszió:

- a biocönózis fajösszetételének fokozatos változása.

Az élőlények módosítják élőhelyüket kedvezőtlen környezet

→ a fajok fokozatosan kicserélődnek.

**Odum:** az ökológiai szukcesszió 3 tulajdonsága

- előrelátható, rendezett és irányított folyamat,
- biocönózis által szabályozott,
- klimaxnak nevezett stádiummal ér véget  
(maximális biomassza, nagy stabilitás).

Kísérlet: pocsolyából vagy tóból merített víz.

**Clements:**

- monoklimax elmélete: egy földrajzi területen csak egyféle klimax

**Tansley:**

- poliklimax elmélete

**Clemenst és Glison:**

- az ökológiai szukcesszió folyamatáért csak a növények felelősek

**Shelford:**

- bebizonyítja a mikroorganizmusok szerepét

**Lindeman:**

- autotrof-heterotrof kölcsönhatások szerepe

**Margalef:**

- ökoszisztéma maturitásának a fogalma (klimax megfelelője),
- az energiafluxus módosulásainak a következménye,
- maturitási stádiumban a produkció egyenlő a respirációval,

**Modern elméletek:**

- holisztikus pozíció: az ökológiai szukcesszió az egységes rendszerként ható biocönózis fizikai környezetre gyakorolt hatásainak a következménye,
- individualista pozíció: a szukcesszió a biocönózist alkotó populációk közti kompetíciós kölcsönhatások eredménye

**A szukcesszió 2 fázisa:**

- kezdeti fázis – véletlenszerű folyamat
- későbbi fázis – önszabályozási mechanizmusok.

**Szukcesszió típusok:****Szubsztrátum típusa szerint:**

- elsődleges (primer) szukcesszió
- másodlagos (szekunder) szukcesszió

**Táplálkozási szempont szerint:**

- autotrof szukcesszió
- heterotrof szukcesszió

**Mayer: különböző életterek benépesítésének típusai**

- autochton adaptív radiáció
  - őshonos fajokból (mutáció, evolúció),
- ismételt (többszöri vagy folytonos) kolonizáció egyetlen forrásból
  - szigetek benépesítése kontinensről (pl. Galapagos)

- ismételt vagy folyamatos kolonizáció több forrásból
  - fajok behurcolása más kontinensekről
- két flóra vagy fauna összeolvadása
  - Észak-Amerika élővilágának kialakulása
- különös élőhelyekhez való alkalmazkodás
  - barlangok, magas hegyek, mélytengeri élővilág

Ezek a benépesülési formák kombinálódhatnak is egymással.

Szukcesszió vízi ökoszisztémáknál – természetes eutrofizálódás

oligotrof stádium → mezotrof stádium → autrofizált stádium

A szukcesszió folyamatának jellemzése:

- a fajösszetétel az első stádiumban gyorsan módosul,
- nő az egyedek mérete,
- a diverzitás nő, stabilizálódik, majd csökken,
- nő a biomassa mennyisége,
- a produkció kezdetben nő, majd stabilizálódik,
- a respiráció nő,
- élelciklus szerint: „r” típus → „K” típus,
- csökken az entrópia,
- nő az információs szint,
- nő az energiafelhasználás hatékonysága.



# Ökológiai irányzatok a XX. században

## Bevezetés

A XX. század politikai és gazdasági fejlődésével párhuzamosan

- kialakulni a modern ökológiai nézetek,
- napjainkra szervesen jelen vannak a fejlett ipari országokban,
- a század végére befolyásoltságra tettek szert képviselőik, szervezeteik által.

Ennek ellenére a környezetvédelmi eszmék megismerése, azok gyakorlatba való átültetése mind a mai napig háttérbe szorul a gazdasági érdekekkel szemben.

Az utóbbi évtizedekben:

- a fejlett országokban
  - ökológiai szemléletváltás,
- a fejlődő országokban
  - a gazdasági fejlődés szükségletei háttérbe szorítják a környezetvédelmi szempontokat.

A nyugat-európai országokban, elsőként az angolszász országokban

- polgárjogot nyert és kifinomálódott a legfinomabb érvrendszer:
  - környezeti kultúra kialakulására,
  - ökológiai „örökség” megőrzésére.

A környezet- és természetvédő mozgalmak itt számlálják a legtöbb tagot, sőt az utóbbi évtizedekben ún. radikális ökológiai mozgalmak kialakulása is elkezdődött.

Ugyancsak fontos megjegyezni, hogy az angolszász és a germán országokból ismertek az elméleti ökológia legnagyobb kiválóságai is, szemben a dél-európai katolikus országokkal.

Az a feltételezés tehát, miszerint a vallások és a természetvédelem között összefüggés van, már jól ismert tény, számos elméleti szakember, nem utolsósorban filozófus művéből.

## **I. Humanista (antropocentrista) irányzat**

Abból indul ki, hogy a természet óvása által az ember önmagát védi.

A környezetnek itt nincs semmiféle belső értéke:

- annak felismeréséről van szó, hogy az ember az őt körülvevő világ lerombolásával nyilvánvalóan a saját létét is veszélybe sodorja.

A természet csupán körülveszi az embert, a periférián helyezkedik el, nem pedig a középpontban.

Többnyire ez jellemzi a fejlődő országok ökológiai nézeteit, a természetet minden komponensével alárendeli az emberi jólétnek.

## **II. Morális irányzat**

- Ez az irányzat egy lépéssel közelebb áll ahhoz, hogy morális jelentőséget tulajdonítson nem emberi lényeknek.
- Lényege, hogy komolyan veszi azt az elvet, amely szerint nem csupán az ember önnön érdekeit kell figyelembe venni, hanem általánosabb alapon arra kell törekedni, hogy a lehető legkisebbre csökkenjen az okozott szenvedés és kár mértéke.
- Ebből az irányzatból bontakozott ki az angolszász világban a hatalmas, „állat-felszabadítás” néven közismert mozgalom.
- Ez az irányzat már rést ütött az antropocentrizmus bástyáján, mivel az állatokat beemeli a morális megfontolások szférájába.
- Ez jellemző a nyugati, fejlett társadalmak ökológiai szemléletére, elsősorban a nem materiális szempontokat előtérbe helyező csoportok, klubok, szervezetek, stb. révén.
- Green Peace, World Wildlife Fund, Bird Life International, stb.
- Állatvédelmi törvények, tiltakozó akciók az olajszenyezések, állatkísérletek, háziállatok kínzása, embertelen körülmények között való tartása, leölése és fogyasztása, stb. ellen.

Az Állati Jogok Egyetemes Nyilatkozata, 1978-ban látott napvilágot, alig harminc évvel az Emberi Jogok Nyilatkozata után.

„Minden állat egyenlőnek jön a világra, és azonos létjogokkal rendelkeznek.”

Jelenleg az Egyesült Államokban, Kanadában vagy Németországban se szeri, se száma az állatok metafizikai és jogi státusának szentelt akadémiai előadásoknak.

A vegetarianizmus térnyerése Angliában :

- 1945-ben a lakosság mindössze 0,2 %-a volt vegetáriánus,
- 1980-ra már 2 %-a,
- 1991-re pedig 7 %-a.

### **Humanizmus kontra Moralitás**

- E két irányzat, mintegy paradox módon egymással ellentétes nézetekre is támaszkodik, ugyanis a fejlett ipar és mezőgazdaság révén kialakult anyagi jólét az egyik katalizálója számos morális nézet kialakulásának.
- Más szóval, ha a megélhetés a tét, többnyire minden más nézet háttérbe szorul, nem beszélve a potenciálisan anyagiakkal kecsgetető természeti források értékéről.

### **Modern ökológiai irányzatok**

#### **Gaia-elmélet (James Lovelock)**

A Föld egyetlen egységes és önszabályozó rendszer,

Az élet számára megfelelő tartományban stabilizálja

- a légkör összetételét és a hőmérsékletét,

Külső körülményektől függetlenül állandó értéken tartja belső tulajdonságait:

- a Nap energia-kibocsátása 25%-al nőtt mióta élet van a Földön
- a hőmérséklet mégis megmaradt az élet számára megfelelő tartományban.

→ algák fontos szerepe (dimetil-szulfid termelése)

→ felhőképződés (margaréta modell).

Az élet fennmaradása annak köszönhető, hogy Gaia öngyógyító, önszabályozó rendszer  
→ dinamikus egyensúly.

- az ember a Föld számára olyan, mint egy kórokozó mikroorgánizmus, vagy egy rosszindulatú daganat → intelligens parazita (?).

A Nap egyre melegebbé válik, mert a csillagfejlődésnek abban a szakaszában van, amelyben a csillag tágul és nő a fénykibocsátása.

Kiszámították, hogy a jelenlegi önszabályozó folyamatok nem tudják megakadályozni bekövetkező nagy felszínhőmérséklet-növekedést,

→ kialakul valamilyen új önszabályozó mechanizmus.

Az, ami nem jó az embernek, sok esetben előnyös az egész földi élővilág, tehát Gaia számára  
→ például egy új jégkorszak.

Gaia egészséges állapotának a jégkorszakot tekinthetjük, míg a jégkorszakok közötti periódusok lázas állapotnak felelnek meg.

A beteg bolygót akkor lehet sikerrel meggyógyítani, ha nemcsak egy-egy különálló környezeti problémára figyelünk, hanem egységben és összefüggéseiben vizsgáljuk és kezeljük a Földet. Olyan erősen kötve vagyunk a Földhöz, hogy az ő betegsége a mienk is.

### **Mélyökológia (Arne Naess)**

- Ebben az irányzatban a politikai gondolkodók „régit” „társadalmi szerződése” átadja a helyét egy „természeti szerződésnek”, amelynek értelmében a természet jogalannyá válik.
- A fő gondolatmenet ebben az esetben nem az, hogy az embert kell mindenek előtt megóvni önmagától, hanem a természetet kell megvédeni az embertől.
- Ezen irányzat a „mély ökológia” (deep ecology) elnevezést kapta, megkülönböztetendő a „felületi ökológiától” (shallow ecology).
- Képviselői (Aldo Leopold, Christopher D. Stone - USA; Hans Jonas - Németország; stb.) a természetnek jogalannyá való nyilvánításán, és ezzel együtt annak az emberhez való felemelésén fáradoznak.

- Gyakorlati megfontolásból kiindulva, ha az emberi lényeket, függetlenül azok nemi, faji, életkori, vallási, anyagi, stb., helyzetétől megilleti a jogi képviselő, sőt az ember által létrehozott fizikai objektumokat (gyárakat, üzemeket, épületeket, stb.) is, miért ne illetné meg mindez a természetet is.
- 1972-ben jelent meg egy nagyon komoly lapban (Southern California Law Review) Christopher D. Stone cikke: „Megilleti-e a fákat a jogi státusz? A természeti tárgyak jogainak törvényesítése felé”.
- A cikket egy meglehetősen nagy visszhangot keltett per ihlette. 1970-ben az amerikai erdőgazdaság (The US Forest Service) a Walt Disney Company számára engedélyt adott ki, amely alapján beruházásokat végezhet Sierra Nevadában egy addig érintetlen területen, a Mineral King völgyben.
- Tiltakozásként a Sierra Klub – a világ talán legbefolyásosabb ökológiai egyesülete – feljelentést tett arra hivatkozva, hogy a beruházások a Mineral King esztétikai képének és természeti egyensúlyának a szétrombolásával fenyegetnek.
- A bíróság elutasította a keresetet, mivel a beruházások nem fenyegették a Sierra Club közvetlen érdekeit.

*(az amerikai jog azon az eszmén alapszik, hogy a jogrendszer az érdekek védelmét szolgálja, nem pedig elvont értékeket).*

- Stone professzor erre a legteljesebb komolysággal javasolta:  
*„Adjuk meg a törvényes jogokat az erdőknek, a folyóknak, az óceánoknak, és minden természetinek nevezett tárgynak a környezetünkben, sőt az egész környezetünknek. Ha sikerülne elérni, hogy a bíróság a parkot jogi személynek tekintse – abban az értelemben, amelyben a vállalatok is annak számítanak – akkor a jogokkal rendelkező természet fogalma jelentős változásokat idézhetne elő az eljárásokban...”*
- Mikor lehet egy lényről elmondani, hogy „törvényes jogokat visel”?
  - Először is kezdeményezhessen jogi cselekményeket a saját érdekében;
  - Másodszor egy esetleges perben a bíróság figyelembe vegye a vele szemben elkövetett károkozást, vagy jogsérelmet;
  - Harmadszor pedig az esetleges jogorvoslás kedvezményezettje közvetlenül ő legyen.
- Számos jogi vita során kimutathatóvá vált, hogy a „természeti értékek” könnyedén megfelelnek mindhárom feltételnek, ha elfogadjuk, hogy más, nem gondolkodó jogalanyokhoz hasonlóan a bíróság előtt képviselői közreműködéssel szerepelnek ökológiai vagy egyéb szervezetek által.

- Napjainkban számos nyugat-európai neves jogász vall hasonló nézeteket, és kölcsönösen elfogadják azt, hogy felül kell vizsgálni a humanizmus észjárását, amely szerint egyedül az ember lehet jogi személy.
- Marie-Angèle Hermitte szavait idézve:  
*„Egy természetes ökoszisztéma jogalany lehet, bizottság vagy társaság képviselheti önmagához való jogainak érvényesítését, azon jogát, hogy megőrizhesse állapotát, illetve még jobb állapotba kerülhessen”.*
- Noha a gondolatmenetek gyakran vitathatóak, ennek ellenére lehetővé tennék a nagy természet- és környezetszennyezők perbe fogását, még a közvetlen érdekek megsértésének hiányában is.
- Ismeretes számos olyan eset, amikor a nagy pusztításokat végző vállalatokat nem lehetett leállítani, mert a szennyezés olyan zónákban történt, ahol „semmilyen egyéni érdekeket nem sértett”.
- Mindez persze egy meglehetősen furcsa paradoxon. Mivel magyarázat nélkül mindenki elfogadja a bioszféra egységes „szervezeti” rendszerét, így bármi nemű szennyezés közvetlenül is egyéni érdekeket sért.
- A fák, a szigetek, a sziklák jogairól folyó jelenlegi viták egyetlen célja: kideríteni, hogy csak az ember jogalany-e, vagy az is, amit ma „bioszférának”, „ökoszférának” nevezünk, ugyanis ebben az esetben az ember etikai, jogi, ontológiai értelemben, és minden szempontból csupán egyetlen, az igazat megvallva a legkevésbé szimpatikus elem a többi között.
- Feltevődik a kérdés, nem kellene-e újból egy „természeti szerződést” kötni, amely visszavetné az ember gögjét, és helyreállítaná az elveszett harmóniát?

A Földön mindennek mély, önmagában való értéke van; minden dolog mély, lényegi kapcsolatot tart fenn egymással.

Nincs jogunk azt gondolni, hogy mi emberek fontosabbak vagyunk mondjuk az esőerdőknél.

Minden természeti jelenségnek megvan a szerepe.

- még egy földrengés is jó.

- rövid távon nagyon fájdalmas.

- hosszú távon a Föld vezérli, fenntartja, javítja és egyensúlyozza önmagát.

## **Permakultúra (Bill Mollison)**

- a folyamatosság, a fenntarthatóság kultúrája.

Amikor földet művelünk, terméket gyártunk, papírt, cipőt, ruhát, bútort, áramot, vagy bármit, azt fenntartható módon kell tenni.

Az amerikai indiánok úgy hitték, hogy bármit teszünk, végig kell gondolnunk, hogyan hat majd az a hetedik generációra.

Minden cselekedetünket meg kell tervezni, hogy a megélhetésünk terve a folyamatosság eszméjét tartalmazza.

A folyamatosság gazdaságtana a Permakultúra.

## **Bioregionalizmus (Gary Snyder)**

- egy decentralizált, helyileg megalapozott gazdaság,
- elsősorban a helyben készült és helyben gyártott dolgokat használjuk,

A szabad világkereskedelem nem ökológikus és nem fenntartható:

- rengeteg energia, bürokrácia, idő és adminisztráció.

Tanuljuk meg a hely szellemét tisztelni.

A bioregionális gazdaság megfelel a jó és maradandó Gaia elméletének.

Nagy intézmények nem tarthatók fenn egy ökológikus világban.

## **Teremtés szellemsége (Matthew Fox)**

Gaia, a Mélyökológia, a Permakultúra és a Bioregionalizmus egy integrált természetszemlélet gyakorlati alapját képezik.

De a világ nem tartható fenn csupán gyakorlati elképzelésekkel.

A szellemre is szüksége van.

A Teremtés szellemsége hozzásegít, hogy a természetet és önmagunkat másképp lássuk.

- a Föld szent, a fák szentek, és szentek a folyók és a hegyek is.

A legtöbb ember elfogadja, hogy az emberi élet szent; nem vehetjük el az emberi életet → ezt kell kiterjesztenünk minden életre.

Mahatma Gandhi :

*"Mindenki szükségleteinek elegendő a Föld, de nem elegendő mindenki vágyainak."*

## Könyvészet

- **Fekete Gábor.** 1998. A közösségi ökológia frontvonalai. Scientia Kiadó, Budapest.
- **Juhász-Nagy Pál.** 1986. Egy operatív ökológia hiánya, szükséglete és feladatai. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- **Juhász -Nagy Pál.** 1992. Változatok az ökológiai kultúra tematikájához. Term. és Környv. tanárok E., Budapest.
- **Majer József.** 1993. Az ökológia alapjai. Szaktudás Kiadó, Budapest.
- **Szentesi Árpád, Török János.** 1997. Állatökológia. ELTE, Természettud. Kar egyetemi jegyzet, Kovásznai Kiadó, Budapest,
- **Stugren Bogdan.** 1994. Ecologie teoretică. Ed. Sarmis, Cluj.