



A BIOMIMIKRI 9 ALAPELVE

Az alapelvek összefoglalója



Erasmus+



KOROSZTÁLY

12–16



IDŐTARTAM

Előkészítés:

20 perc

Tevékenység:

kb. 90 perc / 2 tanóra



TANTÁRGYAK

- Természettudomány –
biológia, kémia, fizika
- Tervezés, mérnöki tudomány és technológia
 - Művészetek
 - Matematika



KULCSSZAVAK

Biomimikri alapelvek,
funkció, sokszínűség,
energia, együttműködés

ÖSSZEFOGLALÁS

A modulban található foglalkozások a biomimikri 9 alapelvének bevezetésül szolgálnak. Ezek az alapelvek nagyon lényegesek a biomimikri gondolkodásban, így az összes többi modulban is. Az egyes alapelvek bemutatására külön modulok is szolgálnak.

BIOMIMIKRI ALAPELVEK



- 1 – A természet túlnyomó részt napfénnel működik
- 2 – A természet csak annyi energiát használ, amennyi szükséges
- 3 – A természet összehangolja a formát a működéssel
- 4 – A természetben minden újrahasznosul
- 5 – A természet együttműködésre épít
- 6 – A természet létalapja a sokféleség
- 7 – A természet helyi adottságokra épít
- 8 – A természet egyensúlyra törekszik
- 9 – A természetben semmi sem korlátlan

TANULÁSI CÉLOK

A modul végére a diákok

- értsék meg a természet működését a biomimikri alapelvek alapján,
- értsék meg, hogy az alapelvek együttesen egy fenntartható rendszert írnak le,
- ismerjék fel, hogy az alapelveket felhasználhatjuk az emberiség kihívásainak megoldásánál.

TANULÁSI EREDMÉNYEK

A modul végére a diákok

- felfedezik a biomimikri alapelveket és azt, hogy azok egymással kapcsolatban vannak,
- felfedezik a biomimikri alapelvek közötti összefüggéseket,
- felfedezik, hogy az alapelvek egy fenntartható rendszert írnak le.

BIOLEARN KOMPETENCIÁK

- A diákok képesek felfedezni a fenntarthatósági alapelveket a természet működésében.
- A diákok képesek felismerni azokat a szükségleteket és lehetőségeket, amelyek termékek, folyamatok vagy rendszerek fejlesztését igénylik.

A FOGLALKOZÁSOK ÖSSZEFOGLALÓJA

Szám	Tevékenység	Rövid leírás	Módszer	Időtartam	Helyszín
1	A 9 alapelv magyarázata	A Biomimikri_alapelvei.ppt bemutatása és megbeszélése	<ul style="list-style-type: none">• tanári előadás• megbeszélés	70 (45+25)	beltéri
2	Összefüggés az alapelvek között	Kapcsolatok keresése	<ul style="list-style-type: none">• csoportmunka	20	bel- vagy kültéri

HÁTTÉR

A biomimikri fő ötlete a természettől való tanulás: hogyan oldhatunk meg problémákat, hogyan fedezhetünk fel új dolgokat, új módszereket, hogyan tudunk fenntartható módon élni. A természet gondos megfigyelésével felfedezhetjük működésének alapelveit, az önszabályozó rendszerét, valamint azt, hogy hogyan oldják meg a különböző fajok és ökoszisztémák az őket érintő kihívásokat. A biomimikri szempontjából lényeges természeti alapelveket (biomimikri alapelvek) először Janine Benyus gyűjtötte össze 1997-ben „*Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*” (*Biomimikri: Természet által ihletett újítások*) c. könyvében.

Biomimikri alapelvek:

1. A természet túlnyomó részt napfénnel működik
2. A természet csak annyi energiát használ, amennyi szükséges
3. A természet összehangolja a formát a működéssel
4. A természetben minden újrahasznosul
5. A természet együttműködésre épít
6. A természet létalapja a sokféleség
7. A természet helyi adottságokra épít
8. A természet egyensúlyra törekszik
9. A természetben semmi sem korlátlan

FOGLALKOZÁSOK



HELYSZÍN
beltéri

1 | A 9 ALAPELV MAGYARÁZATA

» KÉRDÉS



ESZKÖZÖK ÉS
ANYAGOK

- számítógép/laptop, projektor
- [Biomimikri_alapelvei.ppt](#)
- [D1.1.](#) diákoldal
- [T1.1.](#) tanári oldal

A ppt-ben szereplő képek (magyarázatokat ld. [T1.1](#) tanári oldalon):

1. A természet túlnyomó részt napfénnel működik
 1. Fa
 2. Levelek
 3. Zöld színtest (*kloroplasztisz*)
 4. Zöld színtest ábra
2. A természet csak annyi energiát használ, amennyi szükséges
 5. Vadászó gepárd
 6. V alakban szálló vadludak Wolverine
 7. Rozsomák (*Gulo gulo*)
 8. Szürke mókus (*Sciurus vulgaris*)
3. A természet összehangolja a formát a működéssel
 9. Fogazat
 10. Koponya
 11. Szárnyas termés (juhar)
 12. Bogánccs
 13. Pingvinek
 14. Sas (*Aquila chrysaetos*)
4. A természetben minden újrahasznosul
 15. Őszi levelek
 16. Gombák
 17. Dögkeselyű (*Neophron percnopterus*)
 18. *Streptomyces albus* – talajlakó baktérium
 19. Közönséges temetőbogár (*Nicrophorus vespillo*)
 20. Rothadó almák
5. A természet együttműködésre épít
 21. Rovarbecorzás
 22. Zuzmó
 23. Levéltetű és hangyák
 24. Bivaly és tisztogató madár
 25. Gazda hal és tisztogató hal
 26. Jukka és jukkamoly (*Tegeticula yuccasella*)



ELŐKÉSZÜLETEK

Beltéri tevékenység.

Rendezzük be a termet
vetített előadáshoz.

Nyomtassunk minden
gyereknek (de legalább
páronként) egy példányt
a [D1.1.](#) diákoldalból



FORRÁS

Benyus, J. M. (2002):
Biomimicry – Innovation inspired by nature. HarperCollins
Publisher, New York, U.S.A.

Stier, S. (2014): *Engineering
Design Inspired by Nature*.
The Center for Learning with
Nature, Coralville, U.S.A.
<https://www.learningwithnature.org/>

Steven Vogel: *Comparative
Biomechanics: Life's Physical
World*, Second Edition
June 17, 2013
(<https://asknature.org/strategy/specialized-teeth-wear-down-but-remain-effective/#.XoRouHJS-Ht>)

FOGLALKOZÁSOK

6. A természet létalapja a sokféleség
 27. Korallzátony
 28. Monokultúra
 29. Trópusi esőerdő
 30. Tölgyerdő
 31. Akácserő
 32. Letarolt erdő a Magas-Tátrában

7. A természet helyi adottságokra épít
 33. Kövirózsa
 34. Nyílt sziklagyep
 35. Törmeléklejtő erdő
 36. Sarki róka (*Alopex lagopus*)
 37. Sivatagi róka (*Vulpis zerda*)
 38. Gulipán (*Recurvirostra avosetta*)
 - 38/a. Gulipán csőre
 - 38/b. Gulipán lába

8. A természet egyensúlyra törekszik
 39. Lotka-Volterra modell
 40. Hiúz és nyúl
 41. Erdőtűz után
 42. A környezet eltartó-képessége
 43. Lemming (*Lemmus lemmus*)

9. A természetben semmi sem korlátlan
 44. Sáskajárás
 45. Egerek
 46. Kihűlt lávafolyam
 47. Pionír társulás
 48. Klimax társulás
 49. Anya zsiráf kicsinyével
 50. Erdei fák

FOGLALKOZÁSOK



HELYSZÍN
bel- vagy kültéri

2 | ÖSSZEFÜGGÉS AZ ALAPELVEK KÖZÖTT

» FELFEDEZÉS 



**ESZKÖZÖK ÉS
ANYAGOK**

- D1.1. diákoldal
- csoportonként egy üres A4-es papír
- toll/ceruza



ELŐKÉSZÜLETEK

Bel- és kültéren is elvégezhető.

Beltéren: A csoportok számának megfelelő asztal, a tanulók üljenek köréjük.

Kültéren: A „változat”-ok közül az 2.-t javasoljuk.

Nyomtassuk ki D1.1.-t a csoportok számának megfelelően és vágjuk fel őket alapelvenként!

Osszuk az osztályt 3-4 fős csoportokra! Adjunk minden csoportnak egy csíkokra vágott D1.1. oldalt (a biomimikri alapelvek rövid leírása)! Kérjük meg a diákokat, hogy rendezzék el az alapelveket az asztalon egy kör mentén, majd keressenek összefüggéseket közöttük. Írják le a lapra, hogy mit találtak!

Pl.: Összefüggés az 1. (*A természet túlnyomó részt napfénnel működik*) és a 3. (*A természet összehangolja a formát a működéssel*) alapelv között: a növényeken a levelek a nap felé fordulnak, hogy több fény érje őket a fotoszintézishez.

Miután befejezték a keresést, tegyünk fel egy sorozat alapelvet a táblára/flip-chartra, rendezzük el őket körben és minden csoport mutassa be, mire jutott!

VÁLTOZAT

1. Elvégezhetjük ezt a gyakorlatot az 5. és 6. alapelv moduloknál leírtak szerint is: 9 diák vagy 9 csoport körbeáll, mindegyik egy-egy alapelvvvel a kezében és egy gombolyag spárga segítségével keresik az összefüggéseket.
2. Adjunk ki egy-egy alapelvet 9 csoportnak egy kirándulás kezdetén! A kirándulás alatt minden csoport keres arra az alapelvre jellemző élőlényeket, jelenségeket. Beszéljük meg a végén (de akár útközben többször is), hogy ki mit talált és milyen összefüggések lehetnek közöttük.

T1.1. A 9 ALAPELV MAGYARÁZATA

1. dia

BEVEZETŐ

A '90-es évek végén egy forradalmi ötlet tört utat magának: Janine Benyus a *Biomimicry* című könyvében bemutatta, hogy jobban tennénk, ha a problémáink megoldását egyszerűen a természeti megoldásokról utánoznánk le. Ez az ötlet átalakíthatja a mérnökök, tudósok és dizájnerek gondolkodását a technikai megoldások keresésében.

A könyvben Benyus 9 alapelvet sorol fel, amelyek irányítják és meghatározzák, hogyan működik a természet. Nézzük meg egyenként ezeket az alapelveket!

2. dia

A 9 ALAPELV

3. dia

1. ALAPELV: A TERMÉSZET TÚLNYOMÓ RÉSZT NAPPÉNNYEL MŰKÖDIK

A természet legfontosabb energiaforrása a napfény. Ennek a végtelen forrásnak a hőjét és a fény energiáját használják fel az élő szervezetek. Azt mondhatjuk tehát, hogy a természet napfénnel működik. Az emberek jórészt kőolajat és szént használnak, amelyek nem megújuló energiaforrások. Elégetésük során nagyon sok CO₂ keletkezik, amely nagy részben felelős a klímaváltozásért. Miért nem követjük a természet példáját és mentjük meg a bolygónkat a túlmelegedéstől? Ha elég bölcssek lennénk ahhoz, hogy utánozzuk a természetet, csak megújuló energiát használnánk.

A **fotoszintézis** az a folyamat, melynek során a fényenergia kémiai energiává alakul át, miközben az élő szervezetben a szerves anyagok képződnek. A növények fotoszintézise a *kloroplasztiszban* megy végbe. A fotoszintézis két szakaszban zajlik le: fényreakció illetve sötét reakció. A *fényreakció* a fény energiáját kémiai energiává alakítja (ATP és NADPH), a *sötét reakció* folyamán pedig az energia arra fordítódik, hogy a szén-dioxidból cukor termelődjön (Calvin-ciklus). Erről a diákok is tanulnak a megfelelő évfolyamon biológia órán.

A folyamat leegyszerűsítve a $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} + \text{napfény} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ egyenlettel írható le. A dián egy fa, falevelek, a levelek sejtjeiben található zöld színtestek (*kloroplasztiszok*) fénymikroszkópos felvétele láthatók. A jobb oldali ábrán egy zöld színtest felnagyított ábráján a belső szerkezetét láthatjuk, valamint ugyanezt egy elektronmikroszkópos felvételen.

Érdeemes megemlíteni, hogy vannak olyan baktériumok, amelyek nem a napfény segítségével nyerik az energiát, hanem valamilyen kémiai vegyületből (pl. hidrogén, ammónia, vasion, kénvegyületek), ezeket kemoszintetizálóknak nevezik. Egyik csoportjuk a *kemolitotrófok*, amelyek a légzéshez szerves anyagokat használnak. Ezek a baktériumok általában *anaerób*, vagyis oxigéntől elzárt tőfenéken vagy szélsőségesen ásványos helyeken élnek, ahol teljesen hiányzik a napfény, pl. vasas gejzírek és források, mélytengeri füsttölcsérek. Az összes többi *autotróf* (környezetük szerves anyagából építik fel szerves anyagaikat) élőlény a fotoszintézis során szénforrásként szén-dioxidot használ szerves anyagai felépítéséhez. A *heterotróf* szervezetek pedig az *autotróf* szervezetek által előállított szerves anyagokból nyerik energiájukat.

4. dia**2. ALAPELV: A TERMÉSZET CSAK ANNYI ENERGIÁT HASZNÁL, AMENNYI SZÜKSÉGES**

A természet mindenből csak annyit használ, amennyire szüksége van. Vajon mi miért nem tesszük ugyanezt? Az emberek gazdasága jelenleg a termelés és a haszon maximalizálásán alapszik, ezért hatalmas energia felhasználó. Még az élelmiszereket is körbeutazzatjuk a Földön, ahelyett, hogy helyi termékeket használnánk, mert látszólag még így is olcsóbb. Úgy néz ki, hogy a legtöbb döntésnél csak a pénz számít, nem az energiafogyasztásunk. Hogyan tanulhatnánk meg, hogy energiapazarlás nélkül áramoltassuk a termékeket és a szolgáltatásokat?

Az élőlények csak annyi tápanyagot vesznek fel, amennyit felhasználnak. A növények nem szívnek fel ötször annyi vizet, és nem spájzolnak be ásványi anyagokból sem (meg is betegednének!). Van persze raktározás, de ez is a túlélést segíti: a hörcsög annyi gabonát raktároz el télire, amennyit meg is eszik. A medve annyi táplálékot vesz magához ősszel, amivel túléli a telet. A mókus sem ötször annyi mogyorót gyűjt! Na jó, néha megfeledeznek egy-egy darabról, de az külön haszon: szépen kicsírázik a mag és lesz belőle új mogyoróbo-
kor. A kaktuszok annyi vizet raktároznak, hogy két eső között ne száradjanak ki. Annyit használnak, amennyire szükségük van, nincs vagy csak nagyon kevés a hulladék. Ami maradna, azt felhasználja más szervezet.

A gepárd nagyon gyorsan tud futni, de csak rövid távon. Az üldözés kb. 1 percre tart. Ha a kiszemelt áldozatot nem tudja elkapni ennyi idő alatt, leáll. Egyrészt, hogy ne veszítsen energiát, másrészt futás közben nagyon magasra emelkedik a hőmérséklete: le kell hűlnie, különben rosszul lesz (ha elkapta a zsákmányt, akkor is pihen és hűl). A ragadozók nem azért ölik meg az áldozatukat, hogy gyilkoljanak, hanem azért, hogy táplálkozzanak. Nem vérengzést tartanak. Csak annyi állatot ejtenek el egyszerre, amennyinek a húzával jól lakhatnak. A rozsomák például nem tudja megenni egyszerre a szarvast, amit elejtett, ezért elássa, és hónapokig rájár a dögre.

A jóléti társadalomban élő emberek nagy része sokkal több húst vesz meg, mint amennyit el tud fogyasztani. Megtölti vele a hűtőt. Vajon mennyi hús áll feleslegesen fagyasztókban? Vajon mi lesz a sorsuk? Vajon mennyi energiába és anyagba került ezeket a húsokat előállítani, és mennyi energiába kerül fagyasztva tárolni?

A vonuló madarak V alakban repülnek. Az elől szálló madár a szárnycsapásával olyan légáramlatot hoz létre, ami a következő madárra felhajtó erőként hat, ezáltal az kisebb erőfeszítéssel tudja tartani a sebességét és a repülés magasságát. Vagyis a vándormadarak energiát takarítanak meg a V alakban repüléssel.

5. dia**3. ALAPELV: A TERMÉSZET ÖSSZEHANGOLJA A FORMÁT A MŰKÖDÉSEL**

A fa gyökere szétágazik a talajban, hogy fel tudja szívni a vizet és a tápanyagokat; az ágait és a leveleit szétterjeszti, hogy megnövelje a felületét és így minél jobban érje a növekedéshez szükséges napfényt. A magok általában könnyűek és több valamilyen repítő szerkezettel rendelkeznek, hogy minél messzebbre tudjanak eljutni a levegőben. A természet úgy alakítja ki a formákat, hogy a működést szolgálják – nekünk is így kéne kialakítanunk az épületeket, közlekedést vagy az iskolákat.

A növényevők fogazata azt a célt szolgálja, hogy az erős rostokkal rendelkező növényi tápanyagokat minél alaposabban felaprítsa, mielőtt az állat lenyeli azt. Az alsó állkapocs oldalirányú mozgása segíti a magas szénhidrát-tartalmú (főleg cellulóz) táplálék hatékonyabb megrágását, ezzel is támogatva a gyomorban és a bélrendszerben zajló emésztés folyamatát. A redős őrlőfogai kiválóan alkalmasak a növényi eredetű táplálék alapos megrágására. A fogakban a zománc rész zegzugos elrendezésű oszlopokat alkot, a fog középső

részét dentin, a külső részeket és a gyökeret cementállomány tölti ki. Ez a három állomány az eltérő mechanikai tulajdonságok miatt nem egyenletesen kopik, így a rágófelületen mindig kiemelkednek a zománclécek.

A növények termésein és magjain olyan képződmények alakultak ki, melyek segítik a terjesztésüket. Vannak önterjesztő növények is (pl. nebáncsvirág, bükköny), de a többieknek valamilyen külső tényező (szél, víz, állat, ember) segít messzire eljutni. A juharfa termése helikopterként repül tova. Ezt az áramvonalas, kicsit bedöntött „szárny” teszi lehetővé. A bogáncs termésén horgos végű részek találhatók, melyek könnyen beleakadnak az állatok bundájába (vagy az ember ruhájába).

A madarak csőre is a tápláléknak megfelelő alakú. Például a ragadozó madaraknak horgas a csőre, amivel könnyen széttéphetik áldozatukat.

A pingvinek teste orsó alakú. Emiatt a szárazföldön nehézkesen mozognak, viszont a vízben rendkívül áramvonalasnak bizonyul: a testük mellett laminális a víz mozgása, turbulencia csak a testük mögött keletkezik, emiatt nagyon kicsi a víz ellenállása, így nagyon gyorsan tudnak úszni.

6. dia

4. ALAPELV: A TERMÉSZETBEN MINDEN ÚJRAHASZNOSUL

A természet nem „dob ki” semmit... Gondoljuk csak el, hogy minden, amit a természet előállít, természetes úton le is bomlik, így nem keletkezik szemét. Igen, van „pazarlás” (pl. egy cseresznye fa virágzásakor), de ennek is megvan a maga értelme, s egyben táplálékul is szolgál mások számára. Minden, ami a természetben létrejött, majd betöltte a rendeltetését, lebomlik elemekre és vegyületekre, majd újrahasznosul.

A növények–növényevők–ragadozók–lebontók rendszere körforgásban tartja az anyagokat. Ebben a rendszerben a növények az energiájukat a napból szerzik, az összes többi résztvevő a táplálékán keresztül; az ásványi anyagok pedig újrahasznosulnak: a lebontók juttatják vissza a talajba. A természet újrahasznosító rendszere addig működik megfelelően, amíg egyes anyagok mennyisége nem ugrik meg hirtelen. A kőszén, kőolaj hirtelen elégetése azért okoz gondot, mert a CO₂ mennyiség jóval nagyobb mértékben nő, mint amennyivel a Föld újrahasznosító rendszere megbirkózna. Ennek az lesz az eredménye, hogy a dinamikus egyensúly fenntartása helyett egy új rendszer alakul ki – ami, mint tudjuk globális melegedéssel jár, ami nem feltétlen fog megfelelni az emberi élet feltételeinek...

Amikor azt halljuk: lebontó szervezetek, általában a gombák jutnak eszünkbe. Pedig jóval több élőlény-csoport vesz részt benne. Nagy lebontók például a gerincesek közül a varjak (*Corvus* fajok) és a dögkeselyű (*Neophron percnopterus*), rovarok közül a közönséges temetőbogár (*Nicrophorus vespillo*), de számos talajlakó baktérium (pl. *Streptomyces albus*) is ennek a csoportnak a tagja.

Az esőerdőben vékony a talaj (= raktározó réteg), mert nagyon gyors a lebontás folyamata és a mineralizált biomassza újrahasznosítása, vagyis azonnal biotáplálék lesz a táplálék. Ezért veszélyes, ha kiirtják az esőerdőt, hiszen a vékony talaj azonnal eltűnik és nehezen képződik újra.

7. dia

5. ALAPELV: A TERMÉSZET EGYÜTTMŰKÖDÉSRE ÉPÍT

Természetesen létezik verseny is a természetben, de csak amikor elkerülhetetlen. A vetélkedés általában nagyon sok energiába kerül. Viszont nagyon kevés elszigetelt dolog létezik a természetben, inkább a kölcsönhatás jellemző. Nézzünk erre példákat! A rovarbeporzású virágos növények nem tudnának szaporodni a beporzók nélkül, cserébe viszont ezek táplálékkal látják el őket. A katica levéltetveken él, így a növény egészséges marad. A természet alapja az együttműködés, ez szolgálja az egész rendszer egészségének működését.

A Föld bármely pontján több faj populációja él együtt, ezek befolyásolják egymás életfolyamatait, működését, emiatt valamilyen jellegű kölcsönhatásban vannak egymással. Ez lehet pozitív, negatív vagy semleges.

	+	-	0
+	mutualizmus	zsákmányszerzés, élősködés	kommenzalizmus
-	zsákmányszerzés, élősködés	versengés	antibiózis
0	kommenzalizmus	antibiózis	közömbös

Kommenzalizmus (asztalközösség) – amikor az egyik faj számára előnyös, a másik faj számára pedig közömbös a kölcsönhatás. Erre példa a gólyafészkekben megtelepedő verebek: táplálékhoz jutnak anélkül, hogy a gólyát megzavarnák.

Antibiózis – az egyik faj számára egyértelműen káros a másik faj jelenléte. Ez főleg mikroorganizmusokra jellemző, az egyik anyagcsere terméke negatívan hat a másikra. Erre tipikus példa a penicilin, ami egy gombafaj által termelt baktérium növekedését gátló anyag.

Kompetíció (versengés) – mindkét faj számára káros hatással jár, de néha szükséges. Ez történik, amikor például a táplálék vagy az élőhely nem elegendő az összes ott élő populáció számára. Jellemzően az egyik faj eltűnik. Az adott területen élő növények a fényért versengenek.

Predáció (zsákmányszerzés) – a növényevő növényt eszik, az állatevő húst eszik, a lebontó szervezetek elhalt növényi és állati részekkel táplálkoznak.

Parazitizmus (élősködés) – van egy parazita és egy gazdaszervezet, amelyből táplálkozik. Az előbbi számára előnyös az együttélés, az utóbbi számára káros, még akkor is, ha nem pusztul el azonnal. Erre példa a szőlőn megtelepedő peronoszpóra, vagy a gerincesekben élő galandféreg.

Mutualizmus (kölcsönösség) – az egyik legjellemzőbb kapcsolat, mely mindkét faj számára előnyös. Erre a kapcsolatra a növények és állatok között is találunk számos példát. Az obligát mutualizmusban a két faj nem képes egymás nélkül élni, míg a fakultatív mutualisták képesek erre. A szimbiózis szoros és tartós együttélést jelent, míg a mutualizmus más formáiban nem feltétlenül van jelen a partnerek folyamatos együttélése.

Példák:

- pillangósvirágúak gyökérszövetében élő nitrogénmegkötő baktériumok, melyek a talaj levegőjének nitrogénjéből a növények számára felvehető ammóniát készítenek;
- mikorrhiza – gyökérkapcsolat gombák és magasrendű növények között: az előbbi szerves anyagok felvételében segít, az utóbbi szerves vegyületekhez juttatja a gombákat;
- zuzmó – algák és gombafonalak együttélése;
- az ember bélrendszerében élő vitamintermelő baktériumok;
- rovarok beporozzák a növényeket – van olyan növény, amit több faj is képes beporozni, és van, amelyiknek speciális virága van, emiatt csak meghatározott méretű, sokszor csak egyetlen faj képes beporozni;
- hangyák és levéltetvek – az utóbbiak a növények nedvét szívják, és mézharmatot választanak ki, amit a hangyák előszeretettel fogyasztanak, cserébe megvédik a levéltetveket, illetve más növényekre is elviszik őket;
- tisztogató halak és „pácienseik” (gazda halak) – parazitákat távolít el nagyobb testű (gazda) halak felületéről, szájából;
- cellulózbontó baktériumok a kérődzők és természetek belében;
- jukka és jukka moly – csak ő tudja beporozni a növényt, cserébe a magházban rakja le petéit, amelyek magokkal táplálkoznak, de olyan sok mag van, hogy még a növény szaporodására is marad;
- hidrák zöldalgákkal élnek szimbiózisban – a bekebelezett algákat nem emésztik meg, a hidra által termelt anyagokból az alga szerves anyagot és oxigént állít elő, amely jó a hidra számára.

8. dia

6. ALAPELV: A TERMÉSZET LÉTALAPJA A SOKFÉLESÉG

A természetben a biztonságot leginkább a sokféleség garantálja. Biztonságot nyújt, ha egy élőlény élete nem egyféle táplálékforrástól, egyféle magterjesztési stratégiától vagy egyféle ragadozók elleni védekezési módtól függ. Azt is tudjuk, hogy a kisebb genetikai változatossággal rendelkező fajok kevésbé tudnak alkalmazkodni a környezet változásaihoz, s hogy egy nagyobb változatosságú ökoszisztéma stabilabb, különösen, ha erőteljes külső behatás éri.

Biodiverzitás (= biológiai sokféleség) – az élővilág sokfélesége, mely alatt érthetjük a Föld teljes élővilágát is (a fajok összességét, a genetikai gazdagságukat, az élőhelyek sokféleségét), vagy egy adott terület ökoszisztémájának fajait (pl. Kárpát-medence, de egy holtág biodiverzitásáról is beszélhetünk).

A diverzebb ökoszisztémának nagyobb az ellenálló képessége, kevésbé sérülékeny. A környezet változása esetén pedig azok az egyedek maradnak meg és szaporodnak tovább, amelyek képesek alkalmazkodni a változásokhoz. Nagyobb sokféleség esetén nagyobb az esély az alkalmazkodásra. Ez a folyamat nagyobb léptékben is megmutatkozik – ha egy élőlényközösségben magasabb a fajok száma, nagyobb eséllyel akad a változásokhoz alkalmazkodni képes faj.

Az ökoszisztéma szolgáltatások (pl. beporzás, talaj termékenység, klímaszabályozás) szempontjából fontos a biodiverzitás megléte, hiszen élelmiszereink, tiszta vízünk és levegőnk csak ezek segítségével lehet. Mindezek miatt napjainkban a biodiverzitás védelme az egyik legfontosabb teendő.

Trópusi esőerdők – a legnagyobb fajgazdagsággal rendelkező szárazföldi ökoszisztémák. A Földön található összes faj kb. 2/3-a az esőerdőkben található. Sajnos pont a trópusi esőerdők területe csökken a legnagyobb mértékben: a fákat főleg mezőgazdasági termelés céljából vágják ki, vagyis monokultúrákat hoznak létre az egykor fajokban gazdag terület helyén (pl. a braziliai esőerdők felégetése 2019-ben).

Korallzátony – a legnagyobb fajgazdagsággal rendelkező tengeri ökoszisztéma, a tengeri élővilág kb. 25%-nak ad otthont. A túlhalászat és a szennyezések a legnagyobb veszélyek a tengeri ökoszisztémára, a globális felmelegedés pedig a korallzátonyok pusztulását eredményezheti (a korallok egysejtű algákkal élnek szimbiózisban, amelyek érzékenyek a magas vízhőmérsékletre és a szennyezésre, emiatt elpusztulnak; a levegő szén-dioxid tartalmának növekedése miatt a vizek is elsavanyodnak, emiatt feloldódik a korallok mészkőből épített váza).

Monokultúra – egy ökológiai rendszerben minél kisebb a biodiverzitás, annál sérülékenyebb a rendszer, annál kisebb rugalmassággal tud reagálni a változásokra. Vagyis minél kevesebb fajból áll a rendszer (pl. mezőgazdasági ültetvények), annál valószínűbb, hogy a legkisebb sérüléstől összeomlik (pl. egy kártevő megjelenése).

Tölgyerdő és akácerdő – hazai példát nézve az őshonos tölgyerdő diverzitása nagyobb, mint a betelepített akácosé, vagyis több fajnak ad otthont az előbbi, mint az utóbbi.

Mindenkit ledöbbsentett a hír, amikor 2004 novemberében egy nagy erejű vihar letarolta a Magas-Tátra fenyveseit. Az egyik ok, hogy a 19. századtól kezdve lucfenyőt telepítettek (monokultúra, vagyis egy fajból és egyidős egyedekből áll), ami nem őshonos faj a Tátrában. Mindezt tetézte, hogy a kidőlt fákban elszaporodott a szú, amely átterjedt a még lábon álló fákra is, ezzel is növelve a pusztulás mértékét.

9. dia

7. ALAPELV: A TERMÉSZET HELYI ADOTTSÁGOKRA ÉPÍT

A természeti rendszerek eredendően helyi jellegűek, helyben működnek. Egyes fajok csak meghatározott körülmények között élnek meg; fontos tényező többek között a helyi és a regionális időjárás, a talaj, a levegő összetétele vagy a víz hőmérséklete is. Helyben alakulnak ki a kapcsolatok és helyi erőforrásokra támaszkodnak. Természetesen vannak költöző madarak is, de látott-e már valaki elemózsiás kosarat cipelő gólyát?

Életközösség (biocönózis) – azon növény és állatfajok populációinak közössége, mely adott területen előfordul és egymás mellett él. Meghatározó szerepe van az adott területre jellemző növénytársulásnak, hiszen ehhez kötődik a többi faj, a talajlakó parányoktól a gerinces állatokig.

Klimazonális társulás – az adott éghajlati övre jellemző környezeti tényezőkhöz alkalmazkodott társulás. Az adott helyen ez ún. zárótársulás, sokszor a legnagyobb biológiai produkcióval rendelkezik. A makroklima a fő kialakító tényező, vagyis a hőmérsékleti- és csapadékviszonyok.

Klimazonális erdőtársulások Magyarországon – az Alföldön tatárjuharos lösztölgyes (250 m-ig); középhegységekben cseres-tölgyesek (250-400 m-ig), gyertyános tölgyesek (400-600 m-ig), bükkösök (600-1000 m-ig), fenyvesek (800 m felett, nálunk csak Alpokalján).

Extrazonális társulás – a mezoklimatikus adottságok miatt a „saját” zónájukon kívül megjelenő növénytársulást nevezzük így. Jellemzően a déli és északi lejtőkön fordulnak elő a hegyvidékeken.

Példák: 1. az északi hegyoldalakon és hideg völgyekben megjelenik a bükk az ottani mikro- és mezoklimatikus adottságok miatt; 2. a Balkán-félszigetre jellemző molyhos tölgyes a középhegységeink déli lejtőin nő. Mind a kettő megfigyelhető pl. a Szent Mihály-hegyen (Börzsöny-hegység, 484 m), ahol a déli lejtőn molyhos tölgyes, az északi lejtőn pedig bükkös nő.

Intrazonális társulások – a klimazonális társulások között jelennek meg a helyi adottságok hatására. Jellemzően a vízellátottság, az alapkőzet és a domborzat határozza meg kialakulásukat:

- vízellátás – ligeterdők, láperdők, patakparti égerligetek, mocsárrétek, láprétek, lápok, szikesek
- alapkőzet – homoki erdők, molyhos tölgyes, sziklagyepek
- domborzati viszonyok – törmeléklejtő erdők.

A növényfajokat több ökológiai mutató alapján tudjuk besorolni:

- T-érték – növényfajok hőmérsékleti igényét mutatja (tág tűrésű faj, tundra, erdős tundra, tajga, tű- és lomblevelű elegyes erdők, lomberdő klíma, szubmediterrán lomberdő, mediterrán, atlanti örökzöld erdő) – a tág tűrésű fajokat kivéve a megfelelő klimazonális területen fordulnak elő a növények.
- W-érték – a fajok vízigényét mutatja, ill. az a termőhely, ahol a növény leggyakrabban előfordul („extrém száraz”-tól „üde-vízi”-ig) – szukkulensek száraz helyeken élnek, a leveleik vastagok, víztárolásra alkalmas szövetekkel; a vízi növények testfelépítése is alkalmazkodott az élőhelyhez.
- R-érték – a fajok pH-igényét mutatja, az a talajtípus, ahol a faj jellemzően előfordul (tág tűrésű, savanyú, semleges, meszes kategóriák) – savanyú talajt kedvelik pl. a gombák, tőzegmoha; a tűlevelű erdők talaja savas; mészkedvelő növények pl. a dolomit nyílt sziklagyepek növényei.
- N-érték – növényfajok nitrogén igényét mutatja (N-ben szegény termőhely, nitrogénben gazdag termőhelyek, közömbös fajok) – pl. a csalán és a bodza N-ben gazdag talajon szeret élni.
- Z-érték – a fajok degradációtűrését mutatja (degradációt nem tűrő, jól tűrő és kedvelő).

Példák, képek:

- törmeléklejtő erdők – meredek, sziklás hegyoldalakon, állományalkotó a magas kőris, a kis- és nagylevelű hárs, talajvédő szerepük van
- nyílt sziklagyep – szárazságtűrő fűfélék, pozsgás növények (kövirózsa és varjúháj fajok)
- gulipán – lagúnák, iszapos tengeröblök, szikes tavak madara. Lába rövid gázlóláb, a sós, sekély vízben lépeget vele. Csőre (visszahajló csőr) speciális táplálkozási módjukhoz idomult: a víz színén oldalirányú kaszáló mozdulatokat végez, eközben apró rovarokat, rákokat szűr ki a sekély vízből.
- kövirózsa (*Sempervivum* sp.) – a hegyekben levő köves helyeken, napos sziklákon el. Ez úgy lehetséges, hogy a húsos leveleikben vizet képesek tárolni.
- sivatagi róka (*Vulpis zerda*) – Észak-Afrika és az Arab-félsziget sivatagjaiban honos. A nagy füle arra szolgál, hogy a hőleadásban segítsen. A veséje, a fülei és a bundája alkalmazkodott a magas hőmérséklethez, kevés vízhez és a sivatagi környezethez.
- Sarki róka (*Alopex lagopus*) – A sarki tundra élőhelyen honos, a hideg környezethez alkalmazkodott. Vastag, meleg, fehér bundája a rejtőzködésben is segítségére van. Lekerekített testformája miatt minimális a test hővesztesége.

10. dia**8. ALAPELV: A TERMÉSZET EGYENSÚLYRA TÖREKSZIK**

A természeti rendszerek mindig egyensúlyra törekszenek. Ha túlszaporodtak az egerek, hamarosan több lesz az egerészölyv is, s újra egyensúlyba kerül az egerpopuláció. Az erdőtüz jó példa arra, hogy egy természeti jelenség elpusztít valamit, ugyanakkor teret ad a megújulásnak. Azt is tudjuk viszont, hogy minden természetes rendszernek van egy fordulópontja, amikor a régi egyensúly már nem tartható, és a rendszer egy új egyensúlyt alakít ki.

Az ökoszisztémának alapvetően van egy önszabályozása, amely szélsőséges kilengésektől mentes. A norvégiai lemmingeknél például 4 évenként tömeges vándorlás figyelhető meg. Ennek oka, hogy túlszaporodnak az adott területen, és kritikus szint alá esik a táplálék mennyisége. Ezért új helyet keresnek maguknak, ezáltal nem omlik teljesen össze a populáció.

A ragadozók egyedszám szabályozása – Lotka-Volterra modell

Ha a zsákmány faj egyedszáma nő, akkor a ragadozó faj egyedszáma is nő, ami magával vonja a zsákmányállat egyedszámának csökkenését, amitől viszont a ragadozó faj egyedszáma csökkenni fog. Ezt az alapmechanizmust két matematikus dolgozta ki: Alfred J. Lotka (amerikai) és Vittorio Volterra (olasz). A típuspélda a kanadai hiúz és a sarki nyúl közötti kölcsönhatás (kb. 10 éves ciklusban követik egymást a változások). Ezt a ciklikusságot csak a sarkvidéki területeken tudták kimutatni, ahol kevés számú zsákmányolható faj él, emiatt a ragadozó nem tud váltani az egyik zsákmány állat megfogyatkozásakor egy másik zsákmányállatra.

A valóságban sokkal bonyolultabb a ragadozó-zsákmány viszony. Több összetevője is van, nem csak a zsákmány és a ragadozó, például a zsákmány tápnövényei, alternatív zsákmány a ragadozó számára, időjárási viszonyok (zord vagy enyhe tél), stb. Emiatt sokkal rendszertelenebb az egyedszámok ingadozása. A ragadozók többsége a valóságban polifág, vagyis többféle táplálékot fogyaszt. Emiatt a létszámváltozásuk sokkal kisebb. A bonyolult táplálékhálózat esetén nagy a stabilitás, emiatt a görbe kilengése (amplitúdója) is kisebb.

A környezet eltartó-képessége

Ha egy faj megfelelő körülmények között él, akkor kettőnél több utódot hoz létre élete során (vagyis az apa és anya nem csak saját magát pótolja). Ha elképzelünk egy ideális populációt, ahol az egyedekre nincsen hatással a környezet, akkor az egyedszám exponenciálisan növekedne, vagyis ugrásszerű változás történne az egyedszámokban. A természetben viszont a környezeti tényezők megakadályozzák ezt az exponenciális növekedést (pl. időjárás, táplálék, ragadozók, betegségek, búvóhelyek). Az egyedsűrűség növekedésével párhuzamosan jelennek meg a *sűrűségfüggő-korlátozó tényezők*, például a létszám növekedésével csökken az egy egyedre jutó táplálék mennyiség; könnyebben terjedhetnek a betegségek és a paraziták. Így a valóságban lassul és megáll az egyedszám növekedés. Az alacsony egyedsűrűségnél a *sűrűség-független tényezők*, vagyis a csapadék, hőmérséklet, szél, stb. hatnak.

Azt az egyedsűrűséget, amelynél a populáció létszáma tartósan nem lehet nagyobb, a környezeti eltartó-képességnek (K) nevezzük. Egy adott élőhelyen az egyedszám nem haladhatja meg tartósan az eltartó-képességet. Fajgazdag társulásokban a populációk egyedszáma nem hajlamos a szélsőséges ingadozásra, míg fajszegény társulások (pl. monokultúra) esetében szélsőséges kilengések is lehetnek.

Természetes élőlényközösségek stabilitása = ellenállás a zavarással szemben

Ha egy rendszert külső behatás ér, ezzel szemben rezisztens (ellenálló) vagy reziliens (rugalmas ellenállási képesség) választ adhat. Az első esetben kivédi a támadást, a második esetben sikeresen adaptálódik (alkalmazkodik) az új feltételekhez, vagyis képes visszatérni az eredeti állapothoz. A reziliencia egy szervező erő is egyben. Sokkhatásra kibillen a rendszer az eredeti egyensúlyából, majd egy másik szinten újraszerveződik és helyreáll.

„Egy kőgolyó például remekül ellenáll mindenféle ütésnek, rúgásnak, anélkül, hogy tulajdonságai megváltoznának. Ezzel szemben egy futball-labda egy rúgás következtében alaposan deformálódik, de ha leesik és megáll a pattogása, ugyanolyan formájú és ugyanolyan rugalmas marad, mint korábban. (Természetesen a kőgolyó is széttörhet egy ponton, a labda pedig kilyukadhat, de ez már kívül esik a példa értelmezési tartományán.) A kőgolyó tehát mechanikai szempontból rezisztensnek, a futball-labda pedig reziliensnek tekinthető.” Székely Iván: Reziliencia: a rendszerelmélettől a társadalomtudományokig, *Replika* - 94 (2015/5. szám): 7–23

11. dia

9. ALAPELV: A TERMÉSZETBEN SEMMI SEM KORLÁTLAN

Lássuk be, hogy a végtelen növekedés egy véges földön hibás gondolat. Minden élőlény működésének vannak korlátai: életkor, éghajlat, egyedsűrűség és sok egyéb tényező befolyásolja a fajok és az élő rendszerek fejlődését. A természet sikeresen működik ezen határok között, méghozzá úgy, hogy hosszú távon a lehető legeredményesebb legyen.

Szukcesszió

A társulások időbeli változása. Egyirányú folyamat, mely során a populációk, amelyek a társulást alkotják, teljesen vagy részben kicserélődnek. A szukcesszió folyamán először a pionír (kezdő) társulás jelenik meg. A szukcessziós folyamat zárása a klimax (záró) társulás megjelenése.

A pionír társulás jellemzői – könnyen alkalmazkodó tágtűrésű fajokból áll, egyéves r-stratégista fajok alkotják.

A klimax társulás jellemzői – adott éghajlati viszonyok mellett a lehető legdiverzebb, legnagyobb produktivitású társulás. K-stratégista fajok kerülnek túlsúlyba, megjelennek a szűktűrésű fajok is.

A szukcesszió két típusa:

Primer szukcesszió – az adott területen előtte még nem volt élet. Példa: vulkán működése után, futóhomokon, meddőhányón, gleccser moréna halmán.

Szekunder szukcesszió – hosszú idő óta stabil társulásban ismét megindul a szukcessziós folyamat. Példa: állóvíz feltöltődése, hegyi kaszálórétten felhagynak a kaszálással, leégett erdő.

A klimax társulások általában rezisztensek, de mérsékelt a rezilienciájuk, míg a primer vagy köztes társulások rezisztenciája kisebb, de reziliencia képességük nagyobb.

r és K stratégisták

Az állatfajokat szaporodásuk szerint két nagy csoportba soroljuk: r- és K-stratégista.

r-stratégista fajok – rövid az élettartalmuk, kicsi a testméretük, nem jellemző a territórium. Megfelelő környezeti feltételek mellett nagyon gyorsan szaporodnak, az egyedszám elér egy maximális értéket, ilyenkor a környezeti erőforrások kimerülése miatt gyorsan lecsökken a létszám. Ha ismét kedvezőek a környezeti feltételek, akkor ismét gyors szaporodás történik. Gyorsan és kiszámíthatatlanul változó környezetben élnek (sivatag, tundra, időszakosan vízzel elöntött területek). Példa: baktériumok, rágcsálók, egynyári növények, egyes rovarok.

K-stratégista fajok – hosszú élettartam, nagy testméret, kevés utód, de általában gondozzák, kicsi a halálozási ráta, stabil a populáció mérete, gyakori a territórium megléte. Az egyedszám a környezet eltartó-képességének (K) megfelelő. Példa: erdő, emlősök.

D1.1. A 9 ALAPELV MAGYARÁZATA

Az alapelvek rövid leírása

1. A természet túlnyomó részt napfényvel működik

A természet legfontosabb energiaforrása a napfény. Ennek a végtelen forrásnak a hőjét és a fény energiáját használják fel az élő szervezetek. Azt mondhatjuk tehát, hogy a természet napfényvel működik. Az emberek jórészt kőolajat és szenet használnak, amelyek nem megújuló energiaforrások. Elégetésük során nagyon sok CO₂ keletkezik, amely nagy részben felelős a klímaváltozásért. Miért nem követjük a természet példáját és mentjük meg a bolygónkat a túlmelegedéstől? Ha elég bölcssek lennénk ahhoz, hogy utánozzuk a természetet, csak megújuló energiát használnánk.

2. A természet csak annyi energiát használ, amennyi szükséges

A természet mindenből csak annyit használ, amennyire szüksége van. Vajon mi miért nem tesszük ugyanezt? Az emberek gazdasága jelenleg a termelés és a haszon maximalizálásán alapszik, ezért hatalmas energia felhasználó. Még az élelmiszereket is körbeutazzatjuk a Földön, ahelyett, hogy helyi termékeket használnánk, mert látszólag még így is olcsóbb. Úgy néz ki, hogy a legtöbb döntésnél csak a pénz számít, nem az energiafogyasztásunk. Hogyan tanulhatnánk meg, hogy energiapazarlás nélkül áramoltassuk a termékeket és a szolgáltatásokat?

3. A természet összehangolja a formát a működéssel

A fa gyökere szétágazik a talajban, hogy fel tudja szívni a vizet és a tápanyagokat; az ágait és a leveleit szétterjeszti, hogy megnövelje a felületét és így minél jobban érje a növekedéshez szükséges napfény. A magok általában könnyűek és több valamilyen repítő szerkezettel rendelkeznek, hogy minél messzebbre tudjanak eljutni a levegőben. A természet úgy alakítja ki a formákat, hogy a működést szolgálják – nekünk is így kéne kialakítanunk az épületeket, közlekedést vagy az iskolákat.

4. A természetben minden újrahasznosul

A természet nem „dob ki” semmit... Gondoljuk csak el, hogy minden, amit a természet előállít, természetes úton le is bomlik, így nem keletkezik szemét. Igen, van „pazarlás” (pl. egy cseresznyefa virágzásakor), de ennek is megvan a maga értelme, s egyben táplálékul is szolgál mások számára. Minden, ami a természetben létrejött, majd betöltötte a rendeltetését, lebomlik elemekre és vegyületekre, majd újrahasznosul.

5. A természet együttműködésre épít

Természetesen létezik verseny is a természetben, de csak amikor elkerülhetetlen. A vetélkedés általában nagyon sok energiába kerül. Viszont nagyon kevés elszigetelt dolog létezik a természetben, inkább a kölcsönhatás jellemző. Nézzünk erre példákat! A rovarbeporzású virágos növények nem tudnának szaporodni a beporzók nélkül, cserébe viszont ezek táplálékkal látják el őket. A katica levéltetveken él, így a növény egészséges marad. A természet alapja az együttműködés, ez szolgálja az egész rendszer egészséges működését.

6. A természet létalapja a sokféleség

A természetben a biztonságot leginkább a sokféleség garantálja. Biztonságot nyújt, ha egy élőlény élete nem egyféle táplálékforrástól, egyféle magterjesztési stratégiától vagy egyféle ragadozók elleni védekezési módtól függ. Azt is tudjuk, hogy a kisebb genetikai változatossággal rendelkező fajok kevésbé tudnak alkalmazkodni a környezet változásaihoz, s hogy egy nagyobb változatosságú ökoszisztéma stabilabb, különösen, ha erőteljes külső behatás éri.

7. A természet helyi adottságokra épít

A természeti rendszerek eredendően helyi jellegűek, helyben működnek. Egyes fajok csak meghatározott körülmények között élnek meg; fontos tényező többek között a helyi és a regionális időjárás, a talaj, a levegő összetétele vagy a víz hőmérséklete is. Helyben alakulnak ki a kapcsolatok és helyi erőforrásokra támaszkodnak. Természetesen vannak költöző madarak is, de látott-e már valaki elemózsiás kosarat cipelő gólyát?

8. A természet egyensúlyra törekszik

A természeti rendszerek mindig egyensúlyra törekszenek. Ha túlszaporodtak az egerék, hamarosan több lesz az egerészölyv is, s újra egyensúlyba kerül az egérpopuláció. Az erdőtüz jó példa arra, hogy egy természeti jelenség elpusztít valamit, ugyanakkor teret ad a megújulásnak. Azt is tudjuk viszont, hogy minden természetes rendszernek van egy fordulópontja, amikor a régi egyensúly már nem tartható, és a rendszer egy új egyensúlyt alakít ki.

9. A természetben semmi sem korlátlan

Lássuk be, hogy a végtelen növekedés egy véges földön hibás gondolat. Minden élőlény működésének vannak korlátai: életkor, éghajlat, egyedsűrűség és sok egyéb tényező befolyásolja a fajok és az élő rendszerek fejlődését. A természet sikeresen működik ezen határok között, méghozzá úgy, hogy hosszú távon a lehető legeredményesebb legyen.