

# BIOLÓGIA

*gimnáziumoknak*

# 10

ÖRÖKLŐDÉS • ÖKOLÓGIA



# b

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

*Szerző:*

**GÁL BÉLA**  
*gimnáziumi tanár*

*Bíráló:*

**SOLYMOSS MIKLÓS**  
*gimnáziumi tanár, mesterpedagógus*

*Felelős szerkesztő:*

**HORVÁTHNÉ KUNSTÁR ANDREA**

*Anyanyelvi lektor:*

**VARRÓ SÁNDOR**



*A kötet hátsó borítójának belsején egyedi kód található, melyet a [www.mozaweb.hu](http://www.mozaweb.hu) oldalon aktiválhatsz. Az aktiválás hozzáférést biztosít a kiadvány elektronikus változatához a honlapon található feltételekkel.*

*Fotók: MOZAIK ARCHÍVUM, shutterstock.com*

*Borítóterv: Szőke András*

*Műszaki szerkesztő: Vass Tibor*

*Ábrák: Gönczi Anikó, Molnár Mónika, Vass Tibor*

A MOZAIK ARCHÍVUM képeinek kizárólagos felhasználási joga a Mozaik Kiadó Kft. tulajdona.

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a mű bővített, illetve rövidített változata kiadásának jogát is. A kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül sem a teljes mű, sem annak része semmiféle formában nem sokszorosítható.

**KERETTANTERV:**

A kiadvány az 5/2020 (I.31.) Korm. rendelet a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról szóló 110/2012 (VI. 4) Korm. rendelet módosításáról megnevezésű jogszabály, *Kerettanterv a gimnáziumok 9–12. évfolyama számára kerettanterve* alapján készült.

**ISBN 978 963 697 862 4**

**© MOZAIK KIADÓ – SZEGED, 2021**

I. fejezet  
**AZ ÉLŐ RENDSZER  
ANYAGAI**



II. fejezet  
**A SEJT  
ÉS A GENOM**



III. fejezet  
**AZ EGYEDSZINTŰ  
ÖRÖKLŐDÉS**



IV. fejezet  
**A BIOLÓGIAI  
EVOLÚCIÓ**



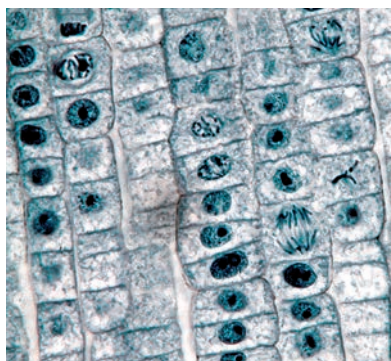
V. fejezet  
**A FÖLD ÉS A KÁRPÁT-MEDENCE  
ÉLETKÖZÖSSÉGEI**



VI. fejezet  
**EMBER  
ÉS BIOSZFÉRA**







# TARTALOM

Előszó .....	6
--------------	---

## AZ ÉLŐ RENDSZER ANYAGAI

A biogén elemek és a víz .....	8
A szénhidrátok .....	12
A lipidek (zsírszerű anyagok) .....	16
A fehérjék .....	20
A nukleotid típusú vegyületek .....	23
A sejtek anyagcsere-folyamatai .....	27
A felépítő folyamatok .....	32
A lebontó folyamatok .....	38
Összefoglaló tesztfeladatok .....	44

## A SEJT ÉS A GENOM

A sejtalkotók .....	48
Az öröklődő információ megjelenésének kémiai alapjai .....	51
A sejtciklus és a DNS bioszintézise .....	56
A génszövet .....	60
A sejtosztódás típusai és biológiai jelentőségük .....	64
A mutációk típusai és következményei .....	68
A genetikai kutatások napjainkban .....	71
Összefoglaló tesztfeladatok .....	77

## AZ EGYEDSZINTŰ ÖRÖKLŐDÉS

A genetika .....	80
Egy gén által meghatározott tulajdonságok öröklődése .....	83
Többgénes öröklődés .....	89
A kapcsoltság .....	92
A nemhez kapcsolt tulajdonságok öröklődése .....	95
A mennyiségi jellegek és az extranukleáris öröklődési tulajdonságok .....	99
Az emberi jellegek és betegségek öröklődése .....	101
A gének és a környezet viszonya .....	106
Összefoglaló tesztfeladatok .....	109

# TARTALOM

## A BIOLÓGIAI EVOLÚCIÓ

Az evolúció .....	112
Az evolúció tényezői .....	116
Adaptív és nem adaptív evolúciós folyamatok. A fajok kialakulása .....	122
Az evolúció bizonyítékai .....	126
Az élővilág változása bolygónkon .....	130
Az ember evolúciója .....	134
Összefoglaló tesztfeladatok .....	139

## A FÖLD ÉS A KÁRPÁT-MEDENCE ÉLETKÖZÖSSÉGEI

Ökológia .....	142
A populáció .....	144
Az élettelen ökológiai tényezők I. ....	148
Az élettelen ökológiai tényezők II. ....	153
Az élettelen ökológiai tényezők III. ....	157
Az élő ökológiai tényezők .....	160
Az életközösségek .....	164
Az anyag és az energia mozgása az ökoszisztémában .....	169
Az ökológiai stabilitást veszélyeztető tényezők .....	173
A biomok mint életközösségek .....	176
A Kárpát-medence élővilága .....	182
Intrazonális társulások .....	185
A víz által befolyásolt intrazonális társulások .....	187
A Kárpát-medence állatvilága .....	190
Összefoglaló tesztfeladatok .....	192

## EMBER ÉS BIOSZFÉRA

Mai életünk jellemzői .....	196
Az ember átalakító tevékenysége .....	201
Változások a bolygón .....	207
Összefoglaló tesztfeladatok .....	214
Az összefoglaló tesztek és egyéb tankönyvi feladatok megoldása .....	217



# A FEHÉRJÉK

A sejt fehérjéit aminosavak építik fel. Az aminosavak amino- és karboxilcsoportot tartalmazó szerves, kis méretű molekulák.

**Vizsgálj meg az 20.1. ábrán a fehérjéket felépítő 20-féle aminosavat! Mi a közös bennük?**

Az aminosavak jellegzetes kötással, a peptidkötéssel kapcsolódnak össze. Korlátlan számú monomer kötődhet egymáshoz, így polimer molekulák, polipeptid alakulnak ki. A fehérjék sajátos térszerkezetű polipeptid óriásmolekulák.

**Aminosavak:** amino- és karboxilcsoportot tartalmazó molekulák.

**Fehérje:** jellegzetes térszerkezettel rendelkező, sajátos működésű polimer makromolekula.

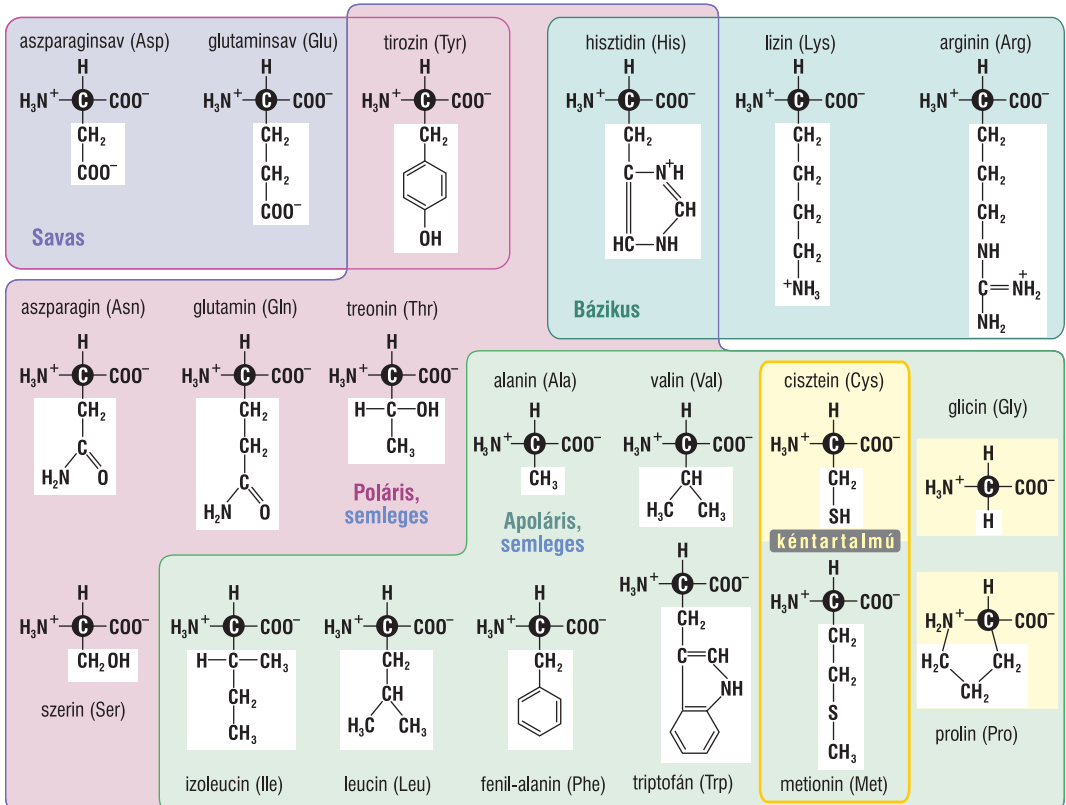
**Fehérjék elsődleges szerkezete:** az építőegységek (aminosavak) összekapcsolódási sorrendje.

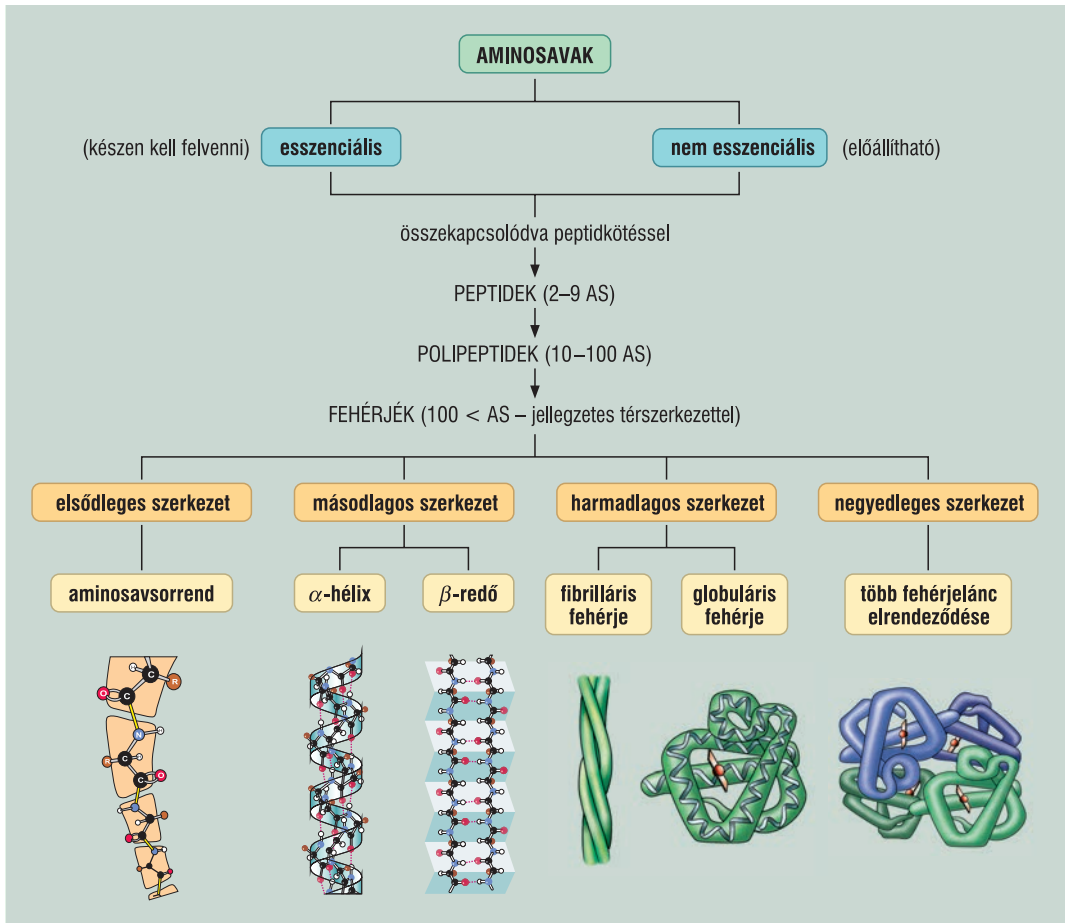
**Fehérjék térszerkezete:** a kialakult aminosav-lánc adott térbeli elrendeződése (másodlagos, harmadlagos, negyedleges szerkezet is lehet).

Az átlagos méretű fehérje kb. 100–300 aminosavból áll. Ha egy 300 egységből felépülő fehérjében mind a húszféle aminosav előfordulhat, akkor  $20^{300}$  db különböző aminosavsorrend alakulhat ki. Ez hatalmas változatosságot eredményez. Hányféle aminosavsorrend alakítható ki, ha csak 3-féle aminosav van és a kialakítandó peptidet csak négy aminosav alkotja?

A fehérjék térbeli elrendeződését a lánc egyes részelei között kialakuló kémiai kötések (kovalens, ionos, hidrogén- és van der Waals-kötés) biztosítják. A kötések csak akkor jöhetnek létre,

20.1. 20-féle aminosav





21.1. A fehérjék szerkezete

ha olyan oldalláncú aminosavak kerülnek egymáshoz közel, amelyek képesek egymással kapcsolódni.

Így az aminosavsorrend, az elsődleges szerkezet a meghatározója a térszerkezetnek, a lánc-konformációnak. Az elsődleges szerkezet megváltozása tehát a fehérje térszerkezetének, és ezzel tulajdonságának módosulását eredményezi.

Tehát egyetlen aminosav megváltozása is jelentős hatással lehet a fehérje térszerkezetére, és így a működésére. Jól szemlélteti ezt a sarlósejtes vérszegénység kialakulása. A betegben szabálytalan (legtöbbször sarló) alakú vörösvérsejtek alakulnak ki. Ezek könnyen összeakadnak, összecsapódnak, és elzárják a vékony ereket. Gyakran az oxigént sem képesek szállítani, ami a beteg halálához vezet.

A betegség kialakulása a vörösvérsejt hemoglobinjának hibája miatt következik be. A felnőtt ember hemoglobinjának négy fehérjeláncát összesen 576 aminosav alkotja. A sarlósejtes vérszegénységet okozó hiba mindössze egyetlen aminosav helytelen beépülése miatt következik be: az egyik lánc 6. beépülő aminosava valin (glutaminsav helyett).

A térszerkezetet biztosító kötések többnyire másodrendűek, tehát gyenge kötőerőt jelentenek. Nem véletlen, hogy a fehérjék nagyon érzékenyek a környezet változásaira, a feladatuknak megfelelő módon és mértékben működni csak optimális körülmények között képesek.

A másodrendű kötések nagyon érzékenyek a hőváltozásra, a mechanikai hatásokra, de a hid-



# A GÉNEBÉSZET

A molekuláris biológia óriási fejlődése zajlik a 21. században. Az ember eljutott addig, hogy képes alakítani a sejt DNS-ét, ezzel a sejt tulajdonságát.

A génebésezet (géntechnológia, transzformáció) során eltávolítunk egy gént az egyik élőlény sejtjéből, majd ezt beillesztjük egy másik szervezet sejtjébe. A gén az új helyen képes kialakítani a benne rögzített tulajdonságot.

A génebésezet angol neve (genetic engineering = génmérnökség) pontosabban fejezi ki a lényegét, mint a megszokott magyar kifejezés. A beavatkozások tervezése és kivitelezése valóban mérnöki pontossággal és megbízhatósággal történhet.

Nem minden esetben kell új gént beültetni. Azzal is megváltoztatható a sejt működése, ha beindítunk (knock-in) vagy leblokkolunk (knock-out) bizonyos géneket.

A génebésezet folyamata során ki kell választani a beültetendő gént. Át kell tenni egy olyan hordozóba (vektorba), amely képes bejutni a célsejtbe, ott pedig beépül a megfelelő helyre.

Az *idegen DNS bevitel*e történhet kémiai (pl. liposzóma segítségével), vagy fizikai (pl. injektálás a sejtmagba) úton (transzfekeció). Lehetséges a bevitel a sejtbe bejutó vírusokkal, vagy a baktériumok plazmidjaival is. Sőt használhatunk a DNS-ben természetes módon megtalálható ug-ráló géneket (transzpozonokat) is.

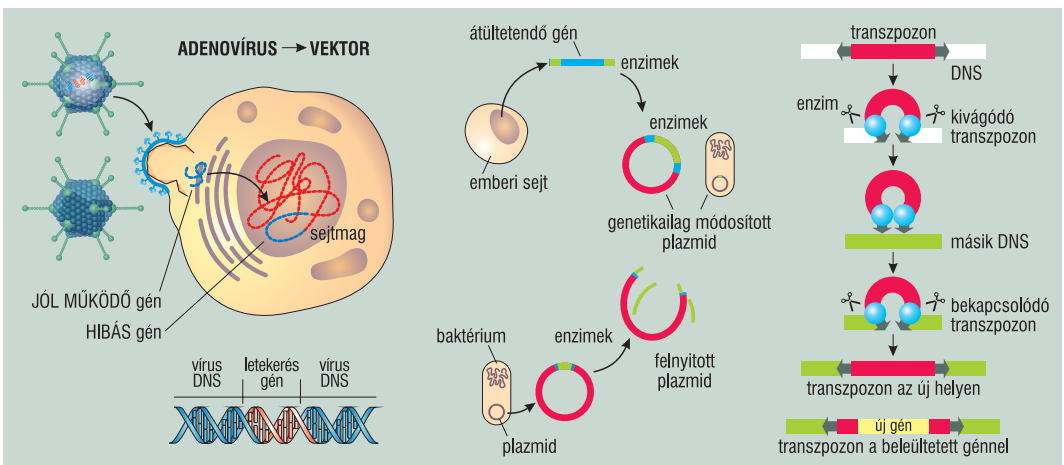
**👤** A COVID–19 elleni legmodernebb védőoltásoknál egy egyszerű mRNA-molekulát juttatnak be. Ez egy bizonyos fehérje felépítésének (a vírus jelzőmolekulájának, tüskefehérjé-jének) genetikai információját tartalmazza. A citoplazmában a riboszómákon lezajlik a fehérje képzése, ami választ vált ki az immunrendszerben. Az RNS bejuttatásához liposzómába vagy ún. lipid-nanopartikulomokba csomagolják. A liposzómát ismerjük, de mi az a nanopartikulum, és miért segíti az anyag bejutását? Nézz utána! Miért juthat be a sejtekbe könnyen a vakcina RNS-molekulája?

**@** Kutass! Az ugráló gén érdekes viselkedésű DNS-szakasz. Nézz utána, hogyan képes egyik helyről a másik DNS terület-re átkerülni!

A géntechnológia fejlődésével több génszerkesztési technikát is felfedeztek a szakemberek. Nagy lépés volt CRISPR-rendszer felfedezése, egy új génbeültetési módszer kidolgozása. A tudósok képesek genomban lévő specifikus DNS-szakasz hozzáadását vagy eltávolítását elvégezni. A CRISPR (ejtsd: kriszpör, mozaikszó az angol „halmozottan előforduló, szabályos közökkel elválasztott, palindromikus ismétlődések” kifejezés rövidítése) nagyon ígéretes módszer, amely olcsó és egyszerű, a jövőbeli rák elleni védekezésben segíthet.

**🔗** A CRISPR-alapú génszerkesztő eszközök sokféle alkalmazásáról olvashatsz az interneten!

## 60.1. Az új gén bevitel e vektorokkal: a retrovírussal, plazmiddal és a transzpozonnal







61.1. A DNS (új gén) bevitel: a liposzómával, fizikai úton és a CRISPR-módszerrel

A CRISPR-rendszer alkalmas arra, hogy akár egy megtermékenyített emberi petesejtben olyan genetikai módosításokat hajtsanak végre, ami a kifejlődő utód minden sejtjében is jelen lesz.

2015-ben kínai kutatók életképtelen humán embrióban kijavították a béta-thalasszémiát (a hemoglobin nem megfelelő aminosavsorrendű, ezért vérszegénység alakul ki) okozó mutációt. Cikküket azonban a tudományosan leginkább elfogadott folyóiratok, a Nature és a Science, etikai okok miatt visszautasították.

Még abban az évben egy nemzetközi kutatói konferencián megvitatták az új technológia etikai vonatkozásait. Megegyeztek abban, hogy az emberi genom örökíthető megváltoztatása felelőtlennek számít. 2016 februárjában a brit etikai felügyelet engedélyezte emberi embrió géneinek megváltoztatását, az embriót azonban hét napon belül meg kellett semmisíteni.

Szervezetek vitát az emberi génállomány megváltoztatásának etikai problémáiról!

Lehet-e egy nem tetsző formájú orrot vagy hajszínt genetikai úton megváltoztatni? Állításd támaszd alá érvekkel!

## KLÓNOZÁS

A klónozás a biológiában bármilyen tudományos célú biológiai anyag (DNS, sejt vagy egyed) felszaporítását, sok azonos példányban való létrehozását jelenti.

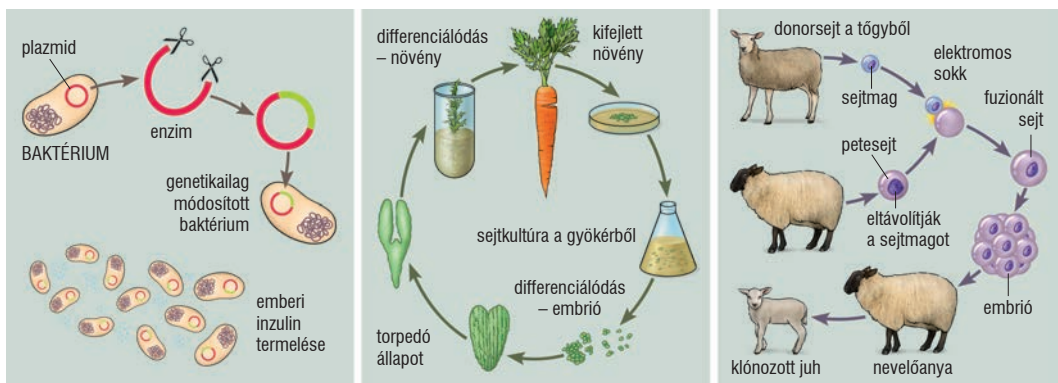
A DNS molekuláját például a **polimeráz-lánreakció** (PCR) során sokszorozhatjuk. A folyamatban a DNS-molekulákat a vizsgálatokhoz szükséges mennyiségre szaporítják fel. Ezeket használhatják fel a génterápiás eljárásokban, vagy például ezt a módszert használják a COVID-19 vírusfertőzöttség kimutatására is.

Azzal is felszaporíthatjuk az adott DNS-t, ha beültetjük egy baktériumba, majd azt szaporítjuk.

A sejt klónozása a sejtek laboratóriumi körülmények közötti tenyésztésével valósul meg. A létrejött sejt kultúrákat, például az őssejteket ültetik be a szervezetbe. Egy teljes szervezet létrehozásának két alapvető módja a nukleáris transzfer (maganyag-átviteli) és az embrióosztási (embriófelezési) technológia.


Gyűjts hétköznapi példákat a mezőgazdaságban, az állattenyésztésben a klónozásra!

## 61.2. A klónozás lehetőségei



# A KAPCSOLTSÁG

A múlt században **T. H. Morgan** amerikai genetikus az ecetmuslicával végzett kísérleteinek segítségével felismerte a gének „kapcsoltságát”. Eszerint Mendel III. törvénye csak akkor teljesül, ha a tulajdonságokat meghatározó gének külön kromoszómán helyezkednek el, a gének szabadon kombinálódhatnak.



 Keresztezzünk mindkét génjükre homozigóta ecetmuslicákat. Az egyik egyed normál szárnyú, normál szőrű, a másik széles szárnyú, rövid szőrű. Az első utódnemzedékben minden egyed normál szárnyú, normál szőrű lett. Ha ezek közül bármelyiket teszteljük, vagyis széles szárnyú, rövid szőrű egyedekkel keresztezzük, az utódok között normál szárnyú, normál szőrű; normál szárnyú, rövid szőrű; széles szárnyú, normál szőrű; és

széles szárnyú, rövid szőrű muslicák alakulnak ki 1 : 1 : 1 : 1 arányban. Milyen sejszintű folyamat eredményezi ezt az arányt?





Ha normál testű, normál szemű muslica egyedeket törpe testű, csillagszeműekkel keresztezzük, az első utódnemzedék egyedeinek mindegyike normál testű, normál szemű lett – követve Mendel I. törvényét. Ha ezeket az egyedeket teszteljük kettős homozigóta recesszívekkel (törpe testű csillagszeműekkel), a várt 1 : 1 : 1 : 1 arány helyett az utódok döntő többsége a szülői tulajdonságok kombinációját mutatja közel 50-50%-ban. A szülőktől eltérő normál testű, csillagszemű és törpe testű, normál szemű egyedek csak nagyon kis számban fordulnak elő.

## 92.1. A független és a kapcsolt öröklődés

**1**



**P**  × 

AABB                      aabb  
fekete sima                      fehér ráncos



**G**         

AB                                      ab

**2**



**P**  × 

AABB (K<sub>B</sub><sup>A</sup> K<sub>B</sub><sup>a</sup>)                      aabb (K<sub>B</sub><sup>a</sup> K<sub>B</sub><sup>a</sup>)  
fekete sima                      fehér ráncos





**G**                       

AB (K<sub>B</sub><sup>A</sup>)                                      ab (K<sub>B</sub><sup>a</sup>)

A: fekete szín                      kúltakaró  
a: fehér szín  
B: sima                      kúltakaró  
b: ráncos  
(fiktív élőlények)





**F<sub>1</sub>**  × 

AaBb                      aabb  
fekete sima





**G**    

AB      Ab      aB      ab  
1 : 1 : 1 : 1

**A tesztelés eredménye**







   

AaBb      Aabb      aaBb      aabb  
1 : 1 : 1 : 1  
fekete sima      fekete ráncos      fehér sima      fehér ráncos

**F<sub>1</sub>**  [   ] × 







AaBb (K<sub>B</sub><sup>A</sup> K<sub>B</sub><sup>a</sup>)                      [ AaBb (K<sub>B</sub><sup>A</sup> K<sub>B</sub><sup>a</sup>)      AaBb (K<sub>B</sub><sup>A</sup> K<sub>B</sub><sup>a</sup>) ]      aabb (K<sub>B</sub><sup>a</sup> K<sub>B</sub><sup>a</sup>)

rekombináció

**G**   [     ]

AB (K<sub>B</sub><sup>A</sup>)      ab (K<sub>B</sub><sup>a</sup>)                      AB (K<sub>B</sub><sup>A</sup>)      ab (K<sub>B</sub><sup>a</sup>)      Ab (K<sub>B</sub><sup>A</sup>)      aB (K<sub>B</sub><sup>a</sup>)  
50%–x%      50%–x%                      x%      x%

**A tesztelés eredménye**

  [     ]

AaBb      aabb                      AaBb      aabb      Aabb      aabb  
(K<sub>B</sub><sup>A</sup> K<sub>B</sub><sup>a</sup>)      (K<sub>B</sub><sup>a</sup> K<sub>B</sub><sup>a</sup>)                      (K<sub>B</sub><sup>A</sup> K<sub>B</sub><sup>a</sup>)      (K<sub>B</sub><sup>a</sup> K<sub>B</sub><sup>a</sup>)      (K<sub>B</sub><sup>A</sup> K<sub>B</sub><sup>a</sup>)      (K<sub>B</sub><sup>a</sup> K<sub>B</sub><sup>a</sup>)  
fekete sima      fehér ráncos                      fekete sima      fehér ráncos      rekombináns egyedek      fekete sima      fehér ráncos

Ha megvizsgáljuk a folyamatot szemléltető ábrát, láthatjuk, hogy az (1) esetben vizsgált génnek a muslica két különböző kromoszómáján, míg a (2) esetben ugyanazon a kromoszómán található. Vagyis az első keresztezésünkben két egymástól függetlenül öröklődő gén, a második keresztezésben két egymással kapcsolt gén öröklődését figyelhetjük meg.



93.2. Az ecetmuslica tartása, szaporítása

A genetikai vizsgálatok fontos kísérleti alanya az ecetmuslica (*Drosophila melanogaster*). Ez a kicsi légy könnyen tartható, a tenyésztete kis helyen elfér, egyszerűen és olcsón fenntartható. A nemek egymástól könnyen elkülöníthetők, mivel a potroh végét a hímeknél sötétebb képletek alkotják.

Mivel a nemi érés a bából való kikelés után még egy rövid ideig nem következik be, könnyen elkülöníthetők a szűz nőstények a későbbi irányított keresztezéshez. Egy ecetmuslica nagyjából egy hónapi él, ez idő alatt a nőstény képes lerakni akár 1000-1500 petét is. A genetikai vizsgálatokban azért is alkalmazzák, mert kevés kromoszómája van ( $2n = 8$ ). Mára a teljes genomját meghatározták.

kedik el egymástól a kromoszómán a két gén, annál nagyobb általában az esély közöttük az át-kereszteződésre. Minél több, a szülői allélkombinációtól eltérő eloszlás jelenik meg, annál nagyobb esély volt a rekombinációra, vagyis annál távolabb van a kromoszómán a két gén. Ezt a rekombinációs gyakoriság számításával adhatjuk meg:

$$R_{AB} = \frac{\text{rekombináns (szülőitől eltérő allél-összetételű) egyedek száma}}{\text{az összes egyed száma}}$$

A meiózis első osztódási szakaszának előszakaszában a homológ kromoszómapárok között átkereszteződések (crossing over) jöhetnek létre. Az átkereszteződés (rekombináció) teljesen véletlen; egyetlen kromoszómáron egy, kettő, de akár öt-hat is bekövetkezhet.

A kapcsolt öröklődés esetén a szülői tulajdonságokat keverten tartalmazó egyedek a kettős heterozigótákban lezajló rekombináció miatt alakulnak ki. Az élőlények genetikai változékonyságának egyik alapja a rekombináció.

Az átkereszteződés gyakoriságát géntérképezésre használhatjuk fel. Minél távolabb helyez-

Ha a rekombinációs gyakoriságot 100-zal megszorozzuk, a rekombinációs százalékot kapjuk, az 1%-os gyakoriságot tekintjük 1 térképegységnek, T. Morgan tiszteletére 1 Morgan egységnek (mu. – Morgan unit) nevezzük. Ha nagyszámú keresztezésben, a rekombinációs gyakoriságot mindig újabb és újabb két gén között megvizsgáljuk, a kapott 0 és 1 közé eső számok megmutatják az adott két gén egymáshoz viszonyított helyét a kromoszómán. Ezek az értékek nem jelentenek egyértelműen fizikai mértékegységgel mérhető távolságokat. Vannak a kromoszómákon ún. forró pontok, ahová az enzimek nagyobb eséllyel kötődnek, és vannak „védettebb” szakaszok is.

93.1. A „drozi” néhány tulajdonsága, egyedfejlődése



# AZ EMBER EVOLÚCIÓJA

A harmadidőszak vége felé, a miocén korban megjelent első emberfélék („korai ember”-ek). Ekkor az őrs emberszabású majmok egy része kivándorolt Afrikából, és megjelent Ázsiában és Európában is, ahol ekkor még trópusi-szubtrópusi éghajlat volt. Alkalmazkodtak, tovább fejlődtek, így sok különböző irányban, eltérő típusokban fejlődtek.

Az egyik ilyen a Kárpát-medencében mintegy 10 millió évvel ezelőtt élt *Rudapithecus hungaricus* (Rudi) is, amely 25–28 kg testtömegű, 120 cm magas, 300–330 ml agytérfogattal rendelkező ősmajom volt.

Afrika volt az emberiség bölcsője, a korai emberfélék leletei csak Afrikából kerültek elő. A Kelet- és Dél-Afrikából előkerült legalább húsz különböző emberi ágba tartozó csoport között az *Australopithecus*ok éltek a legnagyobb fajszámában, mégis a fejlődési águnknak csupán mellékszereplői voltak.

Az *Australopithecus* nemzetség eddig talált legidősebb maradványa mintegy 4,5 millió éves. Az első leleteket 1924-ben Dél-Afrikában találták meg, és erről a területről kapták a nemzetségnevet (*Australopithecus*), ami „déli majmot” jelent. Azonban ez helytelen név, mert az *Australopithecus*ok már nem majmok, hanem emberfélék voltak. Legfontosabb jellemzőik: a 400–500 cm<sup>3</sup>-es agytérfogat, az alacsony és kicsi agykoponya és az előreugró arcváz. A vékony alkatú *Australopithecus africanus* és az erőteljesebb *A. robustus*

Dél-Afrikából, a nála is robusztusabb *A. boisei* maradványai pedig Kelet-Afrikából kerültek elő. A 110–140 cm magas egyedek rendszeresen két lábon jártak. Eszközöket használtak, arra azonban nincs bizonyíték, hogy azokat maguk készítették.

A jégkorszak (*pleisztocén*) elején közöttük megjelent egy olyan 700–750 cm<sup>3</sup> agytérfogatú csoport, amelynek leletei között megmunkált kőeszközöket találtak. Ezeket már a *Homo* nemzetségbe soroljuk: *Homo habilis* (ügyes ember).

Az 1000–1350 cm<sup>3</sup>-es agykoponyájú egyedek, a 1,5 millió–350 ezer évvel ezelőtt élt *Homo erectus*oknak már Ázsiában és Európában is megtalálták maradványait. Nevük onnan származik, hogy combcsontjuk – ellentétben a majmok és az emberi elődeikkel szemben – már egyenes volt [*H. erectus* → *felegyenesedett ember*], ami a megismert anatómiai szabályok alapján szükségszerűen egyenesebb testtartást eredményez, feltételezi a kétlábon járást.

A *Homo erectus*t tekintethetjük az emberré válás egyik legfontosabb fájának, mert a *Homo sapiens* közvetlen elődei közé tartozik. Csoportjai feltehetően többször is bevándoroltak Afrikából Európába.

A *Homo erectus*ból kétfelé ágazott az emberré válás útja: Európában az „ősember”-nek is nevezett *Homo neanderthalensis* (*Neander-völgyi ember*), Afrikában pedig a „mai ember”, az anatómiailag modern *Homo sapiens* (*bölcs ember*) jelent meg.

134.1. Az emberiség bölcsője, Kelet-Afrika és a több mint 51 tonna csontleletet adó Omo folyó völgye







135.1. Australopithecus afarensis koponyamaradvány (1), a Homo habilis rekonstrukciója (2), és a Homo erectus paleohungaricus lelőhelyének emléktáblája (3). ► Nézz utána a lelet történetének!

A Neander-völgyi emberek agykoponyája hosszú, széles és alacsony volt, agytérfogatuk pedig meghaladta a mai emberét, átlagosan 1600 cm<sup>3</sup> volt. Szemüregük felett erősen kiugró, ívelt „homlok-eresz” húzódtott. Arcvázuk középső része is előreugró volt, és nem rendelkeztek kifejezett állcsúccsal. Általában alacsony, mintegy 160 cm testmagasságúak voltak, erőteljes törzssel, rövid végtagokkal, erőteljes izomzattal. Ez az alkat – a viszonylag kis testfelülettel – a hideg elleni adaptáció miatt alakult ki. A késő Neander-völgyiek közé tartoztak a Bükkalján, a Cserépfalu melletti Suba-lyuk barlangjából (1932-ben) előkerült maradványok is: egy 25-35 év körüli felnőtt nő és egy három év körüli gyermek csontjai. A Neander-völgyiek már temetkeztek a barlangokban, ennek is köszönhető, hogy viszonylag sok fosszilis maradványuk őrződött meg. A Neander-völgyiek finoman kidolgozott kőeszközöket készítettek, de kevesebb eszköztípus ismertek.

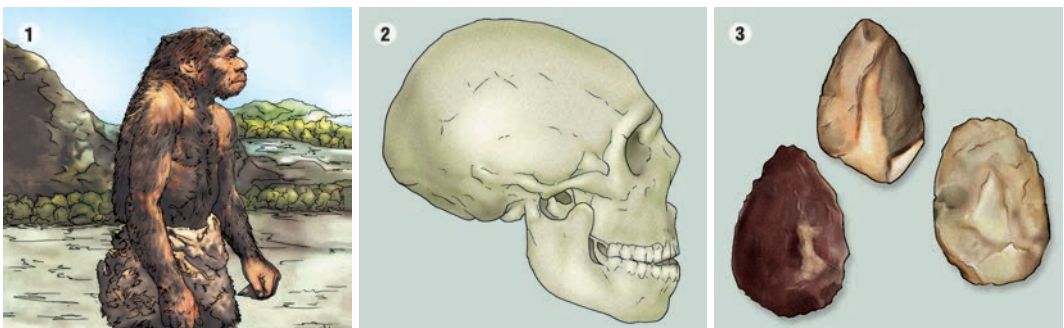
A Neander-völgyiek megítélése az idők folyamán többször is változott. A 19. század végén külön fajként határozták meg őket (*Homo neanderthalensis*).

Később a mai ember alfajának (*Homo sapiens neanderthalensis*) vélték. Az újabb molekuláris antropológiai (DNS) vizsgálatok alapján viszont ismét külön fajként fogadják el. Ennek nem mond ellent az a tény, hogy 2010-ben három, 40 000 éves, Horvátországban talált Neander-völgyi csontból sikerült rekonstruálni a teljes Neander-völgyi génállomány mintegy kétharmadát, és összevetve azt a mai emberével, kiderült, hogy ezekből a mai ember genomjában is található 1-4%-os „mennyiségben”, ami a két faj egykori keveredésére utal.

A Neander-völgyi ember nem volt a mai ember, a *Homo sapiens* őse. Vele azonos időben élt, de egy másik ágat képviselő, közeli rokona.

A *Homo sapiens* Afrikán kívüli elterjedése a korábbi emberfélékhez képest magas szellemi képességeinek is köszönhető, amelynek természetesen biológiai alapjai vannak. Az 1350 cm<sup>3</sup>-es agytérfogat, a fejlett homloklebeny az állcsúcs megjelenésével együtt lehetővé tette a fejlett beszéd megjelenését. A mozgás fejlődése biztosí-

135.2. A jégkorszakhoz alkalmazkodott, túlspecializált *Homo neanderthalensis* rekonstrukciója (1), koponya rajza (2) és kőeszközei (3)



# AZ ÉLŐ ÖKOLÓGIAI TÉNYEZŐK (POPULÁCIÓ-KÖLCSÖNHATÁSOK)

Az egyes egyedeket az élettelen ökológiai tényezők mellett más élőlények is befolyásolják. Egy adott területen különböző fajok populációi élhetnek együtt, és ezek egymás működését kisebb-nagyobb mértékben befolyásolhatják.

Az együttélés során a populációk között és populáción belül *védelmi, telelési és alvási, vándorlási, szaporodási, territoriális, versengési és táplálkozási* kapcsolatok is kialakulhatnak.

 **Keress példákat a fenti mondatban felsorolt egyes kapcsolatokra!**

Különböző fajok egyedeinek egymásra hatása a *populációk kölcsönhatásaként* jelentkezik. E kapcsolatok közvetett vagy közvetlen módon jelentkezhetnek.


Közvetett hatások esetén az egyik populáció befolyásolja, megváltoztatja a másik életkörülményeit. (Pl. egy erdő sűrű lombkoronája leárnyékolja az aljnövényzetet.)

A közvetlen hatás során az egyes populációk ténylegesen (fizikális) kapcsolatba kerülnek egymással. A kapcsolatok az egyes populációk számára lehetnek **előnyös (+), hátrányos (-)** vagy **semleges (0)** hatásúak. Előnyös a kapcsolat, ha a viszony eredményeképpen a populáció egyedeinek életbenmaradási esélye nő, szaporulata emelkedik. Ha a populáció egyedeinek az élet- és szaporodási esélyei ennek következtében csökkennek, hátrányos hatásról van szó.

A **mutualista kapcsolatok (+, +)** a mindkét populáció számára előnyös kölcsönhatások gyűjtőfogalma. Jellegében, tartalmában és mélységében jelentősen eltérő, igen árnyalt és sokféle for-

máját ismerjük. Kialakulhat alkalomszerű, vagy az egyik fél számára nélkülözhetetlen, de mindkét fél számára szükséges kölcsönhatás is.

A struccok és zebrák egymás mellett élnek. A zebrák kiválóan hallanak, a struccoknak viszont a látásuk elsőrangú. Bármelyikük jelez veszélyt, azonnal együtt kezdenek menekülni (alliancia). Szinte hihetetlen, hogy a zöld növények 80-90 százaléka *mikorrhizát* kialakítva gombákkal él együtt. A gomba fonalai, a hifák behálózzák a gazdanövény gyökereit. A gomba segíti a növény víz- és tápanyagfelvételét, míg a növény kész szerves anyagokhoz és vitaminokhoz juttatja a gombát.

 **A zöldhidra színe a külső sejtrétegében élő zöldmoszatok miatt zöld. Mi az egyes szereplők előnye a kapcsolatban? Keress további példákat a mutualizmus különböző típusaira!**

A mutualista kölcsönhatások – különösen a szorosabb kapcsolatok esetén – csak akkor maradhatnak fenn tartósan, ha a két populáció növekedési üteme hosszú távon azonos. Ellenkező esetben az egyik populáció egyedszámának jelentős csökkenése vagy növekedése a másik populációra nézve káros.


**Ha az ember antibiotikumot szed, a gyógyszer hatóanyaga általában a bélbaktériumokat is pusztítja. Mi lehet a következménye a szimbiota baktériumlétszám csökkenésének?**

A (+, -) kölcsönhatások a legfeltűnőbbek az élővilágban. Ilyen táplálkozási kapcsolat a zsákmányszerzés, valamint a táplálkozásban és a szaporodásban a másik élőlényre utalt parazita kapcsolat is.

## 160.1. Két populáció egymásra hatása alapján megadható kölcsönhatások

	+	-	0
+	mutualista kapcsolatok	predáció (zsákmányszerzés), parazitizmus (élősködés)	kommenzalizmus (asztalközösség)
-	predáció (zsákmányszerzés), parazitizmus (élősködés)	kompetíció (versengés)	antibiózis/amenalizmus
0	kommenzalizmus (asztalközösség)	antibiózis/amenalizmus	neutralizmus

A **zsákmányszerzés (predáció)** során az egyik populáció részben vagy egészben táplálékul használja, elpusztítja a másik populáció egyedeit. Az állatokat ezért táplálkozásuk alapján is csoportosíthatjuk: növényevők, mindenevők, húsevők (ragadozók, rovarevők).

 Vizsgáld meg a 161.1. grafikont! Mit ábrázol az x és az y tengelyen? Milyen következtetést vonhatsz le a két populáció kapcsolatáról?

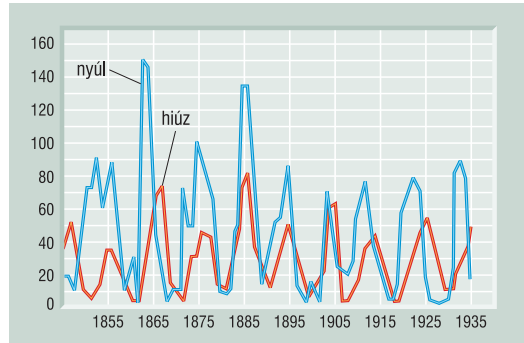
A **parazitizmus** során az egyik (élősködő) populáció a másik (gazdaszervezet) populáció egyedeiből táplálkozik, vagy azok testében szaporodik.

A paraziták és a gazdaszervezet között az esetek többségében egy stabil egyensúlyi kapcsolat alakul ki anélkül, hogy a gazda elpusztulna. Például a tetvek, a kullancsok a gazdaszervezetek szerves anyagait szívják el.

A növények között is találunk parazitákat. A félpazita fagyöngy szerves anyagokat (vizet, sókat) vesz fel szívógyökerével a gazdanövény faelemeiből.

Keress példákat további parazita élőlényekre!

 Tartsatok bemutatót a laposférgekhez tartozó horgasfejű galandféreg megjelenési formáiról és köztesgazdáiról!



161.1. A zsákmány (sarki nyúl) és a ragadozó (hiúz) egyedszáma

Olyan kapcsolat is létrejöhet, amelyben az egyik populáció táplálékának maradványából a másik rendszeresen fogyaszt. Ez a (+, 0) kölcsönhatás a **kommenzalizmus** (asztalközösség).

Megfigyelhetjük a gólyafészkekbe települt veréb, illetve az oroszlánok és a hiénák, a cápák és a kalauzhalak, a mézmutató madár és a méhészborz között is. A könnyű táplálékszerzés az utóbbi fajok számára nyilván előnyös, hiszen nem sok energiájukba kerül a „terített asztal”. Az előbbi fajok számára azonban lényegtelen, hogy az állatok ott hagyott, számukra felesleges „morzsákat” kik fogyasztják el.

161.2. A szúnyog (1), a bábölő fürkészdarázs (2) és a galandféreg (3)



161.3. Az asztalközösség: az oroszlán és a hiéna (1), a gólya és a veréb (2), egy fa és a borostyán (3) kapcsolata





# MAI ÉLETÜNK JELLEMZŐI


## ÖKOLÓGIAI LÁBNYOM

Lovelock és Margulis Gaia elmélete már jelezte, hogy bolygónk ökológiai egyensúlya veszélybe került. Mára az emberiség már meghaladta bolygónk ökológiai kapacitásait, vagyis átlépte a korlátokat.


Az ember élete és minden tevékenysége a természettől függ. Fogyasztjuk az értékeit, és igénybe vesszük a „szolgáltatásait”. Emiatt elkerülhetetlen, hogy eltartóképeségének (ökológiai kapacitásának) határain belül maradjunk.

Ennek szemléltetésére egy modellt állítottak fel, amely megmutatja, hogy az ember mekkora ökológiai hatással van a környezetére. A könnyebb érthetőség érdekében e határt egy földterület egyenértékére számítják át. Ez az ökológiai lábnyom, amely alapján az emberiség a mérések szerint másfél Föld ökológiai kapacitását használja.

**Ökológiai lábnyom:** az a föld- és vízterület, amelyre az emberiség életszínvonalának fenntartásához szükség lenne. A lábnyom kiszámításánál keletkezett adatok megmutatják, hogy egy ember vagy embercsoport szükségleteinek kielégítéséhez a bolygónk mekkora részét használja fel.

 [A kapcsolódó linkeken ökológiai lábnyom kalkulátorokat találtak. Ezek nem egyforma értékeket mérnek. Ezért 2009 óta szabályozzák, standardizálják a méréseket. Nézd meg, milyen szempontok érvényesülnek a standardizálás során a linkeken található anyagban!](#)

Az ökológiai lábnyom mérete több tényezőtől függ. A népesség létszáma, anyagi életszínvonala, az alkalmazott technológiák, valamint az ökológiai produktivitás egyaránt befolyásolja. A lábnyomok egymást nem fedhetik át, tehát az emberek versengenek az ökológiai térért.

 [Vitassátok meg az szövegben megfogalmazott állításokat! Milyen következtetések vonhatók le az adatokból? Milyen lehetőségek nyílnak számunkra a földi élet fennmaradásának biztosítására?](#)

Két kaliforniai kutató, Mathias Wackernagel és William Rees 1995-ben Kanadában jelentették meg *Ökológiai lábnyomunk – „Az emberi hatás mérséklése a Földön”* című könyvüket. Ebben meghatározták 52 ország rendelkezésre álló kapacitását, valamint azok igénybevételét az energia- és a nyersanyag-felhasználás alapján. Leírták továbbá az ipar, a mezőgazdaság, az infrastruktúra által igényelt felhasználás szinten tartásához szükséges területek nagyságát. Ezt nevezték el ökológiai lábnyomnak, amely az emberiség természet-terhelését viszonyítja a Föld eltartóképeségéhez.

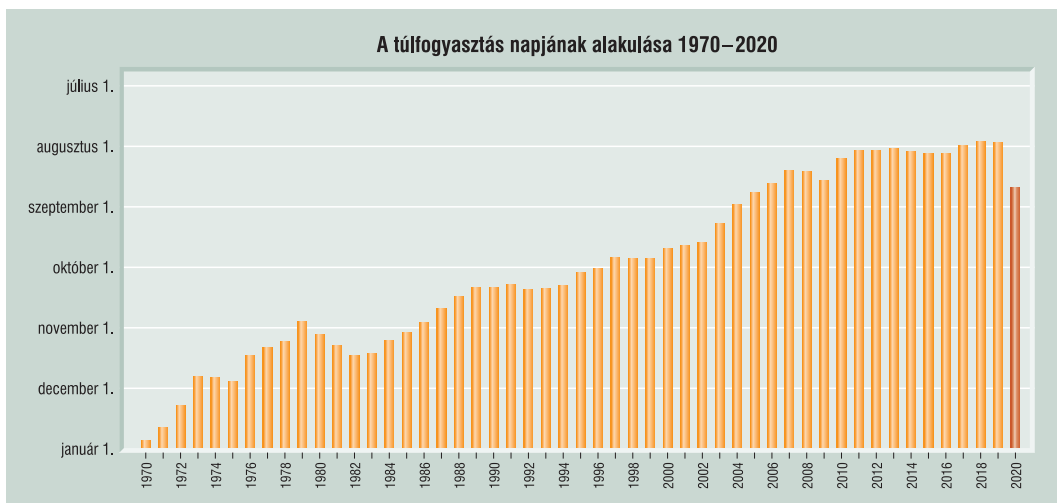
Az emberiség először 1970-ben lépte túl a Föld erőforrás-felhasználásának fenntartható szintjét. Akkor még december 29-ére esett az a nap, amikor elhasználtuk a bolygónk egy évre elegendő erőforrásait. Ettől a naptól az év hátralévő részében annak kimeríthető tartalékaira hagyatkoztunk. Az elmúlt 50 évben azonban „a túlfogyasztás napja” folyamatosan egyre korábbra esett – 2019-ben már július 29-én volt.

Hazánk biológiai kapacitása 2,5 ghektár/fő, de az ökológiai lábnyomunk több mint 3,6 ghektár/fő.

196.1. Az ökológiai lábnyom és változása







197.1. A túlfogyasztás napjának alakulása. ► *Mi indokolhatja a túlfogyasztás napjának 3 héttel későbbi bekövetkezését 2020-ban?*

Eszerint még legalább egy fél magyarországnyi területre lenne szükségünk. Ráadásul Magyarországon 2019-ben június 14-én érte el a túlfogyasztás napját. Korábban, mint az elmúlt évben (jún. 20.), és jóval korábban, mint a bolygók átlagában.

Egyszerű a következtetés, hogy az ökológiai rugalmasság és a társadalmi jólét esélye valószínűbb, hogyha a teljes emberi terhelés lényegesen a Föld teherbírása alatt marad. Az ökológiai határon való élet veszélyezteti az ökoszisztéma alkalmazkodóképességét, és végül magát az emberiséget is. Ahhoz, hogy ez ne következzen be, csökkentenünk kell a környezeti terhelést.

[Milyen következtetést vonhatunk le? Miért hasznos, sőt szükséges az ökológiai lábnyomunk ismerete?](#)

197.2. Az egyéni ökológiai lábnyom Európában (2016)

