

KUTATÓ DIÁKOK ZALA VÁRMEGYÉBEN

VÁRMEGYEI KÖZÉPISKOLAI
TERMÉSZETTUDOMÁNYI
KONFERENCIA
2023



ADY ISKOLA IZSÁK IMRE ALAPÍTVÁNYA

KUTATÓ DIÁKOK ZALA VÁRMEGYÉBEN

(A KONFERENCIA HAT ELŐADÁSÁNAK ANYAGA)

GÖCSEJ NYOMDA, 2024
ZALAEGERSZEG

TARTALOMJEGYZÉK

SZERKESZTETTE:

Dúcz Mihály
Molnár-Csordás Bea
Nemes Erika

A borítón szereplő kép a Melléklet 69. oldalán

található 7. grafika, melynek címe:

Az autofűg folyamatok hibás működésével összefüggésbe hozható betegségek

Előszó	5
Balatoni Bori* (Zalaegerszegi Kölcsey Ferenc Gimnázium): Megeszem magam! – az eukarióta sejtek szuperképessége és a vezikuláris transzport	7
Kutasy Kamilla, Plótár Balázs (Zalaegerszegi SZC Keszthelyi Közgazdasági Technikum): Kéktúra GPS-szel	15
Nagy Bendegúz Ferenc (Keszthelyi Vajda János Gimnázium): Egyszerű gyepvizsgálatok a keszthelyi berekben	25
Nagy Bendegúz Ferenc (Keszthelyi Vajda János Gimnázium): Feketefenyő – a Keszthelyi-hegység hírmondója	35
Novák Márton (Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium): A fenntarthatóság kérdőjelei	47
Révész Vanessza Natasa (Batthyány Lajos Gimnázium Nagykanizsa): Kincs, ami nincs... vagy mégis?	57
Mellékletek	65

KIADJA: ADY ISKOLA IZSÁK IMRE ALAPÍTVÁNYA

FELELŐS KIADÓ: NEMES ERIKA

ELŐSZÓ

*„A természettudomány szolgál az emberiség fejlődésének legjobb mércéjéül;
csak amennyire az ember a természetet ismeri, annyira ismeri önmagát.”*

Christian Friedrich Hebbel szavaival köszöntöm a hatodik, a 2023-ban lezajlott Vármegyei Középiskolai Természettudományos Konferencia szerkesztett változatának olvasóit.

A természettudományok hajnalán az egyszerű jelenségekből kiindulva kezdték el a természet vizsgálatát. Az akkori „bölcsek” – akiket ma tudósoknak neveznénk – elsődleges feladata volt, hogy bizonyos alapfogalmakat tisztázzanak, a megfigyelésekhez alkalmas műszereket kellett tervezniük és építeniük. Az évszázadok során minden kultúra arra törekedett, hogy a világra, annak jelenségeire minél határozottabb és lehetőleg végleges választ adjon. A természettudományos valóságmegközelítés azonban nyitott az új ismeretek felé. Saját eredményeit esetleg megkérdőjelezi, illetve folyamatosan felülvizsgálja. Az igazi áttörés a természettudományok sorában a fizikában, valamint a csillagászatban kezdődött.

Megkérdőjelezhetetlen tény, hogy a mindennapi életet, a gazdaságot alapjaiban változtatta meg, alakította át a tudomány haladásán alapuló műszaki fejlődés. De a természettudományok ugrásszerű fejlődésével egyaránt átalakult világképünk, műveltségünk, és igen, még a kultúránk is. Azonban kultúrától függetlenül, a természettudósok kutatásaik alkalmával egy nyelvet beszélnek. Hasonló kutatási módszereket alkalmaznak, és ugyanazon kritériumok érvényesek arra vonatkozóan, hogy mit fogadnak el igaznak, helyesnek.

Ma már a tudományos kutatásnak két periódusa van. Az első a természettudományos módszerekkel elért eredmény, a második pedig annak publikálása. Ezen kiadvány célja is legfőképpen az, hogy az ifjú tehetségek munkája, miután már előadásaikon megcsillanthatták tudásukat, az utókor számára is hozzáférhető, elérhető legyen.

Az Ady Iskola Izsák Imre Alapítványa, mint a korábbi képzőtársaság jogutódja, hat témakörben számos vármegyei pályázatot hirdetett és bonyolított le, majd életre keltette a természettudományos és történelmi konferenciák sorozatát. Az alapítvány munkájában komplexen fogja át a tehetséggondozás, az önképzés és az ismeretterjesztés területét, most már nem csak városi, vármegyei, de régiós szinten is.

A korábbi előadások eddig 5 kiadványban jelentek meg, a mostani a hatodik a sorban, melyet kezében tart a becses olvasó. A tudományos kutatás iránt érdeklődő diákok számára szűkebb környezetünkben nem áll rendelkezésre hasonló, munkájukat összefoglaló, tehetséggondozó forma. Ötvennél több előadás, ötvennél több sikeres, fiatal kutató, kiadványok, kivétel nélkül tovább tanuló diákok jelezik röviden a képzőtársaság eredményeit.

„A megismerés és az átélt tudás szépsége felér a legmagasabb művészeti élménnyel, de nemcsak gyönyörködtet, hanem segít a természet erőinek megismerésében és felhasználásában, jövőnk építésében is.”

Öveges József szavaival köszönöm meg mindenki munkáját, aki valamilyen formában hozzájárult e kiadvány létrejöttéhez és kívánok az olvasóknak érdekfeszítő, tartalmas, hasznos perceket a könyv forgatása közben.

Kajári Attila
tankerületi igazgató
Zalaegerszegi Tankerületi Központ

*BALATONI BORI**

(Zalaegerszegi Kölcsey Ferenc Gimnázium)

**MEGESZEM MAGAM! –
AZ EUKARIÓTA¹ SEJTEK SZUPERKÉPESSÉGE
ÉS A VEZIKULÁRIS² TRANSZPORT**

**Jelenleg az ELTE Természettudományi Kar biológia alapképzésére jár.*

¹Eukarióta sejt: Sejtmaggal és egyéb sejtalkotókkal rendelkező sejt, ilyen minden állat, növény és gomba sejtje.

²Vezikuláris transzport: Az eukarióta sejtekben valamilyen anyag szállítása membránhólyagok segítségével. Lásd 3.1.

1. BEVEZETÉS

Az eukarióta sejtek egyik szuperképessége az önmegújítás, melynek során a bennük lévő káros, elhasználódott vagy felesleges biomolekulákat, sejtszervecskéket lebontják, és az anyagaikat újra felhasználják egyéb, a működésükhöz szükséges folyamatokhoz. Ezt úgy kell elképzelni, mintha egy szobában élnénk. Eldobjuk a csokipapírt a szemetesbe, a szennyes ruhákat kimossuk és a koszos edényeket elmosogatjuk. Minden szép tiszta és rendezett, van helyünk leülni a kanapéra, és dolgozni az asztalon. Azonban, ha pár hétig nem vinnénk le a szemetet, mindent csak eldobálnánk, akkor a szobában nem maradna helyünk az életre, nem férnénk el a sok szeméttől. Ugyanez történik a sejteken belül is, hogyha nem működnek a megújulást szolgáló mechanizmusok.

2. A SEJTÉS ÖNEMÉSZTÉSI FOLYAMATOK JELLEMZŐI

2.1. UPS³ és autofágia

Az eukarióta sejtekben ezek az önmegújító folyamatok lizoszómától független, vagy ahhoz kötött módon mehetnek végbe. A lizoszóma egy olyan membránnal határolt sejtalkotó, ami emésztőenzimeket tartalmaz, tehát más membránhólyagokkal egyesülve a sejten belül, azok beltartalmának lebontására képes.

Az ubiquitin-proteaszóma rendszerhez nincs szükség lizoszómákra, mivel a fő komponense a 26S proteaszóma (egy makromolekuláris komplex), amely a poliubiquitinnel megjelölt rövid félélet-idejű, előregedett, sérült fehérjék lebontását végzi. Ennek a rendszernek a legfőbb feladata a fehérjék minőség-ellenőrzése, valamint a sejt jelátviteli útvonalaiiban fontos fehérjék gyors eltüntetése, ezáltal például a sejtciklus, a transzkripció, az apoptózis szabályozása.

A sejtes önmélesztés (autofágia) azonban olyan lizoszómához kötött folyamatok összessége, amelyek a fehérjéken túl a feleslegessé vált, előregedett, vagy károsodott sejtorganellumok degradációjáért és újrahasznosításáért felelősek.

2.2. Az autofágia fajtái, azok jellemzői

Jelen tudásunk szerint a sejtes önmélesztésnek négy fő formája létezik (**1. grafika, 66. oldal**). Ezeket aszerint különítjük el, hogy milyen módon kerül az előzetesen degradációra kijelölt saját anyag elkülönítésre, közös térbe helyezésre a lebontó enzimekkel (a lizoszómális savas hidrolázokkal), végül pedig újrahasznosításra. Ebből következően az autofág folyamatok molekuláris mechanizmusa és genetikai szabályozása is jelentős eltéréseket mutathat egymástól.

2.2.1. Makroautofágia (2. grafika, 1. részlet, 66. oldal)

A sejtes önmélesztési folyamatok legismertebb és legintenzívebben kutatott formája a makroautofágia (a legtöbb munkában csak autofágiaként hivatkoznak rá). A folyamat molekuláris és genetikai hátterű vizsgálatai az 1990-es évek elején kezdődtek csak el. Ilyen kezdeti alap kutatásokért kapta 2016-ban Ohsumi Yoshinori japán kutató az orvosi-életteni Nobel-díjat.

A makroautofágia során egy izoláló membránnak nevezett, kettős membránnal határolt, a térben csésze alakú membránciszterna (fagofór) jön létre a citoplazma egy jól meghatározott részén, amely folyamatosan növekedve kettős (egy külső és egy belső) membránnal határolt vezikulává (autofagoszómává) alakulva különíti el a lebontásra ítélt citoplazma részt. Az így elhatárolt, lebontásra kijelölt saját anyagot tartalmazó autofagoszóma egy érési folyamaton halad át, mely során alkalmassá válik az emésztőenzimeket tartalmazó lizoszómákkal való egyesülésre. Ennek következtében az autofagoszóma beltartalma, valamint belső membránja megemésztődik, a külső pedig összeolvad a lizoszóma membránjával, kialakítva ezzel az autolizoszómát.

³ ubiquitin-proteaszóma rendszer

A lizoszómák membránjában speciális fehérjék (permeázok) vannak, melyek az autolizoszóma membránjába is bekerülnek. Ezek felelősek azért, hogy a lebontott anyag monomerei visszakerülhessenek a citoplazmába, ahol majd újrahasznosulnak.

2.2.2. Mikroautofágia (2. grafika, 2. részlet, 66. oldal)

A mikroautofágia képes a lizoszóma közvetlen környezetében található citoplazmatikus komponensek (fehérjék, illetve bizonyos sejtszervecskék) lebontására hasonlóan a makroautofágiához, a fő különbség a lebontás módján kívül a degradációra ítélt anyagok mennyisége, hiszen ennek során sokkal kevesebb anyag bontható le egyszerre a makroautofágiához képest.

Mikroautofágia során a lizoszóma membránja annak belsejébe tűródik, majd lefűződik, így a közvetlen környezetében lévő citoplazma részlet apró vezikulákba csomagolódik a lizoszóma belsejében, majd ott lebontódik, és a permeáz fehérjék által képzett csatornán keresztül a degradálódott saját anyagok visszakerülnek a citoplazmába.

2.2.3. Chaperone-mediált autofágia (CMA) (2. grafika, 3. részlet, 66. oldal)

Az előzőkkel ellentétben ez a folyamat csak olyan fehérjék lebontását végzi, melyeken sérülés, vagy öregedés hatására elérhetővé válnak olyan aminosav szekvenciák, amelyeket egy dajka- (chaperone) fehérje (Hsc70)⁴ felismer és a lebontás irányába terel. (A chaperone-fehérjék további elnevezései: hőszokkfehérjék, stresszfehérjék).

Ezt a folyamatot úgy kell elképzelni, mintha két testvér állna egy szoba külső és belső oldalán. A kívül álló ember egy csomagot akar átadni egy ablakon keresztül, ahol a bent álló ember át tudja venni azt. A külső személy a citoplazmatikus Hsc70 fehérje, a fal a lizoszóma membránja, az ablak egy Lamp2a nevű membránfehérjék által alkotott csatorna, a belső ember pedig egy lizoszómán belüli speciális Hsc70 hőszokkfehérje, amely nem bontódik le az emésztőenzimek hatására (védve van), míg a lebontásra ítélt fehérje igen, és felépítő elemei permeázok révén szintén újra felhasználhatóvá válnak a sejt számára. A lizoszómán belüli Hsc70 megmenekülésének oka a lebomlástól az, hogy a degradációra ítélt fehérjével ellentétben a lizoszómális Hsc70 cukoroldalláncokkal gazdagon van ellátva, amely megvédi azt az emésztőenzimektől.

2.2.4. Krinofágia (2. grafika, 4. részlet, 66. oldal)

A krinofágia az autofág folyamatok egyik legkevésbé ismert, ámbar rendkívül jelentős formája. A kifejezés a görög krinosz (elválaszt, kiválaszt), és a fagein (enni) szóösszetételből ered, ami arra utal, hogy a kiürítésre szánt anyagok (szekréciós granulomok) szelektív lebontása ezzel a folyamattal történik minden olyan mirigysejtben, amely fehérje- vagy peptid tartalmú váladékot termel (**1. kép, A panel, 67. oldal**). Sokan azonban nem sorolják ezt a folyamatot a sejtes önmélesztés típusai közé, hiszen a vezikulák ürege topológiailag sejten kívüli térnek tekinthető, illetve az elválasztásra szánt fehérjék nem a sejt számára készültek, így nem saját anyag az, amit lebont.

Az egyik különlegessége ennek a folyamatnak az, hogy a kiürítésre szánt anyagokat (szekréciót) tartalmazó, ámbar a sejtben maradó, ezáltal feleslegessé vált, előregedett, hibásan képződött vagy sérült szekréciós granulomok közvetlenül egyesülnek a lizoszómákkal, így beltartalmuk rendkívül gyorsan lebontódik, majd újra felhasználhatóvá válik a sejt számára. Így egy speciális, lizoszóma szerű sejtszervecske keletkezik, amit krinoszómának hívnak (**1. kép, B panel, 67. oldal**).

Fontos különbség a makro- és mikroautofágiához képest az, hogy míg az előbbiekben le kell bontania a sejtnak azt a membránt, amivel a degradációra kijelölt anyagokat körülvette, addig a krinofágia során nem kell ilyet létrehoznia a sejtnak, így ezáltal gyorsabban történhet meg a lebontás.

⁴ Dajkafehérje: Más néven chaperone-, hőszokk- vagy stresszfehérje, amely gyűjtőneve azoknak a fehérjéknek, amik szerepet játszanak például a sérült vagy károsodott fehérjék helyreállításában, hogy eredeti térszerkezetüket újra fel tudják venni. Emellett egyéb speciális feladatokat is elláthatnak a sejtben, mint a fent említett példa esetében.

2.3. Krinofágia az ecetmuslicában

A krinofágiát a makroautofágiához hasonlóan már igencsak korán, 1966-ban felfedezték, azóta a folyamat molekuláris mechanizmusával és genetikai hátterével csupán kevesen foglalkoznak. Az ELTE Anatómiai, Sejt- és Fejlődésbiológiai Tanszékén számos alapkutató folyik az ebben a folyamatban szereplő gének és molekuláris mechanizmusok feltérképezéséért. Az egyik ilyen kutatásba nyarhattem betekintést dr. Csizmadia Tamás témavezetőm segítségével, aki az ecetmuslicák (*Drosophila melanogaster*) lárvális nyálmirigyében vizsgálja ezt a folyamatot.

Az ecetmuslica a genetika és sejtbiológia egyik legkedveltebb modellállata, hiszen teljes genetikai állománya ismert, gyorsan szaporodik és teljes átalakulással való fejlődése révén a sejtes önemésztési folyamatok bennük intenzíven zajlanak, így jól megfigyelhetőek.

Az állat a bábozódáshoz készülve a nyálmirigysejtjeiben egy fehérje tartalmú ragasztóanyagot (glue-t) termel, amelynek segítségével hozzá tudja tapasztani magát egy felülethez a zavartalan bábozódás érdekében. A nyálmirigyének sejtjeiben maradt felesleges váladékszemcsék azután krinofágia útján bontódnak le.

3. A VEZIKULÁRIS TRANSPORT LÉPÉSEI, MOLEKULÁRIS KOMPONENSEI

3.1 „Lufik” a sejtben

Az előbbi pontokban áttekintettük a sejtes önemésztés fajtáit, azok jellemzőit. Ami mindegyikben közös volt az az, hogy membránhólyagok (vezikulák) egyesültek egymással (például lizoszóma-autofagoszóma fúzió). Az eukarióta sejtben lévő vezikulák kettős hártáival, úgynevezett kettős foszfolipid-membránnal (amely egy unitmembránnak felel meg) vannak határolva, ahogyan maga a sejt is. Így durva hasonlással élve az eukarióta sejt egy olyan lufihoz hasonlítható, melynek belsejében sok további kisebb-nagyobb, olykor egészen furcsa alakú lufi foglal helyet, melyek jól meghatározott módon egymásba olvadhatnak.

Amikor a sejt elkészíti a kiürítésre szánt anyagot, az a transz-Golgi hálózatról (TGN) lefűződve vezikulába csomagolódik (**3. grafika, 67. oldal**). Ehhez szükség van egy receptorra (cargo receptor), ami térszerkezet alapján felismeri, majd megkötöti a szállítandó anyagot (cargo), így a vezikula felszínén megváltozik a receptor citoplazmatikus doménjének szerkezete. Ezt a változást felismeri egy adaptor fehérje⁵ (adaptin), így a receptorhoz kapcsolódik és klatrint toboroz. Ez egy olyan burokfehérje, ami körbeveszi a létrejövő vezikulát és ráveszi a membránt arra, hogy erőteljesen meggörbüljön, ami alapvetően energetikailag kedvezőtlen a számára. Miután megtörténik az invagináció, vagyis a membrán görbülni kezd, egy úgynevezett palack képződik, aminek a nyaka a létrejövő vezikula és az eredeti membrán közti vékony rész. Ezt egy dinaminnak nevezett mechanoenzim körbe öleli, és úgy összeszorítja, hogy a TGN membránja képes legyen a vezikula elengedésére. Ezek után a fiatal membránhólyagról leválnak a klatrin és az adaptin fehérjék.

3.2 Membránfúzió (4. grafika, 68. oldal)

Az immáron lefűződött, váladékot tartalmazó membránhólyagok (szekréciós granulumok) aztán később egyesülnek egy másik membránnal, például növekedésük során egy másik szekréciós granulumával, exocitózis során a plazmamembránnal, vagy krinofágia esetében a lizoszómával.

A sejtben a membránok körül hidrátburok található, ami rendkívül megnehezíti a foszfolipid-rétegek megbontását, például egy membránfúzió során. A vízmolekulák kiszorításához és a membránok

szerkezeti átalakulásához speciális molekuláris rendszer szükséges, ami képes a fuzionálandó kompartmenteket a megfelelő irányba szállítani (*membránidentitás meghatározása*), egymással kellő közelségben rögzíteni (*pányvázás*), majd őket az egybeolvadáshoz szükséges biofizikai erőket legyőző távolságba húzni (*dokkolás*). A folyamat végén pedig a fehérje-takarékosságra törekedve, szétszereli a sejt a membránfúzióhoz szükséges komplexeket, hogy legközelebb újra fel tudja használni őket egy másik fúzióhoz.

3.2.1. Membránidentitás meghatározása

A sejteket kitöltő fehérjedús anyagot sejt plazmának nevezzük, amiben találhatóak a különböző sejtalkotók, mint például a jól ismert lufijaink, a membránhólyagok. Ahhoz, hogy ezek a számukra megfelelő helyre juthassanak, sejt vázfehérjékből (mikrotubulusokból és mikrofilamentumokból) álló útvonalakon közlekedhetnek, ami egy, az egész sejtet átszövő összetett, rendkívül dinamikus úthálózat. A mikrotubuláris váz motorfehérjéi lehetnek *kinezin*ek, ha a sejtől kifelé mozgatnak, illetve *dienin*ek, ha befelé mozgatnak. Ezek az utak különböző motorfehérjék találhatók, melyek ATP hidrolízisével képesek a kijelölt vezikula megragadására és szállítására, úgy, hogy a kémiai energiát mozgási energiává alakítják. Az, hogy egy adott sejt szervecské milyen motorfehérjéhez kötődik függ a membrán összetételétől, a lipid kettősréteg szerkezetétől és az ehhez kötődő Rab (Ras-related proteins in Brain) típusú kis GTP-ázoktól.

A Rab típusú kis GTP-ázok olyan fehérjék, amelyek képesek a vezikulák membránjához kötődni lipidhorgonyuk segítségével. A példánkhoz visszatérve tehát, ha a lufi hártájához Rab fehérje kötődik, az olyan motorfehérjéket toboroz, amik megadják a lufi szállításának irányát, illetve a következő pontban (3.2.2.) részletesebben tárgyalt pányvázó komplexet is a vezikulához toborozzák, elősegítve a fúziót. Ezáltal kijelölik, hogy mi mivel egyesüljön a sejtben.

Ezek a fehérjék egy Rab-ciklusnak nevezett körfolyamatban működnek (**5. grafika, 68. oldal**). Inaktív formában GDP (guanozin-difoszfát) és egy gátlófehérje kötődik hozzá, amely megakadályozza, hogy a GDP leváljon róla. Ekkor a sejt plazmában „szabadon” található, citoplazmatikus lokalizációjú, és elérhető a sejt számára. Amikor a gátlás alól felszabadul, hozzákötődik a célmembránhoz és GDP helyett GTP-t fog kötni. Ebben az állapotban képes a fent említett fehérjék toborzására, és a membránidentitás meghatározására. Amikor a sejtnek már nincs szüksége az aktív Rab-ra, GTP-áz révén képes a GTP-t GDP-re és inorganikus foszfátra hidrolizálni, mely során leválik a célmembránról, és ismét inaktívvá válik.

Például a Rab7 kis GTP-áz, amely megtalálható késői endoszómákon/lizoszómákon valamint autofagoszómaikon is, képes HOPS pányvázó komplexet toborozni, ezáltal előkészíteni a lizoszomális degradációhoz vezető membránfúziós apparátust.

3.2.2. Pányvázás

Miután kijelölte a sejt a fuzionálandó membránokat, illetve elindította a helyes sejt vázelemen, rögzíti őket egymástól megfelelő távolságban úgynevezett pányvázó komplexek segítségével. Ezek a pányvázó (tethering) faktorok több fehérjéből álló komplexek, melyeknek néhány kivételtől eltekintve nincs transzmembrán doménjük, így a megfelelő Rab-okhoz kötődve kapcsolódnak a membránokhoz.

A homodimer coiled-coil pányvázó komplexek két alegységből állnak, melyek hosszú coiled-coil doménnel alkotnak dimert. Segítségükkel 200 nm távolságban rögzíthetők a membránok, fontos szerepet játszanak például a golginok a Golgi-apparátus membrántransport folyamataiban. Ha azonban a komplex 3-10 alegységből épül fel, MTC-nek (multisubunit-complex) nevezzük. Az előzővel ellentétben általuk sokkal kisebb, akár 30 nm távolságban is rögzíthetők a célmembránok. Az MTC-k egyik típusa a C-típusú vakuoláris fehérje válogatók (class C Vacuolar protein sorting – Vps),

⁵ Adaptor fehérje: Olyan fehérje a sejtben, amely a vezikuláris transzportfolyamatokban komplexet képezve segíti a membránhólyag lefűződését. Egyik fajtája az adaptin.

melyek az endo-lizoszomális kompartmenthez kötődő vezikuláris transzportfolyamatokat szabályozzák. Az endo-lizoszóma egy olyan „lufi” a sejtben, amely egy endoszóma (sejthártyáról lefűződő membránhólyag) és egy lizoszóma fúziójából keletkezett. Ezek egyesülhetnek más vezikulákkal, és fontos szerepet játszanak acetabularis lárvalis nyálmirigyében a szekréciós granulumok érésében, növekedésében és lebontásában, például retrográd transzportfolyamatok révén.

A C típusú Vps-ek közé tartozik a HOPS pányvázó komplex (HOMotypic fusion and vacuole Protein Sorting), melynek tagjai nélkülözhetetlenek a szekréciós granulum-lizoszóma fúzióhoz (lásd 2.2.4. Krinofágia). A HOPS központi magjának két ellentétes oldalán Vps39 és Vps41 található. Ezekre jellemző, hogy egy adaptor fehérjén keresztül (Plekhm1) képesek a Rab7-hez kötődni, ezáltal megfelelő távolságban rögzíteni a célmembránokat (**6. grafika, A panel, 69. oldal**). Érdekes, hogy az MTC-hez, azon belül a helikális motívumokat tartalmazó komplexekhez (Complexes Associated with Tethering Containing Helical Rods) tartozó Dsl1 pányvázó faktor Rab-októl függetlenül tud membránokhoz kötődni, és fontos szerepet játszik a szekréciós granulumok képződésekor (**6. grafika, B panel, 69. oldal**).

3.2.3. Dokkolás

A fúzióhoz nem elegendő a membránok megfelelő távolságban való rögzítése, hiszen ahogy korábban is említettem, azok összeolvadása energetikailag kedvezőtlen, tehát egy speciális komplex szükséges a kellő közelségbe való húzásához és a fúzióhoz. A pányvázáshoz hasonlóan a dokkolás is egy köznapi kifejezés, ami a hajó kikötőbe állására és ott lehorgonyzására vonatkozik, azonban dokkolásnak nevezzük azt a folyamatot is, ami a fuzionálódó membránok összeolvadásához szükséges.

A pányvázó komplex segítségével rögzített vezikulák membránjában SNARE komplexnek nevezett fehérjeszálak találhatóak, ezek a membránfúzió tényleges végrehajtó fehérjéi. Ezekre a lufik hártájában lévő köteleként lehet tekinteni, melyek, ha kellő közelségbe kerülnek, automatikusan összete-kerednek (mintha a két kötelet akarnánk egymásba sodorni), és ennek hatására kritikus közelségbe húzzák egymáshoz a lufihártyákat. A legtöbb SNARE fehérje a C-terminusa végén transzmembrán domént (TMD) tartalmaz, melynek segítségével a membránban helyezkedik el. Csoportosíthatjuk őket tehát aszerint, hogy a vezikula (v-SNARE) vagy a cél (target) membránban (t-SNARE) lokalizálódik. Ezek egymást felismerve összekapcsolódnak, nagymértékben elősegítve a membránok egyesülését. De hogyan ismerik fel egymást? A TMD közelében található egy speciális coiled-coil motívum, amit SNARE-doménnek nevezünk, ezáltal különböztethetők meg és kötődhetnek egymáshoz ezek a komplexek. A Snap típusú SNARE fehérjék, nem tartalmaznak TMD-t, helyette két SNARE doménnel rendelkeznek és cisztein aminosav palmitoilációjának révén tudnak membránokba ágyazódni. A palmitoiláció egy reverzibilis poszttranszlációs módosítás. Ezt úgy lehet elképzelni, hogy a lufi membránjában lévő kötélen nincs plusz csatlakozó, hanem szerkezetileg alkalmas a membránba ágyazódásra.

A korábbi osztályozáson túl szerkezetileg is csoportosíthatók a SNARE-ek, ami a legismertebb szinaptikus SNARE komplex kristályszerkezetén alapszik. Ennek tagjai Syntaxin 1a – Syx1a, Snap25 és a Synaptobrevin – Syb. A kristályszerkezeten alapuló kutatások kimutatták, hogy a sikeres membránfúzióhoz négy darab SNARE motívum összeállása szükséges (a Syx1a és a Syb egy-egy SNARE-domént tartalmaz, a Snap25 az előző bekezdésben említett módon viszont kettőt, így áll össze a négy motívum). Ez az alternatív osztályozás a fehérjék központi régiójában (zero ionic layer) lévő aminosavon alapszik. A Syb arginint (R) tartalmaz, ezért ő R-típusú SNARE. A Syx1a és a Snap25 glutamin aminosavat (Q) hordoz, így itt három Q motívumot tartalmazó SNARE található.

A vezikula fúzió kezdetén a különálló membránoknál már összekapcsolódnak a megfelelő fehérjék transz-SNARE komplexet alkotva (a kötelek távolról megtalálják egymást és összeszerelődnek). A következő lépésben viszont egy szerkezeti átalakulás történik, cisz-SNARE komplexet alkotva (erősen összete-kerednek, megtörténik a membránfúzió). Ez a konformáció változás energiabefektetés nélkül, spontán zajlik, és megteremt a közvetlen feltételeket a gyors membránfúzióhoz.

A sejtek életében rendkívül fontos a SNARE fehérjék szétszerelése, és azok reciklikálása, amit NSF és α -SNAP fehérjék végeznek el ATP felhasználásával.

4. KONKLÚZIÓ

Az eukarióta sejtek életfolyamatai során az őket felépítő, illetve a bennük működő komponensek megújításra szorulnak, ezáltal tartható fent a sejt normál működése hosszabb távon. Az autofág folyamatok alul vagy túlműködése egyaránt káros lehet a sejt életére, így számos betegséggel összefüggésbe hozhatóak (**7. grafika, 69. oldal**).

Például az alulműködő autofág folyamatok miatt idegsejtekben felhalmozódhatnak káros, elhasznált fehérjék, melyek aggregátumokat hozhatnak létre, ennek hatására a sejtek nem képesek ellátni normál feladataikat, így ez a diszfunkció neurodegeneratív betegségek kialakulásához vezethet. Cukorbetegségnél pedig az autofágia túlműködése sejten belül az inzulin bontását okozhatja.

Belátható tehát, hogy a sejtes önmérsztés folyamatainak ismerete fontos az orvostudomány számára.

IRODALOM:

- Dr. Csizmadia Tamás: A krinofágia vizsgálata Drosophila lárvális és prepupális nyálmirigyében (Doktori értekezés), Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 2018.
- Csizmadia Tamás, Lőw Péter: Mirigysejtek önemésztése (Egy 50 éve leírt sejtbiológiai folyamat újrafelfedezése), Természet Világa Természettudományi Közlöny. 2018. március, 149. évf. 3. sz., 98-104
- Csizmadia Tamás, Juhász Gábor: A sejtes önemésztés. A koplalás molekuláris sejtbiológiája- Természet Világa Természettudományi Közöny. 2017. február, 148 évf. 2. sz., 50-54.

INTERNETES FORRÁSOK:

- Biomembránok, membránon keresztüli transzport
http://www.biochem.szote.u-szeged.hu/tartalom/magyar/pdf/Coospace_lecture%20handouts_GYTK/Biokemia_GYTK_Biomembran_2014.pdf (2023.01.23.)
- Palmitoiláció
<https://gobertpartners.com/is-proteolysis-a-post-translational-modification> (2023.01.23.)

GRAFIKA, KÉP:

- 1. grafika:** Dr. Csizmadia Tamás: A krinofágia vizsgálata Drosophila lárvális és prepupális nyálmirigyében (Doktori értekezés), Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 2018.
- 2. grafika:** Dr. Csizmadia Tamás: A krinofágia vizsgálata Drosophila lárvális és prepupális nyálmirigyében (Doktori értekezés), Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 2018.
- 1. kép:** Dr. Csizmadia Tamás: A krinofágia vizsgálata Drosophila lárvális és prepupális nyálmirigyében (Doktori értekezés), Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 2018. Dr. Csizmadia Tamás saját felvétele
- 3. grafika:** <http://chemotaxis.semmelweis.hu/CHTXhpg/CHTXeaPHARM/Vesictr05end.pdf> (2023.01.30.)
- 4. grafika:** <https://www.hindawi.com/journals/jl/2011/528784/fig1/> (2023.01.30.)
- 5. grafika:** Dr. Csizmadia Tamás: A krinofágia vizsgálata Drosophila lárvális és prepupális nyálmirigyében (Doktori értekezés), Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 2018.
- 6. grafika:** Dr. Csizmadia Tamás: A krinofágia vizsgálata Drosophila lárvális és prepupális nyálmirigyében (Doktori értekezés), Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 2018.
- 7. grafika:** Dr. Csizmadia Tamás: A krinofágia vizsgálata Drosophila lárvális és prepupális nyálmirigyében (Doktori értekezés), Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 2018.

KUTASY KAMILLA, PLÓTÁR BALÁZS
(Zalaegerszegi SZC Keszthelyi Közgazdasági Technikum)

KÉKTÚRA GPS-SZEL

MIÉRT VÁLASZTOTTUK A TÉMÁNKAT?

Erre összetett a válasz. Egyfelől szerettünk volna olyan területtel foglalkozni, mely kapcsolódik iskolai ismereteinkhez, másfelől hasznosnak gondoltuk, motivált bennünket, hogy régóta érdeklődünk a túrázás iránt.

Arra gondoltunk, hogy röviden bemutatjuk a Kéktúra történetét, megemlékezünk Rockenbauer Pálról. Személye megkerülhetetlen a magyar természetjárás, a filmezés, a természetkultúra témakörében. Klasszikus sorozata, egész életútja, állítjuk, milliókat ültetett a TV elé és tízezreket csalt ki a kékkal jelölt utakra **(1. fénykép, 70. oldal).**¹

Nehéz terepre tévedt, ugyanis érzékehető, tapasztalható, hogy nem vagyunk egy túrázó nemzet. A skandináv országokban a barangolás régi és erősen beágyazott jog, oda mennek túrázni, ahová szeretnének, ott verik fel a sátraikat ahol gondolják, és a szigorú szabályokat gyerekkoruk óta a legtermészetesebb hozzáállással betartják. Például a szemetet hazaviszik.

Tehát e témában Rockenbauer Pál, vékony jégre tévedt!

1. ELŐZMÉNYEK

Voltak nagy elődök, például Homoki-Nagy István.² Rövidfilmjei: A Kis-Balaton nádrengetegében (1949); A löszfalak madara (1950); Egy kerecsensólyom története (1950);- és a legismertebb: Gyöngyvirágtól lombhullásig (1952) nagyfilmje, művészi szintre emelték a természetfilmezést **(2. fénykép, 70. oldal).**

Fontos kiemelnünk, Rockenbauer Pál műveinek kiemelten fontos jellemzője volt a természetesség, Homoki-Nagy számára a természet téma volt, idomított állatok szerepeltek alkotásaiban, valamint vádolták mai értelemben vett természetkárosítással is. (Fákat vágatott ki, mert zavarták a fényviszonyokat...).

A nagyközönséget a TV elé szögezte Matula bácsi és Tutajos története a berekben, ahol Fekete István varázslatos világa elevenedett meg **(3. fénykép, 70. oldal).**³ A Tüskevár 1966-ban forgatott, 1967-ben bemutatott fekete-fehér ifjúsági filmsorozat, melyet a Magyar Televízió a híres regényéből Fejér Tamás rendezésében készített.

2. ROCKENBAUER PÁL

Rockenbauer Pál az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karának földrajz-biológia-kémia szakáról érkezett a televíziózás világába. Életútja, munkái példa értékűek, hihetetlen pálya, sajnos tragikus véggel **(4. fénykép, 71. oldal).**

Életének első és egyetlen munkahelye a Magyar Televízió volt. Az első pillanattól ő szerkesztette a természettudományos műsorokat.

1965-ben „Levante vizén” címmel megrendezte az első magyar expedíciós filmsorozatot.

1968-ban Szabados Tamás kollégájával – aki szinte minden Rockenbauer Pál rendezte film operatőre volt – eljutott az Antarktiszra. A pihenést soha nem ismerte, szinte megállíthatatlanul készítette, rendezte az újabb filmeket.

¹ Rockenbauer Pál (forgatókönyvíró, rendező): *Másfél millió lépés Magyarországon* <https://www.youtube.com/watch?v=UazsO1FYrG4> (2022. 10.25.)

² Csikós Ferenc: *Homoki Nagy István* MTI/MTVA Szerzői jog: Magyar Távirati Iroda Zrt.

³ [https://hu.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCskev%C3%A1r_\(telev%C3%ADzi%C3%B3s_sorozat\)#/media/F%C3%A1jl:Matula_b%C3%A1csi.jpg](https://hu.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCskev%C3%A1r_(telev%C3%ADzi%C3%B3s_sorozat)#/media/F%C3%A1jl:Matula_b%C3%A1csi.jpg) (2022.10.26.)

Az 70-es évek elején Dr. Balogh János akadémikus szerkesztette 13 részes „A napsugár nyomában” című ökológiai-természetvédelmi filmsorozat rendezőjeként ismét bejárta a fél világot: forgattak Ausztráliában, Új-Guineában, a Korall-tengeri-szigeteken, a Hawaii-szigeteken, Dél-Amerikában, az Antarktiszon (Tehát ismét eljutott oda!) és az Amazonas-medencében is.

Jöjj és nézd a Kilimandzsárót” címmel 1976-ban készített egy útifilmet, amelyben az expedíció tagjaként meg is mászta Afrika egyik legmagasabb hegyét.

Az Afrika-expedíció után kezdődött Rockenbauer Pál életének az a korszaka, amiért szinte minden kéktúrázó a szívébe zárta ezt a világcsavargó televízióst. Több éves előkészítő és szervező munka végén 1979 júliusának utolsó napján indult egy kicsi csapat élén az Országos Kéktúra bejárására

7 évvel az Országos Kéktúrát bemutató „Másfél millió lépés Magyarországon” után, 1986-ban ismét útra kelt a filmes stábbal és Velemből, a kéktúra akkori nyugati végpontjáról elindultak délfelé, hogy a maguk választotta úton előbb a Dél-dunántúli Kéktúra nyugati végpontját, Kaposvárt, majd onnan ezen az úton végig menve Szekszárdot ériék el „Még egymillió lépés...” megtétele után.

A Naszály lábainál, Katalinpuszta felett a kéktúra ösvényétől mindössze néhány száz lépésre egy kopjafa őrzi Rockenbauer Pál emlékét. Csupán pár száz métert kell letérni a piros sáv és a furcsa, kék emlékmű jelzéseket követve a kéktúra útjáról, hogy felkereshessük az emlékhelyet **(5. fénykép, 71. oldal).**

3. KÉK TÚRA

3.1 Nagyon rövid történelem

A Magyar Turista Szövetség 1929. októberi tanácsülésén dönt egy munkabizottság létrehozásáról, amelynek tagjai: Horn K. Lajos a szövetség társelnöke, Lakner Károly és dr. Strömpl Gábor. A szövetség tanácsa az útjelzések egységesítésére kiküldött bizottság tervét elfogadta, vonatkozó szabályzatát 1930. január 1-i hatállyal léptette életbe. Határozatában úgy döntött, hogy az utak átfestését 5-10 esztendőn belül kell végrehajtani. 1930. március 3-án dr. Strömpl Gábor bemutatja az országos jelzési rendszerbe tartozó úgynevezett „hosszú jelzések” tervét. Az MTSZ elnöksége májusban az Útjelző bizottság javaslata alapján kijelölte az egész országon átmenő kék útjelzés irányát és két végpontját.⁴

Elnevezése „Országos Vándorlás” majd Szent István vándorlás. Fontos jellemző kezdetek óta a helyi szervezetek munkája volt.

A háború borzalmai után a Budapesti Lokomotív Sportklub Természetjáró Szakosztálya 1952. évi programját az országos kék útvonalára szervezett „Kéktúrákra” építette fel. Az egyesület tagjai részére szervezett túrák képezték a következő évi eseménynaptárjuk gerincét is. A kibontakozó új túramozgalom volt a mai forma kezdete. Példaként a Keszthelyi-hegységet átszelő részt mellékeljük. **(1. ábra, 72. oldal).**

Tudjuk, hogy egy szükséglet akkor állhat gazdasági szükségletté, ha a boltokban meg tudjuk vásárolni mindazokat az eszközöket melyek egyfelől lehetővé teszik a tevékenységet, másfelől, és ez napjaink fő trendje, fokozzák az élvezetet, egyben növelik az eltöltött idő presztízst.

Itt pár gondolatra „álljunk” meg, lassítsunk egy kicsit. Nehéz összevetni a „rockenbaueri időt” a maival. Tagadhatatlan, hogy sok minden elveszett, a táj vadregényessége még nem teljesen. Eltűntek a régi faluképek, a földutak, nem lehet átvágni toronyiránt. Ezen elmélázhatunk, de figyelembe kell venni, hogy azok a szolgáltatások, amelyeket érintünk a dolgozatunkban időponthoz kötöttek és nem mindig megismételhetők. Nem lehet a fotelból, a monitor előtt megélni.

⁴ Kovalik András: *FEJEZETEK AZ ORSZÁGOS KÉKTÚRA TÖRTÉNETÉBŐL* https://www.kektura.click.hu/OKT/kektura_tort.htm#02 (2022.10.26.)

Nagyon valószínű, hogy kevesünknek adatik meg, hogy Rockenbauerhez hasonlóan egyben gyalogolhassuk végig a „másfél millió” lépést. Inkább szakaszokban tesszük meg, ahogy épp időnk, kedvünk, lehetőségünk van egy-egy terület bejárására.

4. ADATOK

Folyamatosan nő a kéktúrát teljesítők száma hazánkban.

A Magyar Természetjáró Szövetség adatai alapján: 2021-ben 25 százalékkal nőtt a kéktúrázni indulók száma, ami azt jelenti, hogy 31 460-an vágta neki a kék sávval jelzett útvonalnak. Ebből 24 180-an az Országos Kéktúra (OKT) teljesítését tűzték ki célul, a Rockenbauer Pál Dél-dunántúli Kéktúrát (RPDDK) 4337-en kezdték el, míg az Alföldi Kéktúrán (AK) 2943-an indultak útnak. **Ötven százalékkal többen teljesítették az OKT-t.**

A 2021-es évben a távokat teljesítők száma is minden eddigi rekordot megdöntött, a három kéktúrán 992-en gyalogoltak végig, összesen két és fél millió kilométert gyalogolva. **(2. ábra, 72. oldal).**

A mintegy 1170 km hosszú OKT-t 584-en, 50 százalékkal többen teljesítették, mint 2020-ban. Leggyorsabban 31 nap alatt járta be egy túrázó az utat, míg volt, aki 43 éve bélyegezte az első lenyomatot az igazolófüzetébe. **(3. ábra, 73. oldal)**

4.1. Mivel magyarázható a kéktúra népszerűsége napjainkban?

- nem igényel jelentősebb beruházást
- nincsenek határidők, saját tempójuk alapján járhatják végig a turisták az útvonalat
- bármilyen sorrendben teljesíthetők az egyes szakaszok
- megismerhetjük Magyarország természeti szépségeit, nevezetességeit
- egészséges, élményt ad, kiszakadunk a mindennapi robotból
- számos applikáció, GPS rendszer könnyíti meg a tájékozódást.

5. GPS⁵

Itt lép be napjaink egyik leghasznosabb eszköze, szolgáltatása a GPS: Kezdjük ismét a tananyaggal és utána vizsgálódjunk tovább.

A mai ember, főleg ha városban, nagyvárosban él terepen elbizonytalanodik. Kitűnően tájékozódik az épületek dzsungelében, eléri a közlekedési rendszerek révén, hogy nagy távolságokat tesz meg gyorsan, hatékonyan. Mentésül az időjárás viszontagságaitól, helyváltoztatása alatt, akár olvashat, dolgozhat is.

Ez mind elveszett, ha elindul a kéken, marad a lába. Merre menjen? Ott a festett csík! Jó, de meddig? Hol alszom, haza hogyan utazom? Mindez és még ezer gond nagy visszatartó tényező. Itt lép be a GPS!

5.1. GPS készülék

De mi is a gyakran használt szerkezet **(6. fénykép, 73. oldal)**?

Az 1990-es években kezdődött meg a navigációs jellegű GPS műholdak korszaka. Ezzel a repülés és a katonai területeken régóta alkalmazott GPS technika vált általánossá. Ma már ezt sem kell megvennünk, elégséges feltétel a telefon. Jó ideig a szakemberek, a logisztikai cégek alkalmaztak ilyen eszközöket, körülbelül 25-50 m pontossággal, ami jó egy menettervezéshez, vagy elosztási rendszerek, raktárak működésének optimalizálásához.

⁵ A GPS az angol Global Positioning System, magyarul globális helymeghatározó rendszer rövidítése. <https://lexiq.hu> (2022.10.25.)

A fizikai háttér olyan eszközrendszer, mely Einstein munkássága nélkül nem működne. Az egész rendszer órák használatából áll és ezek az órák mozognak. A műholdon lévő óra mozog a vevő órájához képest, az idő tehát megnyúlik a speciális relativitáselmélet szerint. Minden óra gravitációs térben van, ezért az általános relativitáselméletet számításba kell venni. Ez az űreszköz órája és telefonunk órája között időeltérést okoz. A GPS-műholdak a speciális relativitáselmélet miatt napi 7,4 µs-ot késnének. Az általános relativitáselmélet szerint napi 45 µs-et sietnek, mert fent kisebb a gravitációs tér. Ezért úgy állítják be a GPS-eken a fedélzeti órákat, hogy minden nap pont 39 mikroszekundummal rövidebb legyen, mint a földön - ha nem így tennének, több km-es pontatlansággal működnének a készülékek.

A háromdimenziós térben három ismert helyzetű ponttól mért távolság pontos ismeretében már meg tudjuk határozni a pozíciót. A további műholdaktól mért távolságokkal pontosítani tudjuk ezt az értéket. Több műholdat is használnak erre a célra, ami nem csak a pontosság javítása végett nagyon fontos, hanem azért is, hogy a GPS rendszer egész nap működőképes legyen.

A GPS műholdak a Föld felszíne felett nagyjából 3 Föld-sugárnyi magasságban keringenek. Pályájuk kör alakú, egy nap alatt két keringést végeznek. Gyakorlatilag a telefonunk látja a műholdakat, minimum négyet, de szerencsés helyen tartózkodva jóval többet **(4. ábra, 74. oldal)**.⁶

Az ábra mutatja a működés logikáját, a rádióhullámok fénysebességgel haladnak, nagy pontosságú atomórákkal. Térbeli háromszögeléssel a hely kiszámítható, ha ismerem a műholdaktól külön-külön a távolságom. Ez megoldható mert a műholdak frekvenciája eltérő, de a Föld fölött kötött pozícióban keringenek.

5.2. GNSS, RNSS rendszerről

Mindez persze a túrázót nem igazán érdekli, csak akkor van gondban, ha nem lát elég műholdat az eszköze, vagy arra hivatkozik, hogy nincs internete.

Ellenben, ha nagyobb pontosságot szeretnénk, vagy eleve megkívánja a feladat, például geodéziai méréseket végzünk, vagy pontosabb eszközt üzemeltetünk az „okos autónkban” már nem elég az addigi pontosság. Növelni kell a pontosságot a biztonság érdekében, úgy, hogy az eszközeink a kapcsolódó berendezésekkel, a rögzített pontokkal állandóan korrigálnak a méréseinken.

A GNSS⁷ rendszer ezen segít. Arról van szó, hogy eszközünk az amerikai, orosz, és európai műholdakat is látja, így több műhold, nagyobb pontosság elve érvényesül. A GPS-rendszer továbbfejlesztése azt jelenti, hogy a műholdas navigációs rendszerek új, a jelenleginél is összetettebb változatait hozták létre. E rendszerek összefoglaló megnevezésére alkalmazzák a globális navigációs műholdrendszer (Global Navigation Satellite System, GNSS) elnevezést.

A szolgáltatás nélkül az eszközök elállíthatódnak, a pontatlan mérések, pedig akár katasztrófát is okozhatnak.

Az RNSS rendszerek lényegében a GPS bővítését szolgálják egy-egy régiós térségében. Több nemzet (például: India, Japán és Kína...) határozta el, hogy térségükben a GPS rendszer hatékonyságának növelésére és bővítésére hozza létre saját RNSS rendszerét. Az orosz már működik.

5.3. Applikációk a gyakorlatunkban

5.3.1. Google play kéktúra applikáció

A Google play kéktúra applikáció használata segíti a túra teljesítését **(5. ábra, 74. oldal)**.⁸

⁶ https://konyv.mant.hu/muholdas_helymeghatározas/ (2022.10.26.)

⁷ GNSS (Global Navigation Satellite System – globális helymeghatározó műholdrendszer) <https://newtechnology.hu/gnss-global-navigation-satellite-system-vevo-egysegek-es-hasznalatuk/> (2022.10.26.)

⁸ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.herfli.kektura&hl=hu&gl=US&pli=1> (letöltés: 2022.10.26.)

Egy alkalmazás a túrázni vágyóknak. Segít az OKT pecséthelyek megtalálásában. Megtalálhatóak benne a pecsételőpontok leírásokkal, fényképekkel, címmel és GPS koordinátákkal. Kiszámítja a pecsételőhely és az aktuális helyzet közti távolságot, és szintkülönbséget, továbbá lehetőséget nyújt arra is, hogy térképen tekintsük meg a kiválasztott pecsételőhelyet, illetve a túra útvonalát. Nyilván tarthatjuk benne mely túraútvonalakat teljesítettük már, és melyek azok, amik még hátra vannak. Ezekből az adatokból pedig statisztika készül, így nyomon követhetjük hány százalékban teljesítettük eddig a túrát, és mennyi vár még ránk.

5.4. Locus Map ingyenes verziója

Tudunk nyomvonalat rögzíteni, ha az út végén elmentjük, később is meg tudjuk nézni a térképen. Rögzítés közben kiírja mekkora utat tettünk meg, milyen sebességgel és mennyi idő alatt.

Útvonaltervezésre is lehetőségünk van, de ennek a használatához szükség van internetkapcsolatra. Itt is több opció közül választhatunk: ha kirándulunk, túrázunk, akkor inkább a hátizsákos emberkét, ne a gyalogost válasszuk, mert ekkor kisebb sebességgel számol a tervező.

Tervezéskor a kijelölt pontok közötti legrövidebb útvonallal számol a program, ezért érdemes a pontokat olyan sűrűn kijelölni, hogy valóban a tervezett, kanyargós útvonalunkat járja be a kék vonal.

Navigálni tudunk egy adott pontra (internetkapcsolat kell ehhez a funkcióhoz is). Saját pontokat vehetünk fel. Keresés funkciója is van, de ehhez szükség van internet kapcsolatra. A mobil csak addig tud segíteni rajtunk, amíg le nem merül!

Az utunk elején indítsuk az útvonalrögzítést, hadd fusson a háttérben! Ezután nyugodtan tegyük el a telefont. Ha nincs más okunk rá, 5-10 percenként nézzük rá a telefonra, ellenőrizzük azt, hogy merre is járunk (7. fénykép, 75. oldal).

Egy másik lehetőség – főleg kezdő túrázóknak ajánlható ez – ha a bal alsó sarok közelében lévő kis „célkarikára” bökünk, akkor a pozíciónkat jelző kis kört a kijelző közepére teszi (ha épp nincs ott), na de ha még egyszer rábökünk, akkor feltűnik egy kis piros-fehér iránytű és a kijelzőn lévő térképet úgy kezdi el forgatni a telefon, hogy mindig a haladási irányunk lesz felül a képernyőn. Ha újból a „célkarikára” bökünk, akkor visszaáll alaphelyzetbe a térkép, tehát az északi irány lesz mindig felül a kijelzőn.

És végül mi van, ha tényleg eltűnnek az utunk mellől a turistajelzések? Látni fogjuk pontosan a telefon kijelzőjén. Ilyenkor nincs más dolgunk, mint figyelmesen tovább indulni és keresgélni a ritkás jelzéseket.

6. NÉZZÜNK SZÉT A KESZTHELYI HEGYSÉGBEN!

Találhatunk számos rekultivációt, ahol a bányafalon tanulmányozni lehet a hegy szerkezetét, valamint a feketefenyő védelmet, a partoldal megkötését, a rézsűvédelmet.

Elsőként a gyenesdiási bánya erdősítését mutatjuk (8. fénykép, 75. oldal).

A botanikai kincsek széles körét találjuk viszonylag kis területen. A hegyek általában erdősültek, azért fogalmaztunk ilyen vagylagosan, mert a Balaton mellől nem látunk csupasz hegycsúcsokat, beljebb azonban gyakran találunk tarra vágott erdőterületeket.

6.1. Természetszerű erdőállományok

A természetszerű erdők az erdők természetes összetételéhez, szerkezetéhez hasonló, természetes úton létrejött vagy mesterséges úton létrehozott és fenntartott erdők.⁹

A Tátika-Rezi régió a mai kiránduló számára megkapó és fenséges látványt kínál. Egyedi a növényzete, a kőzetek csak nehezen tud talaj képződni. Így az erdők felnövekedése nem biztosított. Jellemző fák a molyhos tölgy és a virágos kőris, illetve a klimatikus adottságaik miatt e hegyeken gyertyános tölgyesek és bükkösök is élnek. Várvolgy, Rezi közeli idős bükkös, előtérben tarvágás utáni felújítás, látszik a kerítés a vadkár megelőzése céljából (9. fénykép, 76. oldal).¹⁰

Az erdőket a történelmi múltban valamikor ültették, kivágták, „belenyúltak”. Meg kell becsülnünk azokat a természeti kincseket, amelyek kora már 150 – 200 év. (10. fénykép, 76. oldal).

A déli kitettségű területek melegkedvelő társulásai keverednek a hűvös szurdokvölgyek növényvilágával. Melegkedvelő virágos kőris keveredik a hideg területek fájával, a bükkal. A hegység mintegy nyolcvan féltve őrzött növényritkasággal büszkélkedhet. Az állatvilágról szintén szót kell ejteni, a bogár- és lepkefajok között sok a ritkaság. A ligeterdők lakója a fekete harkály, a kis fakopáncs és a zöld küllő. Gyakran látható lappantyú és léprigó. A peléknek, a nyesteknek, a denevéreknek szintén kedvenc élőhelye a Keszthelyi-hegység, utóbbiaknak elsősorban a barlangok miatt.

Morimus funereus (Gyászcsincér) csak ott él ahol bőven talál elpusztult bükk fát, abban élnek a lárvái (11. fénykép, 76. oldal).

A geológiai múltban vulkáni tevékenység jellemezte a tájat. A tanú hegyek bazaltból állnak. Ez a növénytársulásokat még változatosabbá teszi. A sokszínű növényvilág pedig hasonlóan fajgazdag állatvilágot indukál, főleg az ízeltlábúak körében.

Egy cincérfajt a tölgyesek tisztásain találhatunk. Cerambyx scopolii (Kis hőscincér, 12. fénykép, 77. oldal).

Sok orchidea faj fellelhető e tájon. Gyönyörűek és hihetetlenül „strapabírók”. Egyre többen járják a vidéket fényképező felszereléssel „vadásszák” le a szebbnél szebb fajokat.

Meg kell említenünk a negatív tapasztalatokat is: a taposási kárt, a kerti gyűjtők ásási kárát.

Néhány káprázatos növényvel érzékeltetnénk, azt a látványt, amely a túrázók elé tárul (a képek segítőnk, Bernáth Miklós tanár úr gyűjteményéből származnak).

Orchis morio (Agár sisakoskosbor) (13. fénykép, 77. oldal), Orchis purpurea (Bíboros kosbor) (14. fénykép, 77. oldal).

E két faj tömegesen fordul elő, először az agártól lesznek kékek a rétek, 10-15 cm-es szőnyeget alkotva, a bíborosok 30-50 cm-esek, bár néha 60-80 cm-es óriás is előfordul, követik az agarakat.

Himantoglossum adriaticum H. Baumann (Piros Adriai sallangvirág), (15. fénykép, 77. oldal), Cephalanthera rubra (L.) Rich. (Madársisak), (16. fénykép, 77. oldal).

A sallangvirág melegkedvelő, egyre gyakoribb, jelzi a klíma melegedését, a madársisak ragaszkodik a bükkösökhöz.

Ophrys insectifera L. (Légybangó), (17. fénykép, 78. oldal) Neotinea tridentata (Tarka pettyeskosbor), (18. fénykép, 78. oldal).

Légybangó nagyon ritka, ha változik a talaj eltűnik, a pettyeskosbor követi általában, kicsit „igényesebb”.

Ophrys apifera Huds. (Méhbangó), (19. fénykép, 78. oldal) a tocsogós lápos rét szélét szereti, meg a meleget, egyre gyakoribb, nagy állományait találják mostanában.

⁹ természetszerű erdők
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0900037.tv> (2022.10.26.)

¹⁰ <https://archivum.zalamedia.hu/khely/0427/kr.html#Az%20%C5%91sb%C3%BCkk%C3%B6st%C5%91%20az%20%C3%A9gerl%C3%A1pig> (2022.10.26.)

7. ZÁRÓ GONDOLATOK

A túrázásnak vannak negatív következményei is! Nem kell bizonygatnunk, ahol sokan megfordulnak több lesz a szemét. A „kéktúrázókra” természetesen ez nem jellemző. A túrautakon lévő szemétyűjtők, eszközök karbantartását erdőgazdaságok, önkormányzatok, önkéntesek végzik, de a legjobb az lenne, ha mindenki haza vinné a „sajátját”.

Már kormányzati applikáció¹¹ is van, amin a fellelt szemetet bejelenthetjük. A HulladékRadar alkalmazás használatával bejelenthető az illegálisan elhelyezett hulladéklerakatok. A Kormányzati Informatikai Fejlesztési Ügynökség (KIFÜ) által üzemeltetett rendszer alkalmas arra, hogy az információk megadásával a területileg illetékes hatóság tudomást szerezzen az illegális hulladéklerakásokról, ezáltal intézkedni tudjon annak felszámolásáról a környezet megtisztítása érdekében

A HulladékRadar hozzáférést kér a készülék kamerájához, illetve földrajzi helyzetéhez (GPS koordináták). Az engedélykéréseket a feltöltendő képek készítése és a helyszín pontos meghatározása indokolja.

„A kétlépcsős regisztráció során először egy felhasználónév és egy e-mail cím megadása, valamint az adatkezelési tájékoztató és az általános felhasználási feltételek megismerése és elfogadása szükséges. Ezt követően egy ellenőrző kód érkezik az e-mail címre, amit az alkalmazásban kell megadni. A regisztrációt követően az applikáció használatra kész”.¹²

Kár, hogy ilyen felhanggal kell befejeznünk dolgozatunkat, de úgy érezzük, hogy a helyzet egyre rosszabb és a szemétdíjak emelkedése miatt az erdő, a táj szemétkerakónak való használata egyre gyakoribb lesz. Tennünk kell ez ellen valamit! **(20. fénykép, 79. oldal).**

¹¹ Az alkalmazás, idegen szóval applikáció vagy app (angol: application, app) egy számítógépes program, ami egy fordító-program segítségével készül el egy forráskódból
<https://hulladekradar.hu/> (2022.10.26.)

¹² <https://hulladekradar.hu/> (2022.10.26.)

IRODALOM:

- Rockenbauer Pál (1968): Szívességéből a Mediterránba. (Táncsics-Művelt Nép kiadó, Útikalauzok sorozat, Budapest)
- Rockenbauer Pál (1965, 1974, 1986): Amiről a térkép mesél. (Móra Ferenc kiadó, Budapest)
- Nagy László: Negyedszázada indult el a csapat. Turista Magazin, 2004/8-as szám.
- Ritter György: Nem csak film..., Rockenbauer Pál-portré
<https://filmtett.ro/cikk/nem-csak-film-rockenbauer-pal-portre>
- Horváth Béla-Hörpölin: RÖVIDEN ROCKENBAUER PÁL ÉLETÉRŐL
<https://www.kektura.click.hu/OKT/rockenbauer.htm> (2022.10.25.)
- Gyenes Károly (rendező): Ércnel-maradandobb-masfelmillio-lepes-es-rockenbauer-pal-em-lekfilm
<https://www.youtube.com/watch?v=28DLeofPQKs> (2022.10.25.)
- Magyar Asztronautikai Társaság: HELYMEGHATÁROZÁS MŰHOLDÁKKAL
https://konyv.mant.hu/muholdas_helymeghatarozas/ (2022.10.26.)
- Rockenbauer Pál (forgatókönyvíró, rendező): Másfél millió lépés Magyarországon
<https://www.youtube.com/watch?v=UazsO1FYrG4> (2022.10.26.)
- Dr. Rózsa Szabolcs: GNSS/RNSS rendszerek a földmegfigyelésben
https://epito.bme.hu/sites/default/files/page/Rozsa_gnss-rnss.pdf (2022.10.26.)

FÉNYKÉP, ÁBRA:

- 1. fénykép:** Rockenbauer Pál (forgatókönyvíró, rendező): Másfél millió lépés Magyarországon
<https://www.youtube.com/watch?v=UazsO1FYrG4> (2022. 10.25)
 - 2. fénykép:** Csikós Ferenc: Homoki-Nagy István. MTI/MTVA. Szerzői jog: Magyar Távirati Iroda Zrt.
 - 3. fénykép:** Matula bácsi
[https://hu.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCskev%C3%A1r_\(telev%C3%ADzi%C3%B3s_sorozat\)#/media/F%C3%A1jl:Matula_b%C3%A1csi.jpg](https://hu.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCskev%C3%A1r_(telev%C3%ADzi%C3%B3s_sorozat)#/media/F%C3%A1jl:Matula_b%C3%A1csi.jpg) (2022.10.26.)
 - 4. fénykép:** Rockenbauer Pál (Másfél millió lépés Magyarországon).
<https://www.youtube.com/watch?v=UazsO1FYrG4> (2022. 10.25.)
 - 5. fénykép:** Horváth Béla-Hörpölin: A Rockenbauer Pál kopjafa
<https://www.kektura.click.hu/OKT/rockenbauer.htm> (2022.10.26.)
- 1. ábra:** Országos Kéktúra részlete
https://www.kektura.click.hu/hattertar/Taj_terkepek/orszagos_kektura_terkep_2020.jpg (2022.10.26.)
 - 2. ábra:** Országos kékkör
<https://www.turistamagazin.hu/hir/kek-utak-magyarorszagon> (letöltés: 2022.10.25.)
 - 3. ábra:** Országos Kéktúra teljesítések 1961-2021
<https://www.kektura.hu/hir/2021-ben-rekordot-dontott-a-teljesitok-szama> (letöltés: 2022.10.26.)

6. fénykép: GPSMAP 65 készülék

<https://www.garmin.co.in/products/outdoor/gpsmap-65-ww/> (2022.10.26.)

4. ábra: A műholdas helymeghatározás geometriai alapja

https://konyv.mant.hu/muholdas_helymeghatarozas/ (2022.10.26.)

5. ábra: Google Play Kéktúra applikáció

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.herfli.kektura&hl=hu&gl=US&pli=1>
(2022.10.26.)

7. fénykép: Horváth Béla-Hörpölin felvételei

https://bakancsban-ket-kereken.blog.hu/2022/01/31/utravallo_16_hogyan_tajekozodjunk_mobiltelefonnal_a_termeszetben (2022.10.26.)

8. fénykép: Gyenesdiás túra

<https://termeszetesfotosturak.blogspot.com/2019/10/gyenesdias-tura.html> (2022.10.26.)

9. fénykép: Bernát Miklós felvétele

10. fénykép: Bernát Miklós felvétele

11. fénykép: Bernát Miklós felvétele

12. fénykép: Bernát Miklós felvétele

13. fénykép: Bernát Miklós felvétele

14. fénykép: Bernát Miklós felvétele

15. fénykép: Bernát Miklós felvétele

16. fénykép: Bernát Miklós felvétele

17. fénykép: Bernát Miklós felvétele

18. fénykép: Bernát Miklós felvétele

19. fénykép: Bernát Miklós felvétele

20. fénykép: HulladékRadar: kezelői felület

<https://hulladekradar.hu/> (2022.10.26.)

NAGY BENDEGÚZ FERENC

(Keszthelyi Vajda János Gimnázium)

EGYSZERŰ GYEPVIZSGÁLATOK A KESZTHELYI BEREKBEN

ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánkban a földhasználat szempontjából a szántóterületeket követő második legjelentősebb mezőgazdasági művelési ág a gyep. E változatos növényasszociációkat magában foglaló ökoszisztéma mind a gazdálkodók mind a természetvédelem számára nagy jelentőséggel bír, és gyakran ütközési zónaként szerepel. Előadásom egy Keszthely közelében fekvő, kaszált és legeltetett mocsárrét társulás gyepgazdálkodási szempontú egyszerű vizsgálatairól számolt be. A 2019. év májusában elvégzett nyíráspróbák során a hasznos pázsitfűvek és a gyenge takarmányértékkel bíró savanyúfűvek, továbbá a pillangósok és egyéb kétszikű növények tömegarányát határoztam meg, egyúttal a tavaszi gyepnövedék termésbecslését is elvégeztem. Hasonló egyszerű vizsgálatok a gyepnek megfelelő hasznosításának, szükség szerint a gyepjavítás tervezésének alapjául szolgálhatnak. A nedves gyepnek szerepe hazánkban a jövőben várhatóan növekedni fog mind természetvédelmi mind gazdálkodási szempontból.

1. BEVEZETÉS

A hazánkban mintegy 950 000 ha feltételezhető teljes gyepterületből jelenleg 770 ezer ha áll hasznosítás alatt. Ennek a területnek több mint fele azonban úgynevezett száraz ökológiai fekvésben, vagyis rossz hidrológiai viszonyok között található. A száraz gyep az országos gyepfedettség több mint felét (55%), de a szénahozamnak csupán negyedét (26%) adják, míg a nedves gyep mindössze 7 százalékos területrészesedésükkel az éves szénatermés közel felét (45%) produkálják.¹ A Központi Statisztikai Hivatal utóbbi 7 éves adatsora alapján 2015 és 2021 között 620 ezer ha gyepterület átlagos szénatermő képessége mindössze 2,1 t/ha. A szárazodó klíma hatására a gyepfózamok további csökkenése várható, miközben jelenleg sem vagyunk képesek állandó gyepeinken megtermelni a legeltethető állatállomány téli szénaszükségletét. Ezért volt óriási jelentősége a 2022-ben indult országos gyepállapot felmérésnek, melyet a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (NAK) és a Magyar Állattenyésztők Szövetsége (MÁSZ) indított az Agrárminisztérium támogatásával abból a célból, hogy aktuális információkat szerezzenek a gyepnek állapotáról és gyepgazdálkodásunk színvonaláról.² A MÁSZ-NAK Gyepgazdálkodási Munkacsoport feltételezése szerint a jelenlegi gyepterületek megtartásával, a növényállomány (biodiverzitás) állapotának javításával, korszerű eszközökkel és szakszerűbb gyepgazdálkodással a jelenleg legeltetett állatállomány kétszeresének tömegtakarmány-igénye lenne biztosítható gyepünk természeti értékeinek megőrzése/javítása mellett.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Gyep jelentősége

A gyep igen elterjedt ökoszisztéma Földünkön, minthogy a szárazföldi felszín negyven százalékát borítják. Jelentőségük nem csak kiterjedésükben van, hanem úgynevezett ökoszisztémaszolgáltatásaikban. Mint például a levegőből történő folyamatos szén-dioxid megkötés és a szénnek a talajban, gyökér-szervesanyag formájában történő raktározása, föld fölötti biomasszájuk házi és vadállatok takarmánya, élelmiszer (állati termék) előállítás, illetve a gyepre alapozott állattartásból kifolyólag, lejtős területek talajvédelme, természeti értékek megőrzése, és nem utolsósorban a turizmus és rekreáció helyszíne (nemzeti parkok, sportgyep).³

¹ Klíma- és természetvédelem legeltetési állattartással és okszerű gyephasználattal <https://www.allattenyesztok.hu/gyepgazdalkodasi-hir/klima-es-termesztvedelem-legeltetesi-allattartással-es-okszeru> (2023.12.12.)

² Az országos gyepállapot-felmérés előzetes eredményei <https://www.allattenyesztok.hu/gyepgazdalkodasi-hir/az-orszagos-gyepallapot-felmeres-elozetes-eredmenyei> (2023.12.12.)

³ Gibson, D.J., Newman, J.A. (2019): Grasslands and climate change: an overview. In: Gibson, D.J., Newman, J.A. (szerk.): Grasslands and climate change (Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 3-18.)

A gyep sokfélék lehetnek. Kialakulásukat tekintve természetes és telepített gyepet különböztetünk meg. Jelenlegi gyepünk a sziklagyeppektől és egyes sziki gyeppektől eltekintve többségében nem természetes kialakulásúak, minthogy a klimatikus adottságok és a talaj termőréteg-vastagsága zárótársulásként az erdei ökoszisztémák megjelenését teszi lehetővé. Természetközeli állapotú mai gyepünk létrejöttében az emberi tevékenység, erdőirtás, rendszeres legeltetés és kaszálás játszott a főszerepet. Ebből következik, hogy fennmaradásukat is csak a rendszeres és szakszerű gyepgazdálkodás biztosíthatja. A gazdasági vagy takarmánygyepet hasznosításuk szerint három csoportba sorolják: a **legelő** egész éves növedéke legeltetéssel hasznosul a száraz fekvésű, jellemzően kis hozamú, természetes állapotú gyepen. A **kaszáló** termésének betakarítása kaszálással történik és Magyarországon rendszerint szénaként, ritkábban fűszénáz vagy fűszilázs formájában használják fel a szárítással vagy erjesztéssel tartósított gyeptermést. Kizárólagos kaszálókat hazánk csapadékosabb tájain találunk. Adott gyepterületen a tavaszi és nyáreleji, általában csapadékosabb időszakban a nagyobb fűtermés lehetőséget ad a gyep első, esetleg második növedékének kaszálására, míg nyáron és ősszel a kevesebb termés miatt csak a legeltetés útján való betakarítás éri meg. Ez a kombinált vagy kettős, ún. réthasznosítás kedvező mind a takarmánytermesztés, mind a gyepnövényzet fejlődése szempontjából, így növényzetüket tekintve a **rétek** a legfajgazdagabb gyep. A gyepnek más feladatokat is betölthetnek: szolgálhatják a talaj védelmét (utak, csatornák rézsúin, gyümölcsösök, szőlők sorközeiben), természetvédelmi területeken a védett állat- és növényfajok fennmaradását segítik (élettér, búvó-, táplálkozóhelyként). Sajátos, intenzív használatnak kell megfelelniük a pázsit- és sportgyepnek.⁴

2.2. A gyep ökológiája

A rét-ökoszisztémákra jellemző ökológiai tényezők közül abiotikus és biotikus környezeti hatásokat különböztethetünk meg. Előbbihez klimatikus tényezőket (fény, hőmérséklet, levegő, víz), edafikus tényezőket (talaj és altalaj fizikai és kémiai sajátosságai) és földfelszíni tényezőket (domborzat, lejtő, kitértség) sorolnak. Utóbbiak közé a biocönózist (társulást) adó növény- és állatfajok, valamint mikroorganizmusok és ún. antropogén (ember hatása a növényre, környezetre) tényezők hatásait soroljuk.⁵

Hazánk gyepfajtaiban nagyon szélsőségesek a talajvízszint-adottságai, korábbi agro-ökológiai potenciál felmérés azt mutatta, hogy a gyep 38%-a rossz, 24%-a gyenge vízgazdálkodási helyzetű. Előbbiek között találjuk 2/3 részben a vizenyős gyepet, ahol épp a vízbőség jelenti a gondot. A gyepnövényzet összetételére ideális talajvízszint hazai kutatási eredmények alapján 75-125 cm.⁶ Ennek mélységét természetesen több tényező is befolyásolja, elsősorban a talaj szerkezete. Homokon és láptalajon sekélyebb, agyagon és vályogtalajon mélyebben elhelyezkedő vízszint kedvezőbb.⁷

A gyepnövények terméshozamát klímánkon alapvetően a vízellátottság határozza meg. Ezt igazolta a 2022. aszályos év, amikor az alföldi gyepen lényegében nem volt hasznosítható növedék. A gyep a termőterület ökológiai-hidrológiai adottságai alapján hatféle kategóriába sorolható⁸: 1. aszályos, 2. száraz, 3. félszáraz, 4. üde, 5. nedves, valamint 6. vizenyős ökológiai fekvésű termőhely. A gyep „fekvésére” a legnagyobb borítást elérő fajok vízigénye alapján következtethetünk. A gyep termésszintje hazánkban gyep típusonként változik, a legsoványabb gyep 1-2 t/ha szárazanyaghozamától a mocsárrétek 7-8 t/ha szárazanyaghozamáig.⁹

⁴ Tasi J. (2019): Gyepgazdálkodás (SZIE egyetemi jegyzet a Mezőgazdasági mérnök BSc szak hallgatói részére), Szent István Egyetem, Gödöllő, 121 p.

⁵ Kovács A., Csízi I. (2004): Pratólogia. A rétek ökológiai és cönológiai alapjai (Karcag, 207 p.)

⁶ Vinczeffy I. (1974): Szálastakarmányok termésbecslése. In: Simon, B. (szerk.): A termésbecslés módszerei, (Mg. Kiadó, Budapest, pp. 264-267.)

⁷ Vinczeffy I. (szerk.) (1993): Legelő- és gyepgazdálkodás (Mezőgazda Kiadó, Budapest, 400 p.)

⁸ Simon T., Seregélyes T. (1998): Növényismeret (Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest, 276 p.)

⁹ Viszló L. (szerk.) (2023): A természetkímélő gyepgazdálkodás II. Hagyományörző szemlélet, „négy lábú „munkatársak” (Pro Vértes, Csákvár. 309 p.)

A hazai változatos élőhelyi feltételek következtében az Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer (Á-NÉR)¹⁰ a gyepek 19 típusát különbözteti meg, ami az Európai Unión belül is kiemelkedő értéket képvisel. Hazánkban a mocsári és lápi növényzetet hat osztályba sorolják, míg a kaszálók és magasfűvű rétek további egy osztályába számos rend és csoport tagolódik be.¹¹ A nedves gyepekre egész vegetációban jellemző a magas talajvízszint, emiatt legeltetésük csak korlátozottan lehetséges, noha felszíni vízborítás ritkán fordul elő.

2.3. Nedves gyepek jellemzői

Általánosságban a nedves gyepek két fő típusát említik, a mocsárréteket és a lápréteket. A mocsárrétek (D34) levegőellátottsága az alacsonyabb talajvízszint miatt jobb, és így nem képződik bennük tőzeg. Nyáron a lápréteknél mélyebben kiszáradnak. A láprétekekkel ellentétben kevés moha fordul elő bennük. Gyakran az ártéri ligeterdők helyén jöttek létre fakitermelés és az azt követő rendszeres kaszálás vagy legeltetés hatására. Gazdaságilag igen fontosak; takarmányértékük növelésére gyakran nagyobb tápértékű fajokkal felülvetik őket. Fontosabb társulásaik az alföldi mocsárrét (*Agrostetum stoloniferae*), a dunántúli mocsárrét (*Deschampsietum caespitosae*) és az ártéri mocsárrét (*Alopecuretum pratensis*). Jellemző fajaik a fehér tippán (*Agrostis stolonifera*), gyepes sédbúza (*Deschampsia caespitosa*), pelyhes selyemperje (*Holcus lanatus*) mellett értékesebb fűalkotók a nádképző- és a réticsenkesz (*Festuca arundinacea*, *F. pratensis*), réti ecsetpázsit (*Alopecurus pratensis*), réti és sovány perje (*Poa pratensis*, *P. trivialis*), zöldpántlikafű (*Phalaris arundinacea*). Mellettük mindig jelentős mennyiségben fordulnak elő réti kétszikű fajok is, pl. réti és kúszó boglárka (*Ranunculus acris*, *R. repens*), réti kakukkszegfű (*Lychnis flos-cuculi*), őszi vérfű (*Sanguisorba officinalis*), réti kakukktorma (*Cardamine pratensis*), fekete nadálytő (*Symphytum officinale*), mocsári tisztosfű (*Stachys palustris*), mocsári galaj (*Galium palustre*), közönséges lizinka (*Lysimachia vulgaris*).

A meszes láprétek, rétlápok (D1) bázisokban gazdag, többnyire mésztartalmú, állandóan nedves aljzaton fejlődő, rendszerint tőzégképző növénytársulások, amelyek megjelenése rendszerint alacsony gyepes (részben zombékos) jellegű. A talajvíz szintje egész évben a talajfelszín közelében van (a zombékos állományokban időszakosan lehet kissé magasabb). Uralkodó faj lehet a lápi és a gyapjas-magvú sás (*Carex davalliana*, *C. lasiocarpa*), a keskeny- és a széleslevelű gyapjúsás (*Eriophorum angustifolium*, *E. latifolium*), a nagy szittyó (*Juncus subnodulosus*), a vidrafű (*Menyanthes trifoliata*), a kormos csáté (*Schoenus nigricans*), a lápi nyúl farkfű (*Sesleria uliginosa*).¹²

2.4. A gyepek növényzete, a gyeptípusok takarmányértéke

Gyepnek akkor nevezhetünk egy területet, ha a talajt többségében pázsitfűfélék borítják¹³. Ugyanakkor a gyepi ökoszisztéma is stabilabb, ha több fajból áll a növénytársulása, ha nagyobb a terület biodiverzitása. Ez a két megállapítás nem mond ellent egymásnak. Gyepgazdálkodási szempontból a biológiai alapot adó gyepalkotó növényfajok lehetnek takarmányozási szempontból értékes egyszikű pázsitfűvek és kétszikű pillangósok, vagy más, takarmányértékkel bíró hasznos növények, gyógynövények. De előfordulhatnak takarmányozás szempontjából kevésbé értékes fajok, savanyúfüvek (szittyó- és palkafélék), és területfoglalásuk révén vagy kedvezőtlen tulajdonságaik (szúróság vagy ízrontó ill. mérgező hatásuk) miatt gyomnak tekinthető növények¹⁴, sőt az alulhasznosított gyepeken inváziós, betelepülő növények (pl. magas aranyvessző, selyemkóró).

¹⁰ Bölöni J., Molnár Zs., Kun A. (szerk.) (2011): Magyarország élőhelyei. A hazai vegetációtípusok leírása és határozója. ÁNÉR 2011. (MTA ÖBKI, Vácrátót, 441 p.)

¹¹ Borhidi A. (2003): Magyarország növénytársulásai (Akadémiai Kiadó, Budapest, 610 p.)

¹² Á-NÉR 2011 - Á-NÉR KÖNYV ONLINE (élőhelyek, térképek és leírások). <https://novenyterterkep.hu/eiu2011> (2023.12.16.)

¹³ Tasi J. (2019): Gyepgazdálkodás (SZIE egyetemi jegyzet a Mezőgazdasági mérnök BSc szak hallgatói részére), Szent István Egyetem, Gödöllő, 121 p.

¹⁴ Szemán L. (2006): Gyepgazdálkodási alapismeretek (egyetemi jegyzet), Szent István Egyetem, MKK MKK Környezetmérnöki szak, Gödöllő, 78 p.

A legelő állat takarmányfelvételét alapvetően meghatározza a gyep takarmányértéke, a fűkínálat nagysága és a gyepállomány szerkezete.¹⁵ A gyepgazdálkodás szempontjából a gyep növényzetének minőségét részben annak beltartalmi értéke, részben a növény ízletessége adja. A növények takarmányozási értékének vizsgálatára laboratóriumi nedveskémi módszerek (Weendei analízis) és újabban közeli infravörös mérési elven (NIRS) alapuló gyors, közvetlen, roncsolásmentes módszer is rendelkezésre áll. A takarmányérték szempontjából legfontosabb vizsgált paraméterek a fehérje-, rost- és hamutartalom, valamint az egyes rostfrakciók aránya és emészthetősége. Ideális esetben a gyepnövényzet szárazanyagra vetített rosttartalma 22-25%, és a relatív nyersfehérje: nyersrost aránya 1:2. Ez alatt rosthány, felette csökkenő takarmányfelvétel jelentkezik a kérődzőknél.¹⁶ A rost mennyisége szabályozza a fehérje hasznosulását. A rost lebonthatósága a legújabb kutatási eredmények szerint hatással van a potenciális szárazanyag-felvételre, vagyis az étvágyra. A különböző növényi rostok bendőbeni lebontásának speciális dinamikája van.¹⁷ Fentiek szempontjából az édesfűvek (*Poaceae* családba sorolt fajok) jóval kedvezőbb étrendi hatással bírnak, mint a savanyú füvek. A palkafélék családjába (*Cyperaceae*) tartozó fajok, főleg sásfélék nagy tömeget képviselnek a savanyúfüves gyepeken, de ezeket a fűféléket is évszázadok óta legeltetik vagy takarmányozzák. Többségüket főként fiatalabb fejlődési állapotban szívesen legelik az állatok, noha táplálóanyag tartalmuk általában csak a takarmányszalmaéval, vagy inkább az alomszalmaéval ér fel. Értéküket hátrányosan befolyásolja nagy kovásv-tartalmuk, nem kielégítő ásványianyag-tartalmuk, továbbá, hogy etetésük során gyakran lép fel mikroelem-hiány (réz, cink, szelén), éles leveleik pedig az emésztő traktus mechanikai sérülését okozhatja. A szakirodalom és a szabványok szénaszennyezőként említik, minél nagyobb a savanyúfüvek százalékos aránya, annál kisebb a széna értéke. A hazai szabványok az I. rendű réti szénában 2-5%-os, a II. rendűben 10%-os, a III. rendűben 40%-os savanyúfű előfordulást engednek meg. A savanyúfüvek takarmányozási értékét elsősorban nagy tömegük képviseli. Szárazanyagra számított fehérjetartalmuk 6,9-8,6%, ami kb. 3%-kal marad el a jó minőségű réti szénától, ráadásul a bennük lévő fehérjék biológiai értéke is kisebb, mint a pázsitfűvek fehérjéi.¹⁸

2.5. A gyephozam és vizsgálatának módszerei

A KSH (2000-2018) adatok szerint a hasznosított gyepek hozama szénaértékben átlagosan 1,44 t/ha, Zala megyében az országos átlagnál jobb, 1,79 t/ha. Ugyanezek az adatok a 2014-2018. év átlagában jobbak, 1,86 t/ha, illetve 2,31 t/ha értékűek, vagyis Zala megye gyepeinek átlagtermése 24%-kal meghaladja az országos átlagterméseket.¹⁹

A gyepek hozamára több tényező gyakorol jelentős hatást. A termőhely tulajdonságainak hatása megnyilvánul abban, milyen növénytársulás (gyeptípus) alakul ki. Ezért szükséges a hozambecslést gyeptípusokra elvégezni.²⁰ A gyeptertermés mennyiségének megállapítására hagyományosan alkalmazott módszer az úgynevezett kaszálási vagy nyíráspróba. Lényege, hogy a növényállományt jól reprezentáló, átlagosnak tekinthető gyeprészekről véletlenszerűen lekaszált mintaterületeken nyírással, kaszálással,

¹⁵ Nagy G., Tasi J. (2017): A legelők és a legeltetés szerepe a húsmarhatartásban, Állattenyésztés és Takarmányozás. 66. évf. 4 sz., pp. 347-367.

¹⁶ Viszló L. (szerk.) (2023): A természetkímélő gyepgazdálkodás II. Hagyományörző szemlélet, „négy lábú „munkatársak” (Pro Vértes, Csákvár. 309 p.)

¹⁷ Orosz Sz. (2021): A rost tudománya a gyakorlat szolgálatában. Takarmányozás. 2021 szeptember, pp. 20-25. (2023.12.12.)

¹⁸ Haraszi E. (1965): Savanyúfüvek (Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 439 p.)

¹⁹ Szabó F., Nagy G., Gulyás L., Tempfli K. (2020): A gyephozam és annak várható módosulása a klímaváltozás tükrében, Állattenyésztés és Takarmányozás. 69. évf. 1 sz., pp. 9-16.

²⁰ Tasi J.: Magyarországi gyepterületek hozam- és állattartóképeség-becslése. Szakértői jelentés (2021). In: Rezneki R. (szerk.): A termesztett növények és a tenyésztett állatok és termékeik, mint ökoszisztéma-szolgáltatás értékelése – az ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeléséig az élelmiszertermelés szakértői munkacsoport tanulmánya, 93 p.

sarlózással több ismétlésben mintákat veszünk, és a tarlómagasság feletti biomasszát (friss növényi anyagot) mérleggel lemérve a mintázott területek nagysága alapján kiszámítjuk – megbecsüljük – az egy hektárra jutó átlagtermést. A gyepek éves hozamának becslésére minden növedékben el kell végezni. A Balázs-féle quadrát módszer a növényállomány botanikai összetételének megállapítása faji szinten, a faj által a véletlenszerűen, több ismétlésben kijelölt 2x2 méteres mintanegyzetekben elfoglalt terület nagysága (dominancia) alapján. Ezen adatok és a gyepek átlagmagasságának ismeretében a Balázs-féle termésbecslési képlet segítségével a gyepterület mellett a hozam is megbecsülhető.^{21, 22}

A Grasshopper/Jenquip gyephozambecslő tárcsák²³ használata széles körben elterjedt számos ország, köztük Írország, az Egyesült Államok, Új-Zéland, Hollandia telepített, homogén gyepein, ahol elsősorban az angolperje és a fehér here dominál. A Grasshopper G2 RPM tárcsás gyepterület becslő eszközt írországi gyepekre fejlesztette a North Technologies és a Moorepark Grassland Research (1. fénykép, 80. oldal). A csúsztható tárcsalap alatti tömörített gyepterület magasság, valamint általunk beállított szárazanyag- és tarlómagasság adatokból becsül képlet alapján szárazanyag hozamot az eszköz. A MÁSZ által megvásárolt tárcsás gyepterület-becslő eszköz tesztelése, magyarországi gyepekre kalibrálása megkezdődött.²⁴

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálataimat 2019. májusban Zala vármegyében, a 71-es számú, Keszthelyt elkerülő út mellett nyugatra, a Balatontól légvonalban mintegy 2 km-re található gyepterületen végeztem. Elmondások alapján már az 1950-es évektől legeltetéssel hasznosították ezt az időszakosan vízállásos területet. A nedves rét a Keszthelyi-bereknek nevezett területen található, mely hosszú ideje a MATE Georgikon Tangazdaság Nonprofit Kft. kezelésében van, kaszálással hasznosítják és marhákkal is legeltetik. Egyszerű gyepterületvizsgálataimat a Disznójárásnak elnevezett szakasz déli felén, 6,8 hektáros területen végeztem (2. fénykép, 81. oldal), ahol öt mintavételi helyen végeztem el a nyíráspróbát termésbecslési céllal, és egyúttal meghatároztam a legeltetés szempontjából hasznos pázsitfűvek, a gyenge takarmányértékkel bíró savanyúfűvek, valamint a kétszikű növények arányát is. A mintavételi pontok kijelöléséhez a vizsgált gyepterületen a terület átlói mentén egy 80 cm átmérőjű karikát dobtam el véletlenszerűen. A fél négyzetméternyi, karikával lehatárolt területen 5 cm-es magasságban (a gépi kaszálás jellemző magasságában) levágtam a növényzetet, és egy rugós mérleg segítségével megmértem a friss tömegét (3. fénykép, 81. oldal). Ezután három csoportra szedtem szét a levágott növényanyagot (édesfűvek, savanyúfűvek és kétszikűek) hogy meghatározhassam a tömegarányukat (4. fénykép, 81. oldal). A savanyú- és édesfűveket a virágzat és a szárkeresztmetszet alapján különböztettem meg (5. fénykép, 82. oldal). Azokból a fajokból, amelyeket a helyszínen nem ismertem fel, mintát gyűjtöttem későbbi határozás céljából.^{25, 26}

²¹ Balázs F. (1949): A gyepek termésbecslése növényzociológiai felvételek alapján (Agrártudomány. Budapest, pp: 109-118.)

²² Tasi J.: Magyarországi gyepterületek hozam- és állattartóképeség-becslése. Szakértői jelentés (2021). In: Rezneki R. (szerk.): A termesztett növények és a tenyésztett állatok és termékeik, mint ökoszisztéma-szolgáltatás értékelése – az ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeléséig az élelmiszertermelés szakértői munkacsoport tanulmánya, 93 p.

²³ Murphy D.J., O' Brien B., Hennessy D., Murphy M. D. (2020): Evaluation of the precision of the rising plate meter for measuring compressed sward height on heterogeneous grassland swards (Precision Agriculture, pp. 1-25.)

²⁴ Halász A., Menyhart L., Bajnok M., Tasi J., Lepossa A. (2022): Első hazai tapasztalatok tárcsás gyepterület-becslő eszközzel. In: Bényi E., Bodnár Á., Pajor F., Póti P. (szerk.): VIII. Gödöllői Állattenyésztési Tudományos Nap: Előadások és poszterek összefoglaló kötet (Gödöllő, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, pp. 35-36.)

²⁵ Király G. (2009): Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok (Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 616 p)

²⁶ Simon T., Seregélyes T. (1998): Növényismeret (Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest, 276 p.)

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Közel 40 növényfajt találtam a területen, melyek közül a legjellemzőbbeket az 1. táblázatban tüntettem fel növénycsaládok szerinti besorolásban (1. táblázat, 80. oldal). A palka- és szittyófélék, pázsitfűfélék és boglárkafélékhez tartozó fajokat az előfordulási gyakoriságuk szerint csökkenő sorrendben szerepeltettem. A fajösszetétel alapján megállapítható, hogy a gyepterület főként a mocsárrét társulásra jellemző fajok alkotják, rókasás, zöldpántlikafű, réti csenkesz, selyemperje, borzas sás, libapimpó, fekete nadálytő, kúszó boglárka, indás pimpó, réti ecsetpázsit, szürke aszat, erdei angyalgöyökér, kerekrepekény, közönséges galaj. Özönnövényt vagy védett növényfajt nem találtam a gyepterületen.

Az öt mintavételi ponton eltérő volt a vizsgált növénycsoportok aránya (1. ábra, 82. oldal). Az 1. pont kivételével mindenütt a savanyúfűvek domináltak a zöldtömeg százalékában. A kétszikűek aránya valamennyi ponton alacsony volt, 1 és 11 tömegszázalék között mozgott, ezen belül a takarmányozás szempontjából értékes pillangós fajokkal alig találkoztam (1-2. ábrák, 82. oldal). Ez alátámasztja a talajvízszint és a növényzet összetétele közötti kapcsolatra utaló korábbi külföldi és hazai vizsgálatok alapján született megállapítást, mely szerint a magas talajvízállás 5% alatti pillangós arányt eredményez a gyepterületben.²⁷ A növényösszetétel alapján a vizsgált gyepterület betakarított savanyúfűves réti széna III. rendű, vagy annál is gyengébb minőségű.

A kaszálás magasságában nyírt növényzet alapján számított átlagos zöldtömeg a gyepterületen 13,4 t/ha-ra becsültem, ami a friss növényzet átlagosan 80% nedvességtartalmával kalkulálva, és az erre a gyepterületre becsült éves 6-8 t/ha szárazanyag hozam²⁸ alapján azt mutatja, hogy az első növedék május közepén mintegy 34-45%-ot képvisel az éves gyepterületből. Amint az a 3. ábrán is látható (3. ábra, 83. oldal), az egyes mintavételi pontok között nagy különbségek mutatkoztak. Hasonló vizsgálatoknál a becsülés pontosságát növelheti a több, legalább tíz mintavételi ponton elvégzett nyíráspróba. A termésbecslő módszerek közül a nyíráspróba előnye, hogy közvetlenül és nagy pontossággal adja meg a gyepterület termésének nagyságát. Hátrányai (eltérő tarlómagasság, nagy kézimunkaigény, eszközigény, kevés mintaszám, a behajló fűvek miatti pontatlan mintázás stb.) azonban megnehezítik alkalmazását.²⁹

KÖVETKEZTETÉSEK

Abból a célból, hogy aktuális és valós információkat gyűjtsenek a magyarországi hasznosított gyepterületek állapotáról és növényzetéről, a MÁSZ-NAK Gyepgazdálkodási Munkacsoportja 2022. tavaszán közel 90 ezer hektár gyepterületet érintően országos felmérést végzett a gazdák megkérdezésével, és mintegy 23 ezer hektár legelő és kaszáló terület történeti terepi felmérés 19 megyében és Budapesten. Ilyen széles körű és részletes vizsgálatra hazánkban korábban nem került sor.

A klímaváltozás a gyepeket sem kíméli. A hazai gyepgazdálkodást szervesen érintő hatások között említhető a 2022. évi súlyos aszály, amikor az ország keleti régióiban nem volt kaszálható vagy akár érdemben legeltethető gyepnövedék, veszélyeztetve a kérődző állatállományok tömegtakarmány-elátását, és hazánk soron kívüli engedélyt kért az Európai Bizottságtól az agrár-környezetgazdálkodási programban (AKG) érintett gyepterületekhez kapcsolódó időbeli kaszálási korlátozások feloldására³⁰,

²⁷ Vinczeffy I. (szerk.) (1993): Legelő- és gyepgazdálkodás (Mezőgazda Kiadó, Budapest, 400 p.)

²⁸ Tasi J.: Magyarországi gyepterületek hozam- és állattartóképeség-becslése. Szakértői jelentés (2021). In: Rezneki R. (szerk.): A termesztett növények és a tenyésztett állatok és termékeik, mint ökoszisztéma-szolgáltatás értékelése – az ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeléséig az élelmiszertermelés szakértői munkacsoport tanulmánya, 93 p.

²⁹ Nagy G., Pető K. (2001): A lábon álló gyepek termésének mérése, Állattenyésztés és Takarmányozás. 50 évf. 2. sz., pp. 139-154.

³⁰ <https://www.allattenyesztok.hu/gyepgazdalkodasi-hir/a-kaszalasi-korlatozasok-feloldasat-keri-hazank-az-europai-bizottsagtol> (2023.12.12.)

amire még nem volt példa. 2023. június 9-i állásfoglalásában az Európai Parlament határozottan üdvözölte a kötelező erejű természethelyreállítási célokat tartalmazó jogalkotási javaslat kidolgozására vonatkozó kötelezettségvállalást. Úgy vélte, hogy az átfogó helyreállítási cél mellett ökoszisztéma-, élőhely- és fajspecifikus helyreállítási célokat is figyelembe kell venni, amelyek többek között gyepterületekre is kiterjednek.³¹ Erre utalhatott 2023. szeptember 28-án a Planet Budapest2023 rendezvényen Áder János kuratóriumi elnökkel folytatott nyílt vitafórumon Nagy István agrárminiszter, amikor a mocsárrétek visszaalakításának szándékát említette. Remélhetőleg a változások a gazdálkodói és a természetvédelmi érdekeket egyaránt szolgálják majd.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Zsittnyán Tamásnak (ig., MATE Georgikon Tanüzem Nonprofit Kft.) a vizsgálati helyszín biztosításáért, szüleimnek - Dr. Nagy Szabolcs Tamás (egy. tan., MATE) és Dr. Lepossa Anita (egy.doc., MATE) – szakmai irányításukért és a szakirodalom biztosításáért, valamint Dr. Szeglet Péternek (ny. egy.doc., MATE) a savanyúfüvek és egyes kétszikű fajok meghatározásában nyújtott segítségével.

IRODALOM:

- Balázs F. (1949): A gyepek termésbecslése növényzozológiai felvételek alapján (Agrártudomány. Budapest, pp: 109-118.)
- Borhidi A. (2003): Magyarország növénytakarásai (Akadémiai Kiadó, Budapest, 610 p.)
- Bölöni J., Molnár Zs., Kun A. (szerk.) (2011): Magyarország élőhelyei. A hazai vegetációtípusok leírása és határozója. ÁNÉR 2011. (MTA ÖBKI, Vácrátót, 441 p.)
- Gibson, D.J., Newman, J.A. (2019): Grasslands and climate change: an overview. In: Gibson, D.J., Newman, J.A. (szerk.): Grasslands and climate change (Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 3-18.)
- Halász A., Menyhárt L., Bajnok M., Tasi J., Lepossa A. (2022): Első hazai tapasztalatok tárcsás gyeptermező-becslő eszközzel. In: Bényi E., Bodnár Á., Pajor F., Póti P. (szerk.): VIII. Gödöllői Állattenyésztési Tudományos Nap: Előadások és poszterek összefoglaló kötete (Gödöllő, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, pp. 35-36.)
- Haraszi E. (1965): Savanyúfüvek (Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 439 p.)
- Király G. (2009): Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok (Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 616 p.)
- Kovács A., Csízi I. (2004): Pratólógia. A rétek ökológiai és cönológiai alapjai (Karcag. 207 p.)
- Murphy D.J., O' Brien B., Hennessy D., Murphy M. D. (2020): Evaluation of the precision of the rising plate meter for measuring compressed sward height on heterogeneous grassland swards (Precision Agriculture, pp. 1-25.)
- Nagy G., Pető K. (2001): A lábon álló gyepek termésének mérése, Állattenyésztés és Takarmányozás. 50. évf. 2. sz., pp. 139-154.
- Nagy G., Tasi J. (2017): A legelők és a legeltetés szerepe a húsmarhatartásban, Állattenyésztés és Takarmányozás. 66. évf. 4. sz., pp. 347-367.
- Orosz Sz. (2021): A rost tudománya a gyakorlat szolgálatában. Takarmányozás. 2021 szeptember, pp. 20-25. (2023.12.12.)
<http://static.atkft.hu/Cikkek/Takarmany/Rost2109.pdf>
- Simon T., Seregélyes T. (1998): Növényismeret (Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest, 276 p.)
- Szabó F., Nagy G., Gulyás L., Tempfli K. (2020): A gyephozam és annak várható módosulása a klímaváltozás tükrében, Állattenyésztés és Takarmányozás. 69. évf. 1. sz., pp. 9-16.
- Szemán L. (2006): Gyepgazdálkodási alapismeretek (egyetemi jegyzet), Szent István Egyetem, MKK MKK Környezetmérnöki szak, Gödöllő, 78 p.
- Tasi J. (2019): Gyepgazdálkodás (SZIE egyetemi jegyzet a Mezőgazdasági mérnök BSc szak hallgatói részére), Szent István Egyetem, Gödöllő, 121 p.
- Tasi J.: Magyarországi gyepterületek hozam- és állattartóképeség-becslése. Szakértői jelentés (2021). In: Rezneki R. (szerk.): A termesztett növények és a tenyésztett állatok és termékeik, mint ökoszisztéma-szolgáltatás értékelése – az ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeléséig az élelmiszertermelés szakértői munkacsoport tanulmánya, 93 p.

³¹ https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0277_HU.html (2023.12.12.)

- Vinczeffly I. (1974): Szálastakarmányok termésbecslése. In: Simon, B. (szerk.): A termésbecslés módszerei, (Mg. Kiadó, Budapest, pp. 264-267.)
- Vinczeffly I. (szerk.) (1993): Legelő- és gyepgazdálkodás (Mezőgazda Kiadó, Budapest, 400 p.)
- Viszló L. (szerk.) (2023): A természetkímélő gyepgazdálkodás II. Hagyományörző szemlélet, „négy lábú „munkatársak” (Pro Vértes, Csákvár. 309 p.)

FORRÁSOK:

- KLÍMA- ÉS TERMÉSZETVÉDELEM LEGELTETÉSES ÁLLATTARTÁSSAL ÉS OKSZERŰ GYEPHASZNÁLATTAL
<https://www.allattenyesztok.hu/gyepgazdalkodasi-hir/klima-es-termeszetvedelem-legelteteses-allattartassal-es-okszeru> (2023.12.12.)
- AZ ORSZÁGOS GYEPÁLLAPOT- FELMÉRÉS ELŐZETES EREDMÉNYEI
<https://www.allattenyesztok.hu/gyepgazdalkodasi-hir/az-orszagos-gyepallapot-felmeres-elozetes-eredmenyei> (2023.12.12.)
- Á-NÉR 2011 - Á-NÉR KÖNYV ONLINE (élőhelyek, térképek és leírások)
<https://novenyeterkep.hu/eiu2011> (2023.12.16.)
- Szöcske - Fű mérő és kezelő rendszer
<https://moregrass.ie/product/grasshopper/> (2023.12.12.)
- A KASZÁLÁSI KORLÁTOZÁSOK FELOLDÁSÁT KÉRI HAZÁNK AZ EURÓPAI BIZOTTSÁGTÓL
<https://www.allattenyesztok.hu/gyepgazdalkodasi-hir/a-kaszalasi-korlatozasok-feloldasat-keri-hazank-az-europai-bizottsagtol> (2023.12.12.)
- Az Európai Parlament 2023. július 12-én elfogadott módosításai a természet helyreállításáról szóló európai parlamenti és tanácsi rendeletre irányuló javaslatához (COM(2022)0304 – C9-0208/2022 – 2022/0195(COD))
https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0277_HU.html (2023.12.12.)

NAGY BENDEGÚZ FERENC

(Keszthelyi Vajda János Gimnázium)

FEKETE FENYŐ – A KESZTHELYI-HEGYSÉG HÍRMONDÓJA

TÁBLÁZAT, FÉNYKÉP, ÁBRA:

1. táblázat: a szerző által készített összeállítás

1. fénykép: Murphy D.J., O' Brien B., Hennessy D., Murphy M. D. (2020): Evaluation of the precision of the rising plate meter for measuring compressed sward height on heterogeneous grassland swards (Precision Agriculture, pp. 1-25.)

2. fénykép: MePar térkép alapján szerkesztett kép
<https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/#/> (2023.12.12.)

3. fénykép: részlet az előadásból, Nagy B., 2021.

4. fénykép: a szerző saját felvételei

5. fénykép: a szerző saját felvételei

1. ábra: részlet az előadásból a szerző által készített kimutatás

2. ábra: részlet az előadásból a szerző által készített kimutatás

3. ábra: részlet az előadásból a szerző által készített kimutatás

ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás áttételesen hat az erdőkre, részben az erdőkre befolyással bíró környezeti tényezők (csapadékmennyiség, talajösszetétel, levegő páratartalom), részben az erdő biotikus összetevőinek (növény és állatfajok, mikroszervezetek) megváltoztatásával. Közvetlen probléma a nyári csapadékhiány, amikor a fáknek épp a legtöbb vízre lenne szüksége, de a klíma megváltozásának közvetett hatásaként új kártevő fajok is megjelennek. Az egyre gyakoribbá váló aszály végzetes lehet több fafaj számára. E folyamatok a szárazságtűréséről ismert feketefenyő fajt sem kímélték. A Keszthelyi-hegység kopár dolomitszikláira több mint 100 éve betelepített, jó klímaadaptációval és aszálytűréssel rendelkező feketefenyőnek mára csak kis állományai maradtak fenn. Ma már tudjuk, hogy a 2012-2014. évek között bekövetkezett jelentős feketefenyő pusztulás háttérében összetett folyamatok álltak. Az előadás megemlíti a kárláncolat elemeit, ismerteti a problémát okozó endofita gombafajokat, továbbá egy vizsgált erdőrészleten keresztül taglalja a várható, fajösszetételt érintő változásokat, és a feketefenyő jövőbeni szerepét.

1. BEVEZETÉS

A klímaváltozásnak nemcsak a globális átlaghőmérséklet emelkedés a lényege, hanem az, hogy a Föld egyes térségeiben hogyan alakul a legfontosabb meteorológiai elemek, a hőmérséklet és a csapadék mennyisége, és milyen lesz a természet növények alkalmazkodóképessége a klimatikus változásokhoz. A legújabb adatok szerint a klímaváltozás következtében megnövekedett „aszály-index”¹ a 2050-et követő évektől az erdészeti klímazónák megváltozását prognosztizálja: a tölgyesek és a bükkösök visszaszorulnak, az erdős sztyeppterületek pedig növekedni fognak. BOROVIKS és munkatársai² szerint – figyelembe véve a legvalószínűsíthetőbb klíma forgatókönyvet, mely 2035-2065 közötti időszak átlagára 1,7 °C-os hőmérsékletemelkedést és 8%-os nyári csapadékcsökkenést prognosztizál, az 1961-1990 évekre jellemző bükkös klímakategória-terület több, mint 90%-a tűnik majd el, a gyertyános-tölgyes klímával jellemezhető területarány pedig jelentős mértékben csökken, míg az erdőssztyepp területek várhatóan megkétszereződnek (**1. ábra, 84. oldal**). A klímazónák átrendeződése nem csupán a főbb állományalkotó fafajok jövőbeni térfoglalását, de növekedési viszonyaik kedvezőtlen megváltozását is eredményezi.³

1.1. Erdei ökoszisztéma

A természet egyik legösszetettebb ökoszisztémája az erdő, melyben a fás- és lágyszárú növények sokasága, a termőtalaj ásványi anyagaival és víztartalmával, a talajban élő parányi élőlények milliárdjai, a gombák, rovarok, puhatestűek, madarak és egyéb vadon élő állatok, valamint az erdő levegője az életközösség egy-egy elemeként ezernyi szállal kapcsolódnak egymáshoz a rendszer bonyolult szövedékét alkotva.⁴

Ezt az ökoszisztémát azonban sokáig végtelenül nagy, kiaknázható forrásnak tekintettük. A fa sokrétű felhasználása miatt sikeres fajunk növekvő népessége óriási étvággal élte fel az erdőket, átalakítva – sokszor véglegesen – a természeti környezetet. Feltételezések szerint a Földközi-tenger térségében tapasztalt mértéktelen erdőirtás is egyik oka lehetett a Római Birodalom bukásának. Az erdőterületek - Európán kívül, globális szinten nézve - jelenleg is végbemenő folyamatos csökkenése

¹ Faragó T., Kozma, E., Nemes, Cs. (1988): *Quantifying droughts*. In: Antal, E. – Glantz, M.H. (eds): *Identifying and Coping with Extreme Meteorological Events*. (Publ. Hung. Meteorological Service, Budapest.)

² Borovics A., Illés G., Führer E., Czímber K., Mátyás Cs. (2015): *Alkalmazkodó erdők, alkalmazkodó erdőgazdálkodás*. *Agrofórum*, 1:28-31.

³ Horváth J. (2017): *Biofilia: Gondolatok a fenntarthatóságról és a fennmaradásról*. (Agroinform Kiadó, Budapest, 334 p.)

⁴ Pápai G. (szerk.) (2013): *Erdőgazdálkodás. Kézikönyv erdőtulajdonosoknak*. (Mezőgazda Kiadó, Budapest. 359 p.)

miatt a fásítás és erdőtelepítés csupán szimbolikus jelentőségű, ráadásul az ültetett erdőkben a fák összetétele, a lágyszárúak fajai és az állatok diverzitása teljesen más a természetes erdőkkel összehasonlítva. A talaj mikrobiológiai összetétele, a magbank, a gerinctelen közösség, az ökoszisztéma története és a klimatikus okok mind olyan tényezők, amelyek alapján a természet okosabban el tudja dönteni, hogyan kell fásítani, ha az ember békén hagyja és elegendő időt hagy ennek a természetes rendszernek az újjá szerveződésére. Litvániában a klímaváltozás hatására megváltozott fafaj-összetételre válaszul ún. asszisztált menedzsment segítségével növelik az erdő biodiverzitását, figyelembe véve a helyi sajátosságokat. A cél az, hogy a természet is jól járjon, de a folyamatok okos terelgetésével az ember is. Az asszisztált migráció során például olyan fafajok elterjedését segítik, amelyek várhatóan a klímaváltozás miatt amúgy is sikeresek lesznek egy adott területen.⁵

1.2. Az erdőt meghatározó termőhelyi tényezők

Azt, hogy milyen erdőt telepítsünk és milyen fafajokat válasszunk hozzá, nagyrészt a **termőhely** határozza meg. Termőhely az, ahol az erdő él és növekszik, az erdőgazdálkodás alapja, minthogy alapvetően meghatározza az erdő összetételét, növekedését és hozamát. A termőhely azonban nem egységes, azt a termőhelyi tényezők (klíma, talaj, hidrológiai viszonyok) együttesen alakítják.⁶

1.2.1. Klíma

Hazánk éghajlatát több tényező befolyásolja:

- földrajzi szélesség (Magyarország a 45°45' és 48°35' északi szélesség között terül el),
- tengerszint feletti magasság (az ország területének mintegy 68%-a t.sz.f. 70-150 m-es magasságban fekszik, vagyis síkság, közel 30% dombvidék t.sz.f. 150-400 m, és csupán alig több, mint 2% található hegyvidéken, 400 m felett),
- felszín anyaga és változatossága,
- jellemző légmozgások.

Míndezen alapján a Kárpát-medence a mérsékelt éghajlatú zónába esik. Az évi középhőmérséklet 10-11°C. Az évi csapadékmennyiség átlagosan 480 és 900 mm közötti. Legtöbb a Bakonyban, Zalában és az Őrségben, a legkevesebb a Duna-Tisza közén és a Tisza-Körös szögben. A júliusi 14 órai átlagos páratartalom 44-55% között van.⁷

A természetes növénytakaró az éghajlati tényezők legkisebb változását is jelzi, de az erdő maga is alakítja a termőhely klímáját, elsősorban a vízháztartás javításával. Az erdőgazdálkodás szempontjából a természetes növénytakaró vagy az erdei faállományok fő fafajai alapján hazánk klímája négy nagy részre osztható:

- erdős sztyepp klíma a legszárazabb, leginkább a Nagyalföld déli és középső részén jellemző. E vidék természetes növénytakarója – bár sok erdős terület is jellemezte – valószínűleg nem az összefüggő erdő volt.
- cseres-kocsánytalan tölgyes klíma a Kisalföldön, a Nagyalföld északi foltjain, valamint hegy-és dombvidékeink déli fekvésű, alacsonyabb oldalain fordul elő. Itt a természetes növényzet a száraz viszonyokhoz alkalmazkodó cseres, tölgyes erdő volt.
- gyertyános-tölgyes klímában a dombokon-hegyeken felfelé haladva, valamint a keleti és nyugati kitettségű oldalakon megjelenik a gyertyán fafaj. A gyertyán csak a nedves, párás helyeken él meg, ezért nagyon élesen jelzi ennek a klímának a határát.

⁵ Jordán F. (2023): *Az ember vége, a természet esélye. Helyünk a földi ökoszisztémában*. (Open Books, Alföldi Nyomda Zrt., 281 p.)

⁶ Horváth I. (2013): *Összeomlás vagy felgyógyulás? A tájarculat változása a Keszthelyi hegységben a feketefenyő pusztulás után*. *Előadás a Kutatók Éjszakája c. rendezvényen, Keszthely, 2013.*

⁷ Pápai G. (szerk.) (2013): *Erdőgazdálkodás. Kézikönyv erdőtulajdonosoknak*. (Mezőgazda Kiadó, Budapest. 359 p.)

- bükkös klíma magasabb hegyeinkben és az északi lejtőkön. A vidék hajdani természetes növény-takaróját adó fajok a déli kitérű oldalakon általában csak a 650 m tengerszint feletti magasságban jelennek meg, északi kitérűben viszont a hegyek lábáig, a völgyek aljáig is lehúzódnak.⁸

1.2.2. Talaj

A termőhelyet jellemző másik fontos tényező, annak lényeges fizikai-kémiai tulajdonságaival (mélysége, fizikai összetétele, szerkezete, humusztartalma, kémhatása, tápanyag-ellátottsága) és sajátos biológiájával (talaj élővilága, az edafon). Hazánk erdőtalajainak biológiai vizsgálataival Fehér Dániel szerzett nemzetközi elismertséget, élete főműve a „Talajbiológia”⁹, melyhez fogható azóta sem jelent meg a világirodalomban.¹⁰

1.2.3. Vízháztartás

Termőhelyi tényezőként a hidrológiai viszonyokat tartjuk számon, ez a talajba jutó víz mennyiségét mutatja meg. Lényeges a vízgazdálkodási fok meghatározása is, mely a víznyelő és víztartóképeséget mutatja meg.¹¹ Minthogy klímánkon a csapadék nagy része az erdők vegetációs időszakán kívül hullik, sok függ attól, mennyire tudják a talajok a vizet megtartani és a száraz periódusra elraktározni. E tekintetben a bő humusztartalmú, morzsás szerkezetű, laza, mély termőrétegű vályogtalajok a legkedvezőbbek. Az erdei alomtakaró elősegíti a víz talajba szivárgását. A felszíni vizek mellett azonban a talajvíz is nagy jelentőségű. Szintje az évszakokkal nagy ingadozást mutat, és kedvezőtlen, hogy a száraz, nyári és őszi hónapokban a legalacsonyabb.¹²

1.3. Hazánk fontosabb erdőgazdálkodási adatai

Az I. világháborút követően Magyarország Európa erdőben negyedik legszegényebb országává vált, melynek erdőszülsége nem érte el a 12%-ot sem. Csak a II. világháborút követő nagyarányú erdőtelepítések eredményeként sikerült az ezredfordulóig 19,2%-ra emelni az erdőszülségi arányt. A Központi Statisztikai Hivatal aktuális adatai szerint¹³ hazánkban 2 072 186 ha erdőgazdálkodási célú terület van, így az erdőszülség mértéke napjainkban már 22%, de még így is jelentősen elmarad az EU átlagától (38%).¹⁴ Az erdőszülség növelésének a fentiekben vázoltak szerint azonban termőhelyi és egyéb korlátai is vannak.

A Kárpát-medence legnagyobb része a lombhullató erdők övében fekszik, Magyarország pedig ennek a medencének a legmélyebb részén terül el. Erdeink faállomány-összetétele meglehetősen változatos, átlagosan 5–15 fajtából tevődik össze. Az erdőterület 57%-át őshonos, 43%-át meghonosított (akác, vörös tölgy, fenyőfélék), illetve klónozott fajok (nemesített nyár) foglalják el. A különböző fenyőfélék (erdei, fekete, egyéb) az erdőterület 12%-án találhatók, a fekete fenyő a 12 millió m³-t meghaladó élőfakészletével 3%-át adja a hazai erdők élőfakészletének.¹⁵

1.4. A fekete fenyő (*Pinus nigra*) jellemzése

Nálunk nem őshonos, nagytermetű, 15-25 méteres magasságot elérő, örvös ágrendszerű faj (1. fénykép, 84. oldal). Törzse hengeres, villásodásra hajlamos, koronája széles, az erdei fenyőhöz képest tömöttebb, idősebb korban ellaposodik. Kérgé alapján is megkülönböztethető az erdei fenyőtől, melynél a törzs felső részében rozsdavörös, itt viszont a törzs felső részében is sötétszürke, hosszanti irányban repedezett. Hajtása vastag, sárgásbarna színű, tűi 8-15 cm hosszúak, egyenesek, sötétzöldek, csúcsuk szúrós és kettessel állnak. Töboza 6-8 cm hosszú, tojásdad alakú, okkersárga színű, elfásodó. Kinyílván megáll a talpán. Magja 5-7 mm hosszú, tojásdad, tarka. Májusban virágzik, és magját csak a következő év októberében érleli, az üres tobozok tavasszal hullanak le. Mérsékelt növekedési erélyű, kevésbé hosszú életű faj. Inkább a meszes, laza, száraz talajokat kedveli, mérsékelten fényigényes. Fája gyantás, görcsös, durva szövetű, kevésbé hasznosítható.^{16, 17}

1.5. A fekete fenyő hazai előfordulása

A hazánkban előforduló fontosabb fenyves erdőtülsőségek a Pannóniai erdeifenyvesek, Lucosok és acidofil tülevelű erdők, Elegyes lucosok és a Jegenyefenyves-lucosok. A mediterrán és kontinentális éghajlatú hegyvidékeken elterjedt fekete fenyőt meszes homoktalajainkra és a középhegységek mészkő-dolomit kopárjaira telepítették. A Keszthelyi-hegység az erőteljes szubmediterrán hatást tükröző ún. Balaton-vidék flórajárásba (Balatonicum) tartozik.¹⁸ A fekete fenyő már több mint 100 éve él ezen a területen, melyet a faigény miatt mintegy ezer éven keresztül, egészen a XVIII. századig erdőirtással és legeltetéssel hasznosítottak, a hegy termőtalaját lényegében megsemmisítve úgy, hogy abból a természetes erdőtülsőség megújulni már nem volt képes. A keszthelyi szigetfürdő megépítését (1863) követően beinduló turizmus és a térségben tapasztalható egyre gyakoribb nyári porviharok miatt a hegység lepusztult kopárjainak újraerdősítése fontos kérdéssé vált. A fekete fenyő volt az egyetlen tervezhető faj, mely nagy hőigényével, valamint csekély légnedvesség- és tápanyagigényével képes volt a kopár dolomitsziklákon életben maradni. Telepítése magvetéssel és csemeteültetéssel az 1860-as évekre nyúlik vissza, a földet szekérrel vitték fel, a fenyőket kézzel ültették. Az utolsó fenyvesítések 100 évvel később, az 1960-as években zajlottak, melynek során védett természeti értékek számító dolomit sziklagyepeket is bevetettek. A fenyvesítés célja nyersanyagelőállítás volt a faipar számára, melynek egyik kedvelt alapanyaga a többi fenyőfajunkhoz képest kevésbé értékes faanyagot adó fekete fenyő. A fenyvesítés azonban számos nehezen kezelhető ökológiai és természetvédelmi problémát is felvetett. A fekete fenyvesek a természetes előfordulási területein ligetes, lombhullató fajokkal elegyes állományokban fordulnak elő, de hazánkban, így a Keszthelyi-hegységben is jól záródott, monodomináns, fényszegény állományokat alkotva az eredeti dolomitvegetáció elszegényedését okozták, mely megelőzhető vagy mérsékelhető lett volna, ha a telepített fenyőállományokat lombos fajokkal elegyes állományokban alakítják ki.¹⁹

1.6. Jellemző kártételek fenyőállományokban

Hazánkban az erdővédelem területén az egyik legrégebbi rendszer az 1961 óta meglévő Erdővédelmi Figyelő-Jelzőszolgálati Rendszer, melynek adataira támaszkodva a Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet (ERTI) Erdővédelmi Osztálya 1962 óta készít évente Erdővédelmi Prognózist.

⁸ Pápai G. (szerk.) (2013): Erdőgazdálkodás. Kézikönyv erdőtulajdonosoknak. (Mezőgazda Kiadó, Budapest. 359 p.)

⁹ Fehér D. (1954): Talajbiológia. (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1263 p.)

¹⁰ Csapody I., Bartha D. (2000): Fehér Dániel (1890-1955) élete és munkássága. Erdésznapjaink Arcképcsarnoka 14. (Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Sopron, 29p.)

¹¹ Horváth I. (2013): Összeomlás vagy felgyógyulás? A tájarculat változása a Keszthelyi hegységben a fekete fenyő pusztulása után. Előadás a Kutatók Éjszakája c. rendezvényen, Keszthely, 2013.

¹² Jordán F. (2023): Az ember vége, a természet esélye. Helyünk a földi ökoszisztémában. (Open Books, Alföldi Nyomda Zrt., 281 p.)

¹³ Az erdőgazdálkodási célú erdők élőfakészletének megoszlása fajcsoportok és korosztályok szerint, december 31. [ezer m³] A 2009. évi XXXVII. törvény szerint erdőnek minősülő területekből az erdőtervezés alá vont területekre vonatkozó adatok.

https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0005.html (2023.11.30.)

¹⁴ Az EU erdőszülsége https://fataj.hu/archiv/2021/03/269e/202103269_EU_erdosultseg.php (2023.11.30.)

¹⁵ Erdők Magyarországon <https://www.ksh.hu/docs/hun/xfpt/gyor/jel/jel31004.pdf> (2023.11.30.)

¹⁶ Király G. (2009): Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok. (Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 616 p.)

¹⁷ Pápai G. (szerk.) (2013): Erdőgazdálkodás. Kézikönyv erdőtulajdonosoknak. (Mezőgazda Kiadó, Budapest. 359 p.)

¹⁸ Borhidi A. (2003): Magyarország növénytülsőségei (Akadémiai Kiadó, Budapest, 610 p.)

¹⁹ Tamás J. (2007): A fekete fenyvesek telepítése Magyarországon, különös tekintettel a dolomitkopárokra. In: Csontos P. (szerk.) (2007): Fekete fenyveseink kutatása. MTA-ELTE Elméleti Biológiai és Ökológiai Kutatócsoport, Budapest. pp. 5-13.

1.6.1. Abiotikus károk

Az Erdővédelmi Figyelő-jelzőszolgálati Rendszer 2021. évi jelentéséből kitűnik, hogy az 1962-2021. időszakot nézve 1990-től kezdődően jelentősen megnőtt az abiotikus károk mértéke hazánk erdeiben, mintegy megkétszerezve a kárral érintett területeket. A kárjelentések szerint a 2021. évi erdőgazdasági károk 79%-a biotikus (86 114 ha) és 21%-a abiotikus (23 308 ha) eredetű volt. Utóbbi kategóriába sorolható, hazánkban jellemző károk az aszálykár, avartűz, belvíz, árvíz, fagykár, homokverés, hótörés, koronatűz, nyári- és téli jégkár, zúzmarakár, széltörés, széldöntés.²⁰

1.6.2. Biotikus kártételek

A 2021. évi kárjelentések szerint az országos erdőállományokat érintő biotikus károsítások közül a rovarok okozta kár a legnagyobb mértékű (81%), a kórokozók által okozott fertőzés 1%-ban fordult elő, a gerincesek által okozott károk mértéke pedig 12% volt.²¹ A feketefenyőt egy sor kórokozó, kártevő betegítheti meg. Jellemző betegsége pl. a vörössávós tűvés, amelyet egy gomba, a *Dothistroma septospora* okoz, de emellett számos más betegség is károsíthatja az állományokat, akár olyan mértékben is, amely akár az újraterelítést is lehetetlenné teszi.²²

Fontosabb, fenyőket érintő gombabetegségek

- erdeifenyő túlhalás – kórokozója: *Sclerophoma pithyophila*. Esetenként feketefenyőn is előfordul, hajtásvégeken nyáron az egyéves tűleveleket fertőzi.
- feketefenyő hajtáspusztulás – kórokozója: *Sphaeropsis sapinea*. 20–30 évnél idősebb állományokban hajtás- és túlhalást okoz. Májustól júliusig fertőz. Ágak végén, az új hajtásokban figyelhetők meg a tünetek, a rövidebb vöröses tűk és pamacsos hajtásvégek.
- vörössávós tűlevél elhalás – kórokozója: *Dothistroma septospora*. Májustól-júliusig fertőzi a fiatal és idősebb állományokat, az 1-3 éves belső tűleveleken vörösesbarna foltok jelennek meg késő ősszel, és az elhalt tűkön jellegzetes, vörös, 2-3 mm széles harántsávok figyelhetők meg.^{23,24}

Fenyők fontosabb ízeltlábú kártevői

Kártételük a rügyek, tűk, kéreg és a gyökfő rágása jelentős növedékbeli veszteséget, a fa legyengülését vagy akár teljes pusztulását okozva. Említhető fajok a fenyőilonca, fenyőrontó darázs, fésűs fenyődarázs, fenyő-takácsatka és a szűfélék. Utóbbiak a törzs vastag kérgű részében károsítanak. Kártételük szárazabb években fokozódik, minthogy csökken a fák védekezésre használt gyantatermelése. Gyakori és veszélyes kártevők, a legveszélyesebbek a hatfogú szú és a nagy fenyőhancsszú.²⁵

A hazai feketefenyves és erdeifenyves állományokban korábban is jelentkeztek tömeges elhalások, 1946-1948, 1960-as évek elején, majd az 1990-es évek első felétől az ezredfordulót követő évekig. A vizsgálatok megállapították, hogy utóbbi esetben nagy szerepet játszottak a *Cenangium ferruginosum*,

Sphaeropsis sapinea, *Diplodia pinea* és más hajtáselhalást okozó gombák. A *Cenangium ferruginosum* a tömlősgombák csoportjába tartozó úgynevezett gyengültségi parazita, rendszerint tünetmentesen él a gazdanövényben, de stressztényezők hatására, mint például aszály, szélsőséges hideg, szokatlanul meleg tél vagy mechanikai sebzés, az endofita gomba patogénné válik a legyengült egyedekben, és a szállítórendszerben terjedve szöveti elhalást idéz elő nem csak a vékonyabb, hanem a vastagabb ágakon is. Később a már elhalt szövetekből a kéreg felületén megjelennek a kórokozó jellegzetes, 1-2 mm nagyságú fekete termőképletei, melyekből csapadék hatására kiszabadulnak a gomba spórái.^{26,27}

1.7. Feketefenyő-pusztulás a Keszthelyi-hegységben

A feketefenyvesek a Keszthelyi-hegység dolomit tömbjének faállományából az évezred első évtizedének végére a csereseket követően a második legnagyobb előfordulási aránnyal (21,2%) szerepeltek. A 2012-14. évek között azonban hatalmas volumenű, 4000 hektárra kiterjedő feketefenyő pusztulás következett be, és ennek során mintegy százezer m³ fenyő került letermelésre. A pusztulás legsúlyosabban az idős állományokat érintette, de a fiatalabb és középkorú állományokban is jelentős mértékű volt. A folyamat klasszikus kárláncolatként értelmezhető (**2. ábra, 85. oldal**), melyben a megelőző, csapadékszegény évek, légköri aszály, illetve a gyenge termőhelyi tényezők (sekély, köves váztalaj) vezettek a faegyedek legyengüléséhez, és ez utat engedett különböző kórokozók, elsősorban endofita gombakártevők és a szübogarak kártételének.²⁸

2. MEGFIGYELÉSEIM A FEKETE FENYŐ-LETERMELÉST KÖVETŐ HETEDIK ÉVBEN

2.1. Erdőtársulások vizsgálata

Egy-egy erdőrészletről leggyorsabban az erdőrészlet leíró lap segítségével tájékozódhatunk. Ez tartalmazza a terület kiterjedését, utolsó használati évét, használati módját, természetességét, üzemmódját, a termőhelytípus-változatot, illetve állományleírást (szintek, fajok, elegyarány, átlagéletkor, záródás), és felsorolja a területen megtalálható egyéb fajokot is.

A növénytársulások vizsgálatára jellemzően Braun-Blanquet kombinált becslési módszerét alkalmazzák, melynek három szakasza: mintanégyzet kiválasztása, minőségi vizsgálat (előforduló fajok listája) és a feljegyzett fajok mennyiségi előfordulásának becslése.²⁹

2.2. A vizsgált erdőrészlet ismertetése, botanikai leírása

A vizsgált terület a Keszthelyi-hegység déli kitérű szubmediterrán régiójában található, 10,28 hektáros, nyugati lejtésű, Keszthely (9412) 57A (10) jelzésű erdőrészlete volt, 250-350 m tengerszint feletti magassággal, 15-20° (18-36%) lejtéssel. A jellemző évi középhőmérséklet >10 °C. Az erdőrészletben fellelhetők a több mint 1000 évvel ezelőtti természetes társulások: cseres tölgyes, molyhos tölgyes virágos kőrises, bokorerdők, sziklagyepek, köves kopárok (**2. fénykép, 85. oldal**). A jellemző faállománytípus tölgyes-kőrises. A terület védettségi foka szerint védett természeti terület, a Natura 2000 hálózat része. 2014-ben az erdőrészlet feketefenyő állományának 95%-át érintő egészségügyi letermelés történt, és ekkor már jelen volt a területen a természetes lombhullató fajokból álló újulat.

²⁰ Hirka A. (szerk.) (2021): A 2021. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2022-ben várható károsítások. SOE Erdészeti Tudományos Intézet, NFK Erdészeti Főosztály. 208 p.

²¹ Hirka A. (szerk.) (2021): A 2021. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2022-ben várható károsítások. SOE Erdészeti Tudományos Intézet, NFK Erdészeti Főosztály. 208p.

²² Enescu, C.M., de Rigo, D., Caudullo, G., Mauri, A., Houston Durrant, T. (2016): *Pinus nigra* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San Miguel Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds): *European Atlas of Forest Tree Species*.

²³ Hirka A. (szerk.) (2021): A 2021. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2022-ben várható károsítások. SOE Erdészeti Tudományos Intézet, NFK Erdészeti Főosztály. 208 p.

²⁴ Kertészet/Tűnethatározó/Feketefenyő <https://hu.wikibooks.org/wiki/Kert%C3%A9szet/T%C3%BCnethat%C3%A1roz%C3%B3/Feketefeny%C5%91> (2023.11.30.)

²⁵ Kertészet/Tűnethatározó/Feketefenyő <https://hu.wikibooks.org/wiki/Kert%C3%A9szet/T%C3%BCnethat%C3%A1roz%C3%B3/Feketefeny%C5%91> (2023.11.30.)

²⁶ Koltay A. (2013): Szakértői vélemény a Bakonyerdő Zrt. Keszthelyi Erdészetének területén bekövetkezett 2012. évi tömeges fenyőpusztulásáról. Erdészeti Tudományos Intézet, 11 p.

²⁷ Ryu, M., Mishra, R.C., Jeon, J., Lee, S.K., Bae, H. (2018): Drought-induced susceptibility for *Cenangium ferruginosum* leads to progression of *Cenangium*-dieback disease in *Pinus koraiensis*. (Sci Rep 8, 16368.)

²⁸ Horváth I. (2013): Összeomlás vagy felfrissülés? A tájarculat változása a Keszthelyi hegységben a feketefenyő pusztulás után. Előadás a Kutatók Éjszakája c. rendezvényen, Keszthely, 2013.

²⁹ Horváth I. (2013): Összeomlás vagy felfrissülés? A tájarculat változása a Keszthelyi hegységben a feketefenyő pusztulás után. Előadás a Kutatók Éjszakája c. rendezvényen, Keszthely, 2013.

A terület legnagyobb problémát jelentő inváziós fajával, a bálványfák egy nagyobb csoportjával én is találkoztam (**3. fénykép, 85. oldal**). Csekély fűtőértékű puha, könnyű fáját a szaprobionta gombák gyorsan elbontják, ezért faipari célra alkalmatlan. Zöldes vagy vöröslő friss hajtásai azonban egy év alatt 3 métert is képesek növekedni, száraz homoktalajon szinte áthatolhatatlan sűrűségű, zárt állományt tud kialakítani.³⁰

A 2021. év tavaszán történt területlátogatásom során a Bakonyerdő Zrt. szakembereitől kaptam tájékoztatást a faállomány összetételére vonatkozóan (**3. ábra, 86. oldal**). Eszerint a bejárt erdőrészt két korcsoportban figyelhettem meg a fákat. Az állományban legnagyobb arányt az idősebb virágos kőris fafaj egyedei képviselték, és az 50 évesnél idősebb feketefenyők pedig 18%-os elegyarányal szerepeltek (**1. táblázat, 86. oldal**).

A 2021. szeptemberi újabb terepbejárás során megfigyeléseim alapján az erdőrészlet általam látogatott területén a faállomány mintegy 85%-át a virágos kőris tette ki, a molyhos tölgy előfordulása 5-10% körüli volt, és az elegy fafajok (fekete fenyő, lisztes- és barkóca berkenye) is hasonló, 5-10%-os aránnyal szerepeltek. A cserjeszintben madárbirs, közönséges boróka, gypűrózsa, cserszömörce, gyalogszeder és tövises iglice fajok egyedeit figyeltem meg. A gyepszintben ősszel talált fajok a közönséges méreggyilok, kereklevelű harangvirág, macskafarkú veronika, molyhos napvirág, szegfű fajok, barázdált csenkesz, siska nádtippán, őszi kikerics él. Az általam kedvelt, de riasztó nevű méreggyilokban minden növényi rész mérgező, legnagyobb mennyiségben a gyökér tartalmazza a vincetoxin és aszklepiadin nevű glikozidákat. Erdős, bokros legelőkön, réteken az egész országban gyakori (**4. fénykép, 87. oldal**). A legelő állatban, főként juhokban a kiválasztó szerveket és központi idegrendszert támadó mérgezés tünetei gyakran csak két hét eltelte után mutatkoznak meg, és a beteg állatok fokozatos leromlás után általában egy hónap múlva elhullanak. A növényt a középkorban méregölő Szent Lőrinc füveként a pestis-, de állítólag kígyómarás ellen is használták. Tudományos nemzetségeve, a Vincetoxicum is erre utal: „győzelem a méreg felett”. Sárgás-fehéres virágának különlegessége az, hogy a nektárt kereső rovar szipókájával egy szűk résbe jut, amelyből csak akkor tud szabadulni, ha a virágporcsomókat magával húzza.^{31, 32}

KENYERES és munkatársai³³ átfogó leírást adnak a Keszthelyi-hegység növényvilágáról. Eszerint az itt található lombdők javát cseres- és molyhos tölgyesek alkotják. Utóbbi faj a meleg, száraz lejtőkön és sekélyebb talajú, rendzinával borított platókon válik uralkodóvá, és a gyakran tömegesen előforduló virágos kőrisrel alkotott zárt állományait mézskedvelő tölgyesként ismerjük. Ezek a csere-seknél alacsonyabb növekedésű, fényben gazdag szálerdők, melyekben sokszor sűrű – melegkedvelő fajok sokaságából álló – cserjeszint és virággazdag gyepszint alakul ki.

2.3. Gyors vizsgálati módszer gombafertőzés kimutatására

Céлом annak a lehetőségnek a felmérése, igazolása volt, hogy szemmel láthatóan fertőzött növényi részekből (toboz, kéreg, levél, gally) UV-megvilágítással történő detektálási módszerrel kimutathatók-e a fekete fenyőket károsító endofita gombafajok (*Sphaeropsis sapinea*, *Cenangium ferruginosum*, *Dothistroma septospora*). Ehhez laboratóriumban sztereo mikroszkópot és 395 nm hullámhosszúságú UV-fényt használtam. A gombafertőzések UV-lámpás diagnosztizálása, az ún. Wood-teszt a humán

bőrgyógyászatban használt módszer.³⁴ Úgy véltem, ez a gyors, megbízható, terepen is elvégezhető diagnosztikai teszt nagyban segítené az erdészeti szakemberek számára a beteg, de szabad szemmel még nem azonosítható faegyedek felismerését. Azonban a vizsgálat során úgy láttam, hogy UV-megvilágítás mellett az egészségesnek, illetve fertőzöttnek tűnő növényi részek nem mutattak eltérő fluoreszcenciát (**5. fénykép, 87. oldal**), tehát az a következtetés valószínűsíthető, hogy a humán bőrgyógyászatban alkalmazott Wood-teszt nem adaptálható endofita gombák botanikai mintákból való kimutatására.

ÖSSZEGZÉS

Hazánk nagy részét az erdőssztyepp klíma jellemzi, amelyet a klímaváltozás hatására várhatóan a fátlan sztyepp klíma vált majd fel. A Keszthelyi-hegységben az 1860-as évekre nyúlik vissza és a jó szárazságtűréssel rendelkező feketefenyő telepítése a sziklás felszín stabilizálása érdekében. Az utóbbi évtizedben bekövetkezett tömeges pusztulásukhoz a szárazság miatti legyengülés, gombafertőzés és rovarkártétel kombinációja vezetett.³⁵ A feketefenyő monokultúrából adódó erdővédelmi problémákat az erdészek már korán felismerték. HÉDER 1954-ben jelezte, hogy sekély termőhelyen a 40-50 éves feketefenyő ellenállása, életerege hanyatlani kezd, majd ezekben az állományokban az erdőtüz vagy a tartós aszály viszonylag gyors fapusztulási folyamatot eredményezhet, aminek 2012-2014 között tanúi lehettünk. Az erdészeti cél jelenleg a letermelt területen az ezer évvel ezelőtti természetes állapot visszaállítása, minthogy a Keszthelyi-hegység kopár dolomittömbjére telepített feketefenyő állomány az eltelt mintegy száz év alatt 15-20 cm-es termőréteget hozott létre, ami újra lehetővé teszi őshonos lombos erdőállományok (cser, molyhos tölgy, virágos kőris) megújulását a területen. A klímaváltozás hatására várhatóan mozaikos, felnyíló, nem teljesen záródó erdő fog itt kialakulni, az uralkodó fajok a virágos kőris és a molyhos tölgy lesznek, de mellettük elegyfajként a cser is jelen lesz. A feketefenyő is megmarad, de már csak csekély borítással.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom szakmai útmutatásaiért és segítségéért Horváth Ivánnak, a Pro Silva Hungaria elnökének, és a Bakonyerdő Zrt. Keszthelyi Erdészeti munkatársainak, Meinczinger Gergőnek (erdőgondnok, Keszthely-Nyugat Erdőgondnokság) és Fliszár Jenőnek (kerületvezető erdész, Kőfejtő Erdészkerület).

³⁰ Mihály B. – Botta-Dukát, Z. (2004): *Özönnövények. Biológiai inváziók Magyarországon. (TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, 408p.)*

³¹ *Közönséges méreggyilok*
<https://www.sopronitema.hu/hirek/zold-sopron/kozonsages-meregyilok> (2023.11.30.)

³² Haraszti E. – Bokori J. (1959): *Mérgező és szennyező növények a takarmányban. (Mezőgazdasági Kiadó, 272 p.)*

³³ Kenyeres Z., Bauer N., Szabó I., Fehér Cs.E., Tóth Sz. (2006): *A dolomitkopártól a vadregényes bükkösig. In: Futó J. (szerk.) A Keszthelyi-hegység. A Balaton-felvidék természeti értékei VI. BNPI, Csopak. pp. 35-92.*

³⁴ Dinulos, J.G.H. (2021): *Light-related diseases and disorders of pigmentation. In: Dinulos J.G.H. (ed): Habif's Clinical Dermatology: A Color Guide to Diagnosis and Therapy. 7th ed. (Philadelphia, PA, Elsevier. Chap. 19.)*

³⁵ *Az éghajlatváltozás javában pusztítja a magyar erdőket, a fenyőktől és a bükkfától elbúcsúzhatunk* |G7 Gazdasági sztorik érthetően
<https://g7.hu/élet/20171107/a-klimavaltozas-javaban-pusztitja-a-magyar-erdoket-a-fenyoktol-es-a-bukkfától-elbucsuzhatunk/> (2023.11.30.)

IRODALOM:

- Borhidi A. (2003): Magyarország növénytakarásai (Akadémiai Kiadó, Budapest, 610 p.)
- Borovics A., Illés G., Führer E., Czímber K., Mátyás Cs. (2015): Alkalmazkodó erdők, alkalmazkodó erdőgazdálkodás. Agrofórum, 1:28-31.
- Csapody I., Bartha D. (2000): Fehér Dániel (1890-1955) élete és munkássága. Erdésznagyjaink Arcképcsarnoka 14. (Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Sopron, 29p.)
- Dinulos, J.G.H. (2021): Light-related diseases and disorders of pigmentation. In: Dinulos J.G.H. (ed): Habif's Clinical Dermatology: A Color Guide to Diagnosis and Therapy. 7th ed. (Philadelphia, PA, Elsevier. Chap. 19.)
- Enescu, C.M., de Rigo, D., Caudullo, G., Mauri, A., Houston Durrant, T. (2016): Pinus nigra in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San Miguel Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds): European Atlas of Forest Tree Species.
- Faragó T., Kozma, E., Nemes, Cs. (1988): Quantifying droughts. In: Antal, E. – Glantz, M.H. (eds): Identifying and Coping with Extreme Meteorological Events. (Publ. Hung. Meteorological Service, Budapest.)
- Fehér D. (1954): Talajbiológia. (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1263 p.)
- Haraszti E. – Bokori J. (1959): Mérgező és szennyező növények a takarmányban. (Mezőgazdasági Kiadó, 272 p.)
- Héder I. (1954). Dolomit és mészkőkopárokra telepített erdők hatásvizsgálata és a kiöregedő állományok felújítása. Erdészeti Kutatások, 1954 2. sz., 87-101.
- Hirka A. (szerk.) (2021): A 2021. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2022-ben várható károsítások. SOE Erdészeti Tudományos Intézet, NFK Erdészeti Főosztály. 208 p.
- Horváth Iván. (2013): Összeomlás vagy felgyógyulás? A tájarculat változása a Keszthelyi hegységben a feketefenyő pusztulás után. Előadás a Kutatók Éjszakája c. rendezvényen, Keszthely, 2013. Az előadás anyaga nem jelent meg nyomtatásban. Személyes közlés.
- Horváth J. (2017): Biofilia: Gondolatok a fenntarthatóságról és a fennmaradásról. (Agroinform Kiadó, Budapest, 334 p.)
- Jordán F. (2023): Az ember vége, a természet esélye. Helyünk a földi ökoszisztémában. (Open Books, Alföldi Nyomda Zrt., 281 p.)
- Kenyeres Z., Bauer N., Szabó I., Fehér Cs.E., Tóth Sz. (2006): A dolomitkopártól a vadregényes bükkösig. In: Futó J. (szerk.) A Keszthelyi-hegység. A Balaton-felvidék természeti értékei VI. BNPI, Csopak. pp. 35-92. Kiadványsorozat 6. része.
- Király G. (2009): Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok. (Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 616 p.)
- Koltay A. (2013): Szakértői vélemény a Bakonyerdő Zrt. Keszthelyi Erdészetének területén bekövetkezett 2012. évi tömeges fenyőpusztulásáról. Erdészeti Tudományos Intézet, 11 p. Az ERDÉSZETI TUDOMÁNYOS INTÉZET kiadványa, szakértői jelentés.
- Mihály B. – Botta-Dukát, Z. (2004): Özönnövények. Biológiai inváziók Magyarországon. (TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, 408p.)
- Pápai G. (szerk.) (2013): Erdőgazdálkodás. Kézikönyv erdőtulajdonosoknak. (Mezőgazda Kiadó, Budapest. 359 p.)
- Ryu, M., Mishra, R.C., Jeon, J., Lee, S.K, Bae, H. (2018): Drought-induced susceptibility for Cenangium ferruginosum leads to progression of Cenangium-dieback disease in Pinus koraiensis. (Sci Rep 8, 16368.)
- Spates, S.T. (2021): Diagnostic techniques. In: High W.A., Prok L.D. (eds.): Dermatology Secrets. 6th ed. (Philadelphia, PA: Elsevier. Chap 3.)
- Tamás J. (2007): A feketefenyvesek telepítése Magyarországon, különös tekintettel a dolomitkopárokra. In: Csontos P. (szerk.) (2007): Feketefenyveseink kutatása. MTA-ELTE Elméleti Biológiai és Ökológiai Kutatócsoport, Budapest. pp. 5-13.

INTERNETES FORRÁSOK:

- Az erdőgazdálkodási célú erdők élőfakészletének megoszlása fajcsoportok és korosztályok szerint, december 31. [ezer m³] A 2009. évi XXXVII. törvény szerint erdőnek minősülő területekből az erdőtervezés alá vont területekre vonatkozó adatok. https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0005.html (2023.11.30.)
- Az EU erdősültsége https://fataj.hu/archiv/2021/03/269e/202103269_EU_erdosultseg.php (2023.11.30.)
- Erdők Magyarországon <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/jel/jel31004.pdf> (2023.11.30.)
- Kertészet/Tünethatározó/Feketefenyő <https://hu.wikibooks.org/wiki/Kert%C3%A9szet/T%C3%BCnethat%C3%A1roz%C3%B3/Feketefeny%C5%91> (2023.11.30.)
- Közönséges méreggyilok <https://www.sopronitema.hu/hirek/zold-sopron/kozonseges-meregyilok> (2023.11.30.)
- Az éghajlatváltozás javában pusztítja a magyar erdőket, a fenyőktől és a bükkfától elbúcsúzatunk | G7 - Gazdasági sztorik érthetően <https://g7.hu/elet/20171107/a-klimavaltozas-javaban-pusztitja-a-magyar-erdoket-a-fenyoktol-es-a-bukkfatol-elbucsuzhatunk/> (2023.11.30.)

TÁBLÁZAT, FÉNYKÉP, KÉP:

1. ábra: A termőhelyi potenciál csökkenése, az erdészeti klímaosztályok átrendeződése <https://www.turistamagazin.hu/media/thumbs/fo/rr/as/forras-dr-fuhrer-erno-es-dr-galos-borbala-bd066fa5-5392531.jpg>

1. fénykép: Lepossa A. készítette, 2021

2. ábra: Részlet az előadásból, Nagy B. készítette, 2021

- 2. fénykép: Nagy B. készítette, 2021
- 3. fénykép: Lepossa A. készítette, 2021
- 1. táblázat: Nagy B. készítette, 2021
- 3. ábra: Szemlemásolat az Országos Erdőállomány Adattárból, 2021.05.16.
- 4. fénykép: Nagy B. készítette, 2021
- 5. fénykép: Nagy B. készítette, 2021

NOVÁK MÁRTON

*(Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium)**

A FENNTARTHATÓSÁG KÉRDŐJELEI

* Jelenleg a BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar járműmérnöki szak hallgatója.

A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS OKAI

A klímaváltozás a földtörténet során nem ismeretlen fogalom. Számos alkalommal voltak melegebb és hidegebb földtörténeti időszakok, főként természetföldrajzi, csillagászati okok miatt. Az utóbbi 10 ezer évben is ez a hullámzó átlaghőmérséklet-ingadozás figyelhető meg, és az 1850-es évektől (kiszég-korszak vége) melegedő szakaszban van Földünk klímája. A globális felmelegedés problémáját viszont az antropogén (ember általi) hatások serkentik. A klímaváltozás legfőbb okozói a légkörben előforduló üvegházhatású gázok koncentrációjának erőteljes növekedése. Ehhez elsősorban az emberi tevékenység járul hozzá **(1. diagram, 88. oldal)**. A károsanyag-kibocsátás az ipari forradalom kezdete óta folyamatosan, szinte exponenciálisan növekszik. A legkárosabb üvegházhatású gázok a szén-dioxid, a metán, a nitrogén-oxidok. Ezeken túl további káros kibocsátás is megjelent az ipari forradalom óta, mint például a főként dízelmotorokból származó koromkibocsátás. Az emberi hatás jelen mértékeivel nem akadályozható meg, a fő cél a bolygó átlaghőmérséklet-emelkedésének 1,5°C vagy 2°C alatt tartása. Fő kérdés, hogy tartható-e ez a cél.¹

A szén-dioxid kibocsátás fő okozói a fosszilis erőművek és finomítók, emellett a végeláthatatlan erdőirtások által kevesebb szén-dioxid tud lekötödni, további károsítók a cement-, gáz-, és acélgyárak, és a közlekedés. A légköri szén-dioxid-koncentráció 44%-kal növekedett az elmúlt 100 évben, 2018-ban meghaladta a 410 ppm-et. A földtörténet során a miocén és az eocén korszakok határán 500-600 ppm CO₂ koncentrációkutatások szerint valószínűleg jégmentes Antarktisz eredményezett. Az emberi tevékenység önmagában eddig 130-150 ppm CO₂-koncentráció-növekedést eredményezett **(2. diagram, 88. oldal)**. A szén-dioxid emisszió azonban a mai napig növekedő tendenciát mutat.²

A metán kibocsátás okozói az állattartás, elsősorban a szarvasmarhatenyésztés, emellett a bányászat, a rizstermesztés, a műtrágyázás, a biomasszaégetés. Ezen kívül a globális felmelegedés hatására egyre több permafroszt talaj olvad ki a sarkköri területeken. Az északi féltek mintegy 1 millió km²-ét érinti a probléma. Ezek a megfagyott talajok sok metánt rejtnek magukban, tehát a kiolvadás „ördögi kört” előidézve járul hozzá a károsanyagok növekedéséhez a légkörben. A légköri metán-koncentráció az elmúlt 100 évben 153%-kal növekedett.³

1950–2020 között a Föld népessége több mint 3-szorosára, kőolajfogyasztása 9,3-szeresére, szénfogyasztása 6-szorosára, kukoricatermesztése 8,5-szeresére, acéltermelése 10-szeresére nőtt.⁴

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAI, KÖVETKEZMÉNYEI

A légköri üvegházhatású gázok koncentráció-növekedésének eredményeképpen nem csak az átlaghőmérséklet növekszik **(3. diagram, 89. oldal)**, hanem számos más természeti elemre hatást gyakorol. Fontos megemlíteni a beföldi jégtakarók, a gleccserek és a hideg övezetben lévő óceánok állapotváltozását. A hőmérséklet emelkedésével a jeges területek olvadásnak indulnak, és a nyári olvadás során több jég olvad el, mint amennyi vissza tud fagyni télen. Ez az olvadás megemeli a világtengerek vízszintjét **(4. diagram, 89. oldal)**, számos fenyegető veszélyt előidézve. A veszélyek nem csak az emberiséget és az ember által létrehozott környezetet veszélyeztetik, hanem a vadvilágot, a jeges ökoszisztémákat is. A jég által borított területek egyes részein teljesen új biotopok váltják fel az eddigieket.

Három fő területet érint a felmelegedés általi olvadás. Grönlandot 2-3 km-es jégtakaró borítja, azonban jelentős része visszahúzódó félben van. Ez ugyan létrehoz az ember számára új élhető területeket, viszont amennyiben elolvadna a teljes jégkészlet, jelentős édesvízforrás keveredne az óceán vizeivel,

és akár 0,6-0,8 méterrel emelkedne a vízszint. Nem csak Grönland jegének olvadása jelent azonban problémát. A déli félteken az Antarktisz jege is rekord mértékben olvad, ötször olyan gyorsan, mint a korábbiakban. A Jeges-óceán vize nyaranta akár már 2030-ra hajózhatóvá válhat, ha jelen ütemben folytatódik a felmelegedés. A tengeri jégtakaró az elmúlt 30-40 évben 3 millió km²-rel csökkent.⁵

A kutatások adatai szerint évente 33 mm-rel növekedik a vízszint, 1880 óta 25 cm-t növekedett. Emellett a vízhőmérséklet is nőtt, 0,2°C-kal. A vízszint ezen ütemben történő növekedése esetén számos ország és terület kerülhet víz alá, milliók lakhelyét veszélyeztetve, vagy akár teljesen eltűntetve **(1. kép, 91. oldal)**. 2100-ra 52 szigetország 60 millió lakosa vesztené el élőhelyét, Banglades 50%-a, Hollandia jelentős része kerülne víz alá. Ez a globális migrációt 100 milliós nagyságrendekkel növelné.⁶

A felmelegedés által a fertőző betegségek és az allergén növények is jelentősebben szaporodnak, számos meglévő faj nem tud alkalmazkodni a melegedő hőmérsékletre, becslések szerint az afrikai kontinensen 4-5 ezer növényfaj pusztulhat ki a jövőben.

Az ökoszisztéma pusztulása nem csak a szárazföldeket érinti, hanem a világtengerek is veszélyeztetett területté válik. A növekedő CO₂ mennyiség savasabbá teszi az óceánok vizét, ami által az élővilágot, főleg a karbonátvázúakat (korall, kagyló) érhetik végzetes hatások. Amíg az ember élettere növekszik, addig bizonyos fajok élőhelyei jelentős mértékben szorulnak vissza. Ehhez hozzátesz az élőhelyek szennyezése is. A Természetvédelmi Világszövetség jelentései szerint az emlősök 23%-át, a madarak 12%-át, a kétélűek 31%-át, a hüllők 61%-át, a halak 26%-át, és a nyitvatermők 34%-át fenyegeti a kipusztulás veszélye. A kihalások 100-1000-szeresre is felgyorsultak az elmúlt másfél évszázadban.⁷

A felmelegedés által az eddig ismert földrajzi övezetek eltolódhatnak, a forró öv jelentősen növekedhet, több terület válhat élhetetlenné. Ezzel szemben viszont új területek nyílhatnak meg az emberiség által még nem lakott helyeken, mint az északi félteken a hideg öv szigetei és Grönland, a déli félteken az Antarktisz. Ezek a környezeti hatások jelentősen beindíthatják világszerte a migrációt, hiszen a legfőbb érintett országok járulnak hozzá legmagasabb mértékben a demográfiai robbanáshoz (Afrika, Dél-Kelet-Ázsia). A migráció fő iránya a fejlett országok felé irányulhat, jelentős politikai-gazdasági-népességi-vallási ellentéteket előidézve.

Számos hírt hallhatunk pusztító, megállíthatatlan erdőtüzekről. A világ több területét érintő probléma szoros összefüggésben áll a felmelegedéssel és a száraz hónapok/évszakok meghosszabbodásával. Az erdők nem csak tűz által pusztulnak, a melegedés által elszaporodnak a kórokozók, vírusok is, a környezetszennyezés pedig savas esőt, tápanyaghiányt okoz.

Jelentős károkat okoznak az egyre többet előforduló aszályok. A legkomolyabban az afrikai földrészt sújtja, jelenleg 100 milliós nagyságrendű népesség küzd vízhiánnyal. További aszályok sújtják a monszunterületeket az elcsúszó esőzések miatt. Az aszály nem csak vízhiányt, hanem termés hozam-csökkenést is okoz. Ezáltal növekedhetnek az élelmiszerárak, ez pedig további konfliktusokat vált ki.

Közel 2 milliárd ember él olyan területen, ami súlyos áradásoknak van kitéve. A legvesélyeztetettebb országok a már említett Banglades és Hollandia, azonban számos más tájon is előfordulnak. Egyre több jég olvad el a magashegységekben nyaranta, ami az ott eredő folyók vízhozamát jelentősen növeli. Megnövekedett a gátépítés és az árvízvédelem szerepe az érintett országokban.

Az üvegházhatású gázok túlzott koncentrációja által a légkör energiamérlege is megváltozott **(1. ábra, 91. oldal)**. Több energia van jelen az atmoszférában, ami a csapadékképződést, és az egyéb légköri jelenségek felgyorsulását, magasabb intenzitását eredményezi. Ezt tapasztalhatjuk hazánkban az egyre szélsőségesebben előforduló heves viharok esetén.

^{1,2,3} Mezősi Gábor (2021): *Természeti veszélyek és hatásaik csökkentése (Akadémia Kiadó, Budapest), 2021.*

⁴ Nemzeti Köznevelési Portál, Földrajz 10.: 5. Fenntarthatóság – kérdőjelekkel (2023)

^{5,6,7} Mezősi Gábor (2021): *Természeti veszélyek és hatásaik csökkentése (Akadémia Kiadó, Budapest), 2021.*

ÓZONPAJZS VÉKONYODÁSA, GYÓGYULÁSA

Az élővilág szempontjából az ózonréteg jelentős szerepet tölt be. A szervezetekre káros Napból érkező ultraibolya sugárzást nyeli el, ezáltal védve az élővilágot. Ha a káros sugárzások elérnék a földfelszínt, számos ember lenne kitéve bőrráknak. Az ózonpajzs az emberi tevékenység által évtizedeken át vékonyodott. Főleg a dezodorok és különböző szerkezetek hajtógázaként alkalmazott freonok károsították a sztratoszférában, 30 km magasságban található ózonréteget – az Antarktisz felett teljesen eltűnt (**2. ábra, 91. oldal**). 1987-ben az ENSZ egyezményt hozott létre, ami szerint a freonok betiltásra kerültek, a friss kutatások szerint pedig mára megállt az ózonréteg vékonyodása. Ha ebben az ütemben halad a „gyógyulás”, akkor 43 év múlva akár teljesen visszaállhat az ózonréteg vékonyodás előtti állapota. Az ózonréteg visszaállása akár évente 2 millió embert is megmenthet a bőrrák veszélye elől. Ez a nemzetközi összefogás reményt adhat a többi globális kérdés megoldásaként.⁸

TERMÉSZETI FENNTARTHATÓSÁG

A természet nem termel hulladékot, minden a körforgás része. A természetes folyamatokban minden anyag újra hasznosul. A társadalom és a gazdaság fejlődése mellett megjelent felhasználatlan, feleslegessé vált hulladék is. A hulladék nem megfelelő tárolása, kezelése vagy elhelyezése esetén a környezetbe kerülő anyagok súlyos környezeti károkat okozhatnak. Számos hulladék újra hasznosítható, ám vannak olyanok, amelyek nem hasznosíthatók újra, vagy nagyon hosszú ideig nem bomlanak le. A hulladék által sújtott területek nem csak a szárazföldön vannak, hanem az óceánokban is jelentős mennyiségű hulladékot helyeznek el (**1. fénykép, 92. oldal**). Ez nagymértékben károsítja az ökoszisztémát. A mikroműanyag-szennyeződések a tengeri élővilágban is megjelent és nyomon követhető.⁹

Az emberi tevékenység az ipari forradalom óta jelentősen szennyezi a környezetét. A környezet-szennyezés minden geoszférát érintő probléma. Ez a jelenség a természetes ökoszisztémák mellett károsítja az olyan erőforrásokat is, mint például az édesvizet, amiket az ember is hasznosít.¹⁰

ENERGIKÉRDÉS

Felmerül a kérdés, hogy a folyamatosan növekvő igények mellett milyen alternatívákkal tudjuk megtermelni a kellő energiát. A hagyományos, fosszilis erőmű alapú energiatermelési formák nem csak a jelentős üvegházhatású gáz-kibocsátás miatt vannak bajban, hanem a működésükhöz szükséges energiaforrások is kimerülnek. Számítások szerint a szénhidrogének a jelen felhasználási tendencia mellett 50-60 évig nyújtanak elegendő energiaforrást, továbbá bizonyos korlátozások lépnek érvénybe arról, hogy mennyit lehet felhasználni. Magyarországon több ilyen erőművet (pl. Dorog) már átállították bioüzeműre, vagy fa-, és földgáztüzelésűre, azonban a szomszédban zajló háború energiaválságot idézett elő, emellett az infláció is rekordokat dönt. Ez sajnos visszaköveteli a hagyományos energiaforrások alkalmazását, hiszen csak alternatív energiából nem tudja fedezni jelenleg a legtöbb ország a még mindig növekvő igényeket.

Alapvetően a jelenlegi energiaválságtól eltekintve az alternatív energiaforrásokra helyeződik a hangsúly. Két fő alternatíva létezik: a megújuló energiaforrások és az atomenergia. A megújuló energiaforrások közé tartozik a napenergia, szélenergia (**2. fénykép, 92. oldal**), árapály-energia,

vízenergia, biomassza, hullámenergia, geotermikus energia. Alkalmazásukkor nem kerül káros kibocsátás a légkörbe, és általában az alkalmazási költségek is alacsonyak. Hátrányuk viszont a drága kiépítés és a szezonális. A nap-, szél-, és vízenergia is változóan érhető el, a napsütéses órák száma, a szeles időszakok és a vízhozam függvényében. Előnyük, hogy valóban megújuló, amikor elérhetőek, akkor könnyen alkalmazható erőforrások. Fel kell azonban hívni a figyelmet arra, hogy a globális képet nézve ezeknek a technológiáknak az erőműveit jelentős környezetszennyezéssel tudjuk csak előállítani. Gondoljunk csak az akkumulátorgyárakra, vagy a napelemek gyártásához szükséges anyagok kitermelésének folyamatára. A teljes képet nézve ugyanúgy környezetszennyező eljárások, mint a hagyományos energiaipar. Ausztria például az energiaszükségletének 70%-át vízierőművekből fedezi, hiszen a magashegységi, nagy esésű folyókon kifejezetten kifizetődő ezen erőművek kiépítése a víz nagy potenciális energiája miatt. Németország 2022-ben az ország 47%-át megújuló energiából fedezte. Magyarországon, a Kisalföldön, az ország legszelesebb területén szél erőműveket telepítettek, de van több naperőmű is, Tiszalöknél és Kiskörénél pedig egy vízierőmű is.

Az atomerőművek is logikus alternatívát nyújtanak. Kis mennyiségű energiaforrásból tudunk rövid idő alatt nagy energiát előállítani káros kibocsátás nélkül. Fontos a jó helyre telepítés, általában vízhez közel. Az ipari víz elvezetése azonban a helyi vizet pár Celsius-fokkal melegíti, károsítva az élővilágot. A modern atomerőművek már rendkívül biztonságos és ellenőrzött rendszerek, a balesetveszély fennáll, de kis százalékra redukálódott a technológia fejlődésével. A fő problémát a radioaktív hulladékok tárolása jelenti, akár több évszázadon át is sugározhatnak még a kiegészítő fűtőelemek. Franciaországban több mint 50 atomerőmű üzemel (**3. ábra, 93. oldal**), sok ország, többek között Németország viszont teljesen elítéli a használatát. Magyarországon egyetlen erőműve, a paksi, az országos energiatermelés 40-45%-át állítja elő.

Magyarországon kiváló lehetőségek rejlenek a geotermikus energia hasznosításában. Elsősorban lakossági fűtésnél lehetne hasznosítani az 50-90°C hőmérsékletű mélységi vizeket. A rendszer kiépítése nagyon költséges, azonban hosszútávon megtérülő befektetés. Ezt az energiaforrást alkalmazzák például Izlandon, Új-Zélandon.

A fenntarthatóság elve szerint a természeti-társadalmi-gazdasági folyamatok nem veszélyeztetik a jövő életfeltételeit. A mai társadalmaknak úgy kell gazdálkodniuk a természeti erőforrásokkal, hogy az még hosszú ideig kielégítse az emberi igényeket. Ennek egyik feltétele, hogy a társadalmi és gazdasági tevékenységek ne veszélyeztessék a természet egyensúlyát. Ehhez elengedhetetlenül szükséges a gazdasági, a társadalmi és az ökológiai szemlélet összehangolása. A fenntarthatóság alapja a hatékonyság, a tudás, az alkalmazkodás, az észszerű takarékoság, a tudatos gazdálkodás a környezeti adottságokkal.¹¹

A köztudatban megjelent egy új kifejezés, az ún. Overshoot Day, azaz a túlfogyasztás napja, ami az a nap az évben, amely napon elhasználta az emberiség az egy évben még fenntarthatóan felhasználható energiameennyiséget (**5. diagram, 90. oldal**). Ez a nap 2019-ben július 29-re esett, vagyis akkorra használta el az emberiség a Föld éves erőforrásait. Ma már 1.75 Földre lenne szükségünk az igényeink kielégítéséhez.¹²

Másik fontos fogalom az ökológiai lábnyom, amely azt jelenti, hogy az adott egyén, népesség, cég, szervezet vagy tevékenység mekkora biológiailag produktív területet (termőföldet vagy vízterületet) igényel annak érdekében, hogy fedezze anyag- és energiafogyasztásait, és lebontsa az általa kibocsátott hulladékokat. A legnagyobb ökológiai lábnyommal a világon Kína és az USA rendelkezik, de magas értékeket mutat India, Oroszország és Japán is ebben a tekintetben.

⁸ Rohamosan gyógyul a Föld sérült ózon rétege

<https://www.origo.hu/tudomany/20181105-az-eszaki-felteken-2030ra-mar-teljesen-helyreallhat-az-ozonpajzs.html>

^{9,10} Nemzeti Köznevelési Portál, Földrajz 10.: 5. Fenntarthatóság – kérdőjelekkel (2023)

^{11,12} Nemzeti Köznevelési Portál, Földrajz 10.: 5. Fenntarthatóság – kérdőjelekkel (2023)

Nagy problémák vannak az ivóvíz-ellátottsággal is világszerte. A Föld vízkészleteinek csupán 2%-a iható és öntözhető édesvíz. Az egész világon egyre jelentősebb az ivóvíz felhasználásának mennyisége. A vízhiányos városok lakossága az UN-WATER előrejelzése szerint a 2000-ben 500 millióról, 2050-re 1,9 milliárdra fog emelkedni. Az első város, amely komoly vízhiánnyal nézhet szembe, a dél-afrikai Fokváros lehet. A 4 milliós nagyváros csak úgy tudta elkerülni, hogy teljesen kifogyjon az édesvíz tartalékokból, hogy a lakosoknak jelentősen korlátozniuk kellett vízfelhasználásukat.

Globális problémává vált az erdők irtása is. Annak érdekében, hogy értékes fához jussunk, a Föld legösszetettebb és legnagyobb ökoszisztémáit, az esőerdőket szinte megállíthatatlanul irtjuk. Az erdőirtás azonban globális probléma, hiszen más területekre is jellemző. Számos káros hatása van ennek a folyamatnak. Kevesebb szén-dioxid kötődik le, visszaszorulnak a természetes élőhelyek, felborul a természeti egyensúly. Pozitív példa Costa Rica felfogása, amely a figyelmes politikájának köszönhetően nem csak meg tudta állítani az országban az erdőirtást, hanem 1980-hoz képest mára 26%-ról több mint 50%-ra növelte az erdőszült területeket. Ezt új erdők folyamatos ültetésével, illetve biorezervátumok kialakításával tudja elérni. Ennek a pozitív hozzáállásnak köszönhetően az ország GDP-je az egyik legerősebb egész Latin-Amerikában.

Fontos szerepe van a fenntarthatóságban a városok átalakításának, illetve zöldebbé tételének, hiszen ezek a területek vannak a legrosszabb hatással a klímaváltozásra. A friss felmérések szerint Dánia fővárosa, Koppenhága áll az élen a legzöldebb városok között. A városban több mint tízszer annyi bicikli van, mint autó, a közlekedés kibocsátása nagyon ígéretes. Ezen felül kiemelt szerepet tulajdonít a város az építészetnek, és az épületek formai kialakításának. Teljesen fenntartható, zöld energiával működő épületek jellemzik a skandináv várost. Másik érdekes említés a világ egyik legnagyobb és legforgalmasabb megávárosa, Szingapúr, amelynek városvezetése szintén nagy figyelmet biztosít a fenntarthatóságra. Nagy büntetésekre számíthat az, aki szemetel. Ezen kívül számos olyan felhőkarcoló épül, amely növényekkel van körbe ültetve. Sok biorezervátumot alakítottak ki a városban, a zöldfelületek aránya már-már felülmúlja a szürke, betonfelületeket. Az izlandi Reykjavík, a világ legészakibb fővárosa kedvező földrajzi helyzete miatt 100%-ban megújuló energiát használ, főleg geotermikus energiával fedezi a város szükségleteit (Going Green, 2021).

TÁRSADALMI FENNTARTHATÓSÁG

A fenntarthatóság kérdései nem csak a természetben végbemenő folyamatokkal kapcsolatosak, hanem a társadalomban, politikában, gazdaságban is jelennek meg a témával kapcsolatos kérdések.

A demográfiai robbanás is az ipari forradalom és a technológiai fejlődés velejárója. A Föld népessége 1800 óta megnyolcszorozódott, 1970 óta megduplázódott (**6. diagram, 90. oldal**). A népesség rohamos növekedésének köszönhetően a Föld eltartóképesége csökken, a világnépesség eloszlásának mérlege pedig a fejlődő országok felé billen, hiszen ezek az országok a demográfiai átmenet második, harmadik szakaszában járnak. A túl gyors népességnövekedés rengeteg olyan problémát előidéz, mint az élelmezési hiány, a városokban nem megfelelő életkörülmények, országon belüli, és országok, vagy akár földrészek közötti migráció, betegségek, járványok elszaporodása, ezzel egyidejűleg az ellentétek fokozódása, vallások ütközése, szegény népesség növekedése.

Az ellentétek fokozódása által kialakult lokális konfliktusok további népességvándorlást idézhetnek elő. Az észak-afrikai arab országokban, és a Közel-Keleten évtizedek óta háborús feszültségek jellemzők, számos vándorlási ciklust előidézve. A háborús menekültek úticéljai elsősorban az EU-országok. A tengerentúlon Mexikó és a Közép-Amerikai országok felől érkezik migrációs nyomás az USA és Kanada irányába jobb munkalehetőségek és élet reményében. Ausztrália és Új-Zéland is küzd migrációs nyomással a dél-kelet-ázsiai túlnépesedett országok felől (Indonézia, Vietnám, Pápua Új-Guinea).

A globális világgazdaságra komoly sokk-hatást gyakoroltak a kialakuló világjárványok és betegségek. Nagyon gyorsan tudott terjedni például a COVID, elérte a világ szinte minden területét. Erős visszaesést okozott a gazdaság szektoraiban (kereskedelem, szolgáltatások, ipar), ellátási nehézségek álltak elő. A globális kibocsátás ennek ellenére minimálisan lassult le (közlekedés kibocsátása csökkent).

A perifériaországokban felgyorsult az urbanizáció folyamata, a Föld népességének fele ma már városokban él, mamutvárosok alakultak ki. Ez további járványveszélyeket, társadalmi ellentéteket, feszültségforrásokat, konfliktusokat eredményez. A harmadik világ legtöbb nagyvárosában romló egészségügyi, és közbiztonsági állapotok figyelhetők meg (**3. fénykép, 93. oldal**).

A globalizációval a világ szinte teljesen kinyílt, minden elérhetővé vált. Ez azonban mára sok országban, országegyüttesben falak építésére kényszerítette az adott államokat. Az áruk, az információ, az emberek és az internet terjedése mellett megjelentek vagy megerősödtek ellentétek, konfliktusok, számos ország falak építése mellett voksolt. Több afrikai ország, többek között Szomália belső polgárháborúval küzd, világszerte alakulnak és tűnnek el el nem ismert államok. Szomália a világ egyik legélhetetlenebb országa. Az anyaindex alapján az utolsó, azaz itt a legrosszabb anyának lenni, Vörös-tengeri és Indiai-óceáni partjainál az átmenő hajókereskedelem folyamatos veszélynek van kitéve a szomáliai kalózkodók által, és nem csak ez az egyetlen ország, ahol súlyos konfliktusok hátráltatják a népességet.¹³

A Földön egyre több éhségövezet alakult ki. Éhségövezetek azok a földrajzi térségek, országok, amelyek önerőből nem tudják megtermelni a megfelelő élelmiszert. Az állandó éhségövezetek folyamatos nemzetközi segílyre szorulnak (pl. Száhel-öv). Az időszakos éhségövezetekben a szélsőséges éghajlati hatások sodorják veszélybe az adott térséget (pl. monszunvidékek). Vannak nemzetközi segílyszervezetek, amelyek e térségek élelmiszerellátását segítik (pl. FAO). Az éhségövezetekkel ellentétben a fejlett országokban hatalmas élelmiszer-pazarlás zajlik, az előállított élelmiszerek jelentős százaléka válik hulladékká.

GLOBÁLIS CÉLOK MEGFOGALMAZÁSA, STRATÉGIÁK

Az ENSZ megfogalmazott 17 pontot (**4. ábra, 93. oldal**), amellyel a globális a fenntarthatóság alapelveit fogalmazta meg. Ezen pontok közé tartozik a szegénység felszámolása, az éhségövezetek visszaszorítása, az egészségügyi feltételek javulása, oktatás reformja, tiszta és mindenkinek elérhető ivóvíz biztosítása, tiszta energia, nemek egyenlősége, fenntartható városok, óceánok, bioszféra védelme, globális békére való törekvés.

Minden évben rendeznek globális szintű klímakonferenciákat, amelyeken a résztvevő országok próbálnak megfogalmazni olyan alapelveket, amelyeket kötelezően betartani kívánnak. 1997-ben volt az első komolyabb egyezmény, a kiotói egyezmény, amely szén-dioxid kvótát írt elő. A 2021-es glasgowi klímakonferencia fő témái szintén az üvegházhatású gázok visszaszorítása, és a Föld átlaghőmérséklet-növekedésének 1,5°C vagy 2°C alatt tartása. Következő jelentős cél a fosszilis energia-hordozók kibocsátásának csökkentése, átállás a zöld energia használatára. A klímakonferencia fejlett országai segílyalapot hoztak létre a fejlődő országokban a klímacélok fenntartására. India, Kína és Brazília nem ratifikálta a károsanyag-kibocsátásra vonatkozó tételt, hiszen nem tudják kiváltani más energiaforrással a szükségleteket. Az aktuális geopolitikai helyzet rekordinflációt és energiaválságot idézett elő, ezáltal ellehetetlenítette a globális célok betartását.

¹³ Nemzeti Köznevelési Portál, Földrajz 10.: 5. Fenntarthatóság – kérdőjelekkel (2023)

IRODALOM:

- Mezősi Gábor (2021): Természeti veszélyek és hatásaik csökkentése (Akadémia Kiadó, Budapest), 2021.

FORRÁSOK:

1. Nemzeti Köznevelési Portál, Földrajz 10.: 5. Fenntarthatóság – kérdőjelekkel (2023)
https://www.nkp.hu/tankonyv/foldrajz_10_nat2020/ (2023.01.20.)
2. WMO 2021: State of Climate in 2021: Extreme events and major impacts
<https://public.wmo.int/en/media/press-release/state-of-climate-2021-extreme-events-and-major-impacts> (2023.01.20.)
3. Novák Róbert: A KLÍMAVÁLTOZÁS FÖLDRAJZA – FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS (?)
Minősített Tehetség gondozó Műhely (prezentáció)
https://docs.google.com/presentation/d/1zgsdq7q6fVrzoip4dl2nVMBHeUo7LEB6/edit?usp=drive_link&ouid=106762905429531131529&rtpof=true&sd=true (2023.01.20.)
4. Itt a döbbenetes szám arról, hány embert fenyegetnek az árvizek a világon
<https://www.origo.hu/gazdasag/20220916-aradas-arviz-termeszeti-katasztrofa-oroszag-kockazat.html> (2023.01.20.)
5. A víz-háborúk kora jöhet
<https://www.origo.hu/nagyvilag/20060303vizhaboruk.html?pIdx=1> (2023.01.20.)
6. Rohamosan gyógyul a Föld sérült ózon rétegé
<https://www.origo.hu/tudomany/20181105-az-eszaki-felteken-2030ra-mar-teljesen-helyreallhat-az-ozonpajzs.html> (2023.01.20.)
7. Ha nem kezdjük el csökkenteni a hulladék mennyiségét, komoly bajban leszünk - Hogy állunk Magyarországon?
<https://www.portfolio.hu/ingatlan/20210718/ha-nem-kezdjuk-el-csokkenteni-a-hulladek-mennyiseget-komoly-bajban-leszunk-hogy-allunk-magyarorszagon-492920> (2023.01.20.)
8. Vízhányos városokban fog élni az emberiség jelentős része, ha így folytatjuk
<https://masfelfok.hu/2020/07/07/vizhianyos-varosokban-fog-elni-az-emberiseg-jelentos-rese-ha-igy-folytatjuk-klimavaltozas/> (2023.01.20.)
9. <https://sisolar.hu/okologiai-labnyom/> (2023.01.20.)

ÁBRA, DIAGRAM, FÉNYKÉP, KÉP:

1. **diagram:** NKP, 2023: Nemzeti Köznevelési Portál, Földrajz 10.: 5. Fenntarthatóság – kérdőjelekkel (2023. 01. 20.)
https://www.nkp.hu/tankonyv/foldrajz_10_nat2020/lecke_05_004 (2023.01.20.)
2. **diagram:**
<https://public-old.wmo.int/en/media/press-release/state-of-climate-2021-extreme-events-and-major-impacts> (2023.01.20.)
3. **diagram:** <https://public.wmo.int/en/media/press-release/state-of-climate-2021-extreme-events-and-major-impacts> (2023.01.20.)
4. **diagram:** <https://public.wmo.int/en/media/press-release/state-of-climate-2021-extreme-events-and-major-impacts> (2023.01.20.)
5. **diagram:** <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/> (2023.01.20.)

6. diagram:

[https://www.nkp.hu/api/media/relpath/NKP%20K%C3%B6z%C3%B6s%20f%C3%A1jlok/R%C3%A9gi%20-%20Nyilv%C3%A1nos%20tartalmak/%3C%3C%3C2016%20Tank%C3%B6nyvek%3E%3E%3E/Tank%C3%B6nyvek/F%C3%B6ldrajz/F%C3%B6ldrajz%20tank%C3%B6nyv%20\(2016\)/FI-506011001__Foldrajz_10_TK_NKP.pdf](https://www.nkp.hu/api/media/relpath/NKP%20K%C3%B6z%C3%B6s%20f%C3%A1jlok/R%C3%A9gi%20-%20Nyilv%C3%A1nos%20tartalmak/%3C%3C%3C2016%20Tank%C3%B6nyvek%3E%3E%3E/Tank%C3%B6nyvek/F%C3%B6ldrajz/F%C3%B6ldrajz%20tank%C3%B6nyv%20(2016)/FI-506011001__Foldrajz_10_TK_NKP.pdf) (2023.01.20.)

1. **kép:** https://pangea.blog.hu/2014/01/02/mi_tortenne_ha_a_fold_osszes_jegtakarója_elolvadna (2023.01.20.)

1. **ábra:** <https://docs.google.com/presentation/d/1zgsdq7q6fVrzoip4dl2nVMBHeUo7LEB6/edit#slide=id.p20> (2023.01.20.)

2. **ábra:**

<https://ng.24.hu/fold/2022/10/15/a-csokkenes-ellenere-is-nagy-az-antarktisi-ozonlyuk> (2023.01.20.)

1. **fénykép:**

<https://www.portfolio.hu/ingatlan/20210718/ha-nem-kezdjuk-el-csokkenteni-a-hulladek-mennyiseget-komoly-bajban-leszunk-hogy-allunk-magyarorszagon-492920> (2023.01.20.)

2. **fénykép:** Nemzeti Köznevelési Portál, Földrajz 10.: 5. Fenntarthatóság – kérdőjelekkel

https://www.nkp.hu/tankonyv/foldrajz_10_nat2020/lecke_05_004 (2023.01.20.)

3. **ábra:**

<https://www.mnnsz.hu/az-eu-ban-meg-mindig-franciaorszag-a-legnagyobb-atomhatalom/> (2023.01.20.)

3. **fénykép:**

<https://www.portfolio.hu/befektetes/20220830/o-a-vilag-harmadik-leggazdagabb-emberre-pedig-sokan-meg-a-nevet-se-hallottak-563875>

4. **ábra:**

<https://www.ajbh.hu/-/enz-fenntarthato-fejlodesi-celok-sustainable-development-goal-sdg-> (2023.01.20.)

RÉVÉSZ VANESSZA NATASA
(Batthyány Lajos Gimnázium Nagykanizsa)

KINCS, AMI NINCS... VAGY MÉGIS?

1. BEVEZETÉS

Munkám témája a hagyományos és „nem hagyományos” eljárásokkal kitermelt hazai szénhidrogénkészletek bemutatása. Középpontban az ún. rétegrepesztéses technológia áll, amelynek előnyeit és kockázatait konkrét példákon keresztül szeretném bemutatni.

1.1. Szénhidrogének közötti különbség

Mindenekelőtt fontosnak tartom, hogy különbséget tudjunk tenni a hagyományos szénhidrogének (kőolaj, földgáz) és a nem hagyományos (palagáz, palaolaj, tömött homokkő gáz) kategóriákba sorolható szénhidrogének között. Egy letisztult megközelítés szerint, tágabb értelemben véve nem hagyományos valamennyi olyan szénhidrogén-előfordulás, amelyben nem figyelhető meg a folyadék-fázisok (földgáz, kőolaj, víz) elkülönülése. (1. ábra, 94. oldal)

2. HAGYOMÁNYOS SZÉNHIIDROGÉNEK

2.1. Keletkezés

A kőolaj és a földgáz a tengerekben élő planktonikus élőlények tömeges elhalásával jön létre. Az elhalt élőlények leülepednek majd üledékekkel való betemetődésük után oxigénmentes környezetben, magas hőmérsékleten és nagy nyomáson több millió év alatt elbomlanak. A kőolaj és földgáz általában az anyakőzetből (ahol képződik) nyomás hatására elvándorol lyukacsos szerkezetű kőzetrétegekbe, más néven tárolókőzetekbe, azok pórusaiban gyűlve össze. (2., 3. ábra, 94. oldal)

2.2. Kőolajcsapdák

A kőolaj és a földgáz felhalmozódáshoz szükséges még, hogy a felfelé szivárgó szénhidrogének egy megfelelő geológiai alakzatban megrekedjenek. Az ilyen földtani képződményeket nevezik kőolajcsapdának. A kőolajcsapdákban egy nagy áteresztőképességű, lyukacsos kőzetréteget egy nem áteresztő, tömör réteg határol, amely megakadályozza, hogy a kőolaj a felszínig szivárogjon. Az olajcsapdák létrejöhetnek valamilyen szerkezeti változás pl.: antiklinális, vetődéssel keletkezett csapda, sódóm vagy kőzettani változás pl.: litológiai csapda eredményeként. (4. ábra, 95. oldal). Az antiklinális csapdába esett anyagok sűrűségük és fajsúlyuk szerint rendeződnek. Ez alapján alul helyezkedik el a víz, felette a kőolaj s végül pedig a földgáz. (5. ábra, 95. oldal)

2.3. Kitermelés – Fúrótorony

A kőolaj általában fúrt kutakon keresztül jut a felszínre. A kőolaj-kitermelés egyik legfontosabb eszköze a fúrótorony, melynek központi elemét képezi a fúrófej. Ennek a kialakítása függ a kőzettípusoktól és a kitermelés mélységétől is. (6. ábra, 96. oldal)

3. NEM HAGYOMÁNYOS SZÉNHIIDROGÉNEK

3.1. Kitermelés – hidraulikus rétegrepesztés

A nem konvencionális/hagyományos szénhidrogénkészletek kitermelése azonban speciális módon történik. Ez a technológia a „fracking” vagy magyarul hidraulikus rétegrepesztés. Mit is foglal ez magában? A hidraulikus rétegrepesztés egy nem hagyományos kőolaj- és gázkitermelési módszer, melynek lényege és célja, hogy a kőzetrétegekbe zárt, de kőolajcsapdákban össze nem gyűlt gázt és olajat is felszínre hozzák a segítségével. A hagyományos bányászati helyszíneken a nyersanyag egybefüggő térben akkumulálódik a föld alatt, ennek elég megfúrni a külsejét és kitermelni belőle az energiahordozót. A palaolaj és palagáz ennél trükkösebb: itt az energiahordozó változó mélységben (ötventől akár többezer méterig) található tároló kőzetrétegben halmozódik fel.

A fracking esetében több irányból fúrnak le az adott rétegit, illetve a bányászni kívánt rész elejét és végét lebetonozzák. A kőzetbe különféle vegyi anyagokat, valamint vizet fecskendeznek. Ez az eljárás repedéseket hoz létre a kőzetben és ezeken keresztül termelik ki a gázt vagy az olajat. (7., 8., 9. ábra, 96. oldal)

3.2. Magyarországi vonatkoztatása

Magyarországon, a közel 100 éves szénhidrogén-kitermelés eredményeként -köszönhetően a végrehajtott nagy mélységű fúrásoknak (5000-6000 m) - ismertté váltak a nem hagyományos földgáz-kitermelés szempontjából reményteljes szerkezetek (pl. Makói-, Békési-, Derecskei-árok, a zalai és kislalföldi mélymedencék stb.) Célrányosan, az USA-ban „gázforradalmat” eredményező eljárás alkalmazása itthon a 2000-es években kezdődött, napjainkban pedig már a legkorszerűbb eszközökkel folyik. (1. fénykép, 97. oldal)

Magyarországon 1957 óta alkalmazzák a „rétegserkentést”, tehát ez az eljárás nem teljesen új dolog. Bár az akkori technológia alapvetően szovjet gyártmányú eszközökre épült, tulajdonképpen a napjainkban is alkalmazott elvek alapján működött. (2. fénykép, 97. oldal). A budafai projekt Buda Ernő nevéhez köthető (3. fénykép, 98. oldal), aki később Zala vármegye és Nagykanizsa díszpolgára, továbbá a Magyar Köztársasági Érdemrend középkeresztjének kitüntetettje lett.

Az eljárás sikeres volt a hazai kőolajmezők jellemzően jó áteresztő képességű homokkő tárolóiban, jelentős többlettermelést eredményezve. A kezdetektől napjainkig becsülhetően több, mint 5000 ilyen eljárás valósult meg és folyik napjainkban is. Fontos tény, hogy a műveletek nagy száma ellenére baleset, különös tekintettel a környezet – azon belül a jelentős felszín alatti ivóvízkészletek – szennyezésére nem találunk példát.

4. HAZÁNK KONVENCIONÁLIS SZÉNHIIDROGÉNEKBEN GAZDAG TERÜ-LETEINEK PREZENTÁLÁSA

Munkámban szeretném bemutatni Magyarország nem hagyományos szénhidrogénmezői közül a dél-alföldi régió belül a Makói-árok, Békési-medence továbbá a dél-dunántúli Dráva-medence készleteit, ill. az ott folyó kitermelést. (10. ábra, 98. oldal)

4.1. Makói-árok

A Makói-árok geológiai szerkezetét hazai és amerikai geológusok medencetanulmánya azonosította, amely alapján 2005-ben kutatási, majd kitermelési engedélyt kapott a Falcon Oil&Gas LTD. Megindultak a kútfúrési műveletek, amelyek közül a legmélyebb elérte a 6085 m talpmélységet. (11. ábra, 99. oldal). Azonban jórészt megalapozatlan környezetvédelmi aggályok miatt a hatósági engedélyt visszavonták, a projekt befejezetlen maradt. Később ugyan EU-törvényharmonizálással engedélyezhetővé vált a technológia, de akkorra már a finanszírozási feltételek összeomlottak. Ezzel szemben a napjainkban hatályos bányatörvény (1993. évi XLVIII. törvény és 203/1998. XII.19. végrehajtási rendelete) alapján a szomszédos Békési-medencében folyamatban van a makóihoz hasonló kutak termelésbe állítása, bizonyítva a módszer eredményességét.

4.2. Békési-medence – Nyékkpuszta

A Békési-medencében elhelyezkedő Nyékkpuszta bányatelkein tömött homokkövekben tárolt gázkészlet található. Kb. 4000 m mélyséig 300–350 m vastagságban feltételezik a nyersanyag jelenlétét. A békési projekt célkitűzései között szerepelt a 2023-as év első felében 3 kút fúrása is 4800 méteres mélységben. (4. fénykép, 99. oldal)

4.3. Dráva-medence

A Dráva-medence a Pannon-medence délnyugati részén, a horvát-magyar határ mentén helyezkedik el (**12. ábra, 100. oldal**). A Dráva-medence magyarországi szakasza Somogy vármegyében a barcsi, csurgói és nagyatádi járás, míg Baranyában a siklósi és a sellyei járás nagy részére terjed ki. (**13. ábra, 100. oldal**). Egy 2019-ben megjelent cikk valószínűsíti, hogy ezen a területen a naponta kitermelt kőolaj mennyisége kb. 11.000 hordó/nap, ami közel annyi, mint az utóbbi évek teljes magyar termelésének átlaga. Becslések szerint a felfutó termelés 14.000 hordó/nap mennyiséget is meghaladhatja.

4.4. Aspect-TDE-ITS

A 2022/23-as tanév során iskolai tanulmányút keretein belül lehetőségem nyílt az Aspect-TDE-ITS olajtársaságok új, korszerű olaj-és gázelőkészítő üzemének a megtekintésére. A Szigetvártól kb. 10 kilométerre délre (**5. fénykép, 100. oldal**) épült telephely közelében olajkutak, fúró-, lyukbefejező és kútkezelő berendezések is láthatóak voltak. Ez ma már Magyarország egyik legnagyobb kitermelő létesítménye, a folyamatosan növekvő olajkihozatal jelenleg meghaladja az évi 600 ezer tonnát. A termelvény csővezetékekkel Csurgónál csatlakozik az Adria-kőolajvezetékhez, majd onnan a MOL dunai finomítójába kerül. A felszínre hozott földgázt Babócsán és Nagykanizsán keresztül táplálják be az országos vezetékhálózatba.

Az objektumot ismertető előadáson elhangzott, hogy a társaság intenzív kutatási és termelési tevékenységet folytat a Békési-medencében, a Sarkadkeresztúr (Nyékkpuszta) közelében feltárt nagymélységű geológiai formáción is. A közel 5000 méter mély kutak a szomszédos Makói-árokban hasonló kifejlődésű nem hagyományos „palagáz” kitermelését szolgálják. A termelvényt csővezetékekkel táplálják be a MOL hálózatába.

5. KÖRNYEZETVÉDELEM

5.1. Kételyek, aggályok

A hidraulikus rétegrepesztéssel kapcsolatban sok előítéletről hallhatunk. A közvélekedés szerint veszélyezteti a környezetet, ill. nagy vízfelhasználással jár. A különböző aggályok lehetnek helyiek pl.: légszennyező+vegyi anyagoknak való kitettség; regionálisak pl.: levegő és vízminőség (bár kevés regionális tanulmány készült az egészségre gyakorolt hatásokról); globális, gondoljunk a klímaváltozásra. (**14. ábra, 101. oldal**). Azonban, ha szakszerűen és az előírásoknak megfelelően alkalmazzák a technológiát, akkor a lehetséges veszélyek lehetőségét minimalizálni lehet.

5.2. „Deep-Heat-Mining” geotermális projekt

Bizonyos esetekben azonban találunk példát az eljárás nem megfelelő alkalmazására is. Erre példa a svájci Bázelen elindított „Deep-Heat-Mining” geotermális projekt. Itt a fúrást közvetlen közelében 2007. januárjában több 3-as és annál erősebb földrengést mértek, amelyek egyértelműen érezhetőek voltak a felszínen. Leírások szerint a rengések akkor kezdődtek, amikor a projekt során fúrásokat végeztek és a furatokba vizet kezdtek pumpálni. A cél az volt, hogy 5000 méter mélyre lefúrjanak, ahol a hőmérséklet 200°C körül van, hogy a gőzt aztán ismét a földfelszínre pumpálják, és áramot állítsanak elő vele. Az ilyen esetekben a szivattyúzási ütem meghatározása valóban kritikus feladat, mert érzékeny földrajzi/geológiai viszonyok között előfordulhat mesterségesen generált földrengés. Bázelen tehát a 3-as erősségű rengések miatt leállították a projektet. (**15. ábra, 6. fénykép, 101. oldal**)

6. MI MONDHATÓ EL ORSZÁGUNK ESETÉBEN?

Ezzel szemben Magyarországon, a serkentés művelete alkalmával kútkörzetbe telepített rezgésérzékelő (geofon) hálózat egyértelműen bizonyította, hogy a Pannon üledékekben nem generálódik földrengés a rétegrepesztés következtében.

Magyarországon nagyon szigorú szabályozás van érvényben a technológia alkalmazásával, ill. az eredeti állapot visszaállításával kapcsolatban.

6.1. Élővilág védelme

Érdekes, hogy Magyarország egyik telephelyén (**7. fénykép, 102. oldal**) a gázkészletek Natura 2000-es területek alatt húzódnak. Ennek megfelelően irányított ferdefúrásokat alkalmaztak, amelyeket a szigorú szabályoknak megfelelően elő kellett készíteni. Jelen esetben az itt észlelt fecskék védelme miatt zajvédő falat is építettek. Megállapítható, hogy a technológia szakszerű, a helyi adottságokat figyelembe vevő alkalmazásával, ill. a környezetvédelmi szabályozások maximális figyelembevételével minimalizálhatóak a környezetre és az élővilágra gyakorolt negatív hatások. Erre igazolás, hogy a fent említett esetben fecskék olyannyira biztonságban érezték magukat, hogy a fúrótoronyban még fészket is építettek.

6.2. Felszín alatti ivóvízbázis

Az elmúlt években az is bebizonyosodott, hogy a palagáz műveletek nem veszélyeztetik a fokozottan védett felszín alatti ivóvíz bázist. Az eljárás bizonyítottan földgázt tároló célrétege eleve ivásra alkalmas sós vizet tartalmaz. A hatóság által engedélyezett kútszerkezet, a fúrásokba épített kettős bélésű csőoszlop és a mögöttes cementpalástok többszörös védelmet nyújtanak a vízrétegek számára. A bélésű csövek hermetikus zárását folyamatosan ellenőrzik (pl. elektromos szelvényezéssel és nyomásméréssel), ugyanis az a műveletek és a termeltetés számára is nélkülözhetetlen. Könnyű belátni, hogy bélésű csősérülés esetén a kőzetserkentéshez szükséges szivattyúnyomás a kútban eleve nem épülhet fel és könnyen azonosítható az „elnyelés” mélysége is. Ebből a szempontból nincs különbség a hagyományos és a „nem hagyományos” földgáz kitermelő kutak között. Továbbá a folyamathoz szükséges, felhasznált víz össz mennyisége szempontjából fontos tény, hogy az minden esetben visszajut a felszínre, majd azt követi a gáztermelés. A tartályrendszerbe gyűjtött vizet újra felhasználják a következő műveletek során. (**16. ábra, 102. oldal**).

7. KONKLÚZIÓ

Összeségében megállapítható, hogy a palagáztermelés felszíni környezeti lábnyoma nem nagyobb, mint a hagyományosé, ami az ismeretek bővülésével egyre csökken.

IRODALOM:

Szerkesztő: Kovács Zsolt: Szénhidrogének Magyarországon (Budapest, 2018)

FORRÁSOK:

1. „Ki tud...?” c. verseny szervezői által kiadott: Felkészülési anyag: „KI TUD TÖBBET A KŐOLAJ-FELDOLGOZÁSRÓL?” (2018)
2. http://molvetelkedo.battanet.hu/wp-content/uploads/2018/09/1_fordulo_felkeszulesi_anyag.pdf (2023.01.28.)
3. MTI: Mesterséges földrengést idéztek elő Bázelen (2007.01.10.)
https://hvg.hu/tudomany/20070110_mesterseges_foldrenges (2023.02.19.)
4. A munka elkészítésében nagy segítségemre voltak Szabó György Úr a Falcon-TXM elnöke által rendelkezésemre bocsátott információk, illetve források

ÁBRA, DIAGRAM, FÉNYKÉP, KÉP:

1. ábra: Hagyományos és nem hagyományos szénhidrogén-előfordulások

szerkesztő: Kovács Zsolt: Szénhidrogének Magyarországon (Budapest, 2018) 206. oldal, 6.2. ábra

2. ábra:

<https://www.google.com/search?sxsrf=AB5stBiMTnk-NG1fS33cUGeh1Iipv8sSl-w:1690372903963&q=k%C5%91olaj+%C3%A9s+f%C3%B6ldg%C3%A1z+keletkez%C3%A9se&tbm=isch&source=lnms&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwjvwOnjqayAAxWYhf0HHV-deDjCQ0pQJegQIChAB&biw=1536&bih=715&dpr=1.25#imgrc=DPbNYafVW8M8gM> (2023.02.28.)

3. ábra:

ARDAY ISTVÁN – BURÁNSZKINÉ SALLAI MÁRTA – DR. MAKÁDI MARIANN – DR. NAGY BALÁZS – SÁRINÉ DR. GÁL ERZSÉBET: FÖLDRAJZ 9. TANKÖNYV 86. oldal 8.8 ábra

https://www.tankonyvkatalogus.hu/pdf/FI-506010901_1___teljes.pdf (2023.02.28.)

4. ábra:

https://www.google.com/search?q=k%C5%91olajcsapd%C3%A1k&tbm=isch&ved=2ahUKEwiQmfjkqayAAxVBxqQKHZxBCzMQ2-cCegQIABAA&oq=k%C5%91olajcsapd%C3%A1k&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECCMQJzoHCAAQGBcABDofCAAQgAQ6BggAEAUQHICCBljXJGDEJmgAcAB4AIABnQGIACoVkgEEMjcuNjgBAKABAaoBC2d3cy13aXo-taW1nwAEB&sclient=img&ei=KgvBZJDcEcGMkwWcg62YAw&bih=715&biw=1536#imgrc=pIZFGC8Hsel-cM (2023.02.28.)

5. ábra:

<https://www.britannica.com/science/gas-reservoir> (2023.02.28.)

6. ábra:

https://www.google.com/search?q=f%C3%BAr%C3%B3torony+felk%C3%A9sz%C3%Bcl%C3%A9si+anyag&tbm=isch&ved=2ahUKEwiJl8OHx6yAAxWTP-wK-HR1iDu0Q2-cCegQIABAA&oq=f%C3%BAr%C3%B3torony+felk%C3%A9sz%C3%Bcl%C3%A9si+anyag&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJzoGCAAQBXAeOgcIABAYEIAEOgYIABA-FEB5QpgtY5UZgmEloA3AAeACAAaYBiAHGepIBBDIwLjWYAQCgAQGqAQtd3Mtd2l6L-WltZ8ABAQ&sclient=img&ei=2ynBZMm9G5P_sAedxLnoDg&bih=715&biw=1536#imgrc=JzJHYrTQb5S6FM&imgdii=OwZNnebIEo-D3M (2023.02.28.)

7. ábra:

https://www.google.com/search?sxsrf=AB5stBiH2sXwn2cr0rIS6hbNr0pheUKxI-g:1690381215422&q=fracking&tbm=isch&source=lnms&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwjf_YTfyKyAAxUN_rsIHaq8BRwQ0pQJegQIDRAB&biw=1536&bih=658&dpr=1.25#imgrc=S82Z9uJsE-EitM&imgdii=Hd9HWrk48SwTkM (2023.02.28.)

8. ábra:

https://www.google.com/search?sxsrf=AB5stBiH2sXwn2cr0rIS6hbNr0pheUKxI-g:1690381215422&q=fracking&tbm=isch&source=lnms&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwjf_YTfyKyAAxUN_rsIHaq8BRwQ0pQJegQIDRAB&biw=1536&bih=658&dpr=1.25#imgrc=S82Z9uJsE-EitM (2023.03.02.)

9. ábra:

<https://www.britannica.com/technology/fracking> (2023.03.02.)

10. ábra: Hazánk nem konvencionális szénhidrogénekben gazdag területei

szerkesztő: Kovács Zsolt: Szénhidrogének Magyarországon (Budapest, 2018) 205. oldal, 6.1. ábra

11. ábra:

Szabó György, Falcon-TXM elnökétől

12. ábra:

<https://szakmodszertan.ttk.pte.hu/Orm%3a1ns%3a1g.pdf> (2023.03.02.)

13. ábra:

https://www.google.com/search?sxsrf=AB5stBiR932mkW9ElOsqJm5kjf9FH1c-n1w:1690381974138&q=dr%C3%A1va-medence+elhelyezked%C3%A9se&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwj_2-jly6yAAxXqg_0HHbhMC1gQ0pQJegQIDBAB&biw=1536&bih=658&dpr=1.25#imgrc=Ul6Im_X7fg5QMM (2023.03.02.)

14. ábra:

<https://insideenergy.org/2017/09/18/ie-questions-is-fracking-dangerous/> (2023.03.03.)

15. ábra:

https://www.google.com/search?sxsrf=AB5stBg8RmoylqUw4kIggKoH4XrhUK-dzog:1690400963981&q=%E2%80%9EDeep-Heat-Mining-Project+Basel%E2%80%9D&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwj0kfGnkq2AAxXY_bsIHdBhCA4Q0pQJegQID-BAB&biw=1536&bih=715&dpr=1.25#imgrc=zUbf5t16ruJ6OM (2023.03.03.)

16. ábra:

<https://insideenergy.org/2017/06/16/ie-questions-where-does-fracking-water-go/> (2023.03.03.)

1. Fénykép:

Szabó György, Falcon-TXM elnökétől

2. Fénykép:

Szabó György, Falcon-TXM elnökétől

3. Fénykép:

https://www.google.com/search?q=Budai+Ern%C5%91+&tbm=isch&ved=2ahUKEwilp-5HUyqyAAxV63gIHHRCZBaIQ2-cCegQIABAA&oq=Budai+Ern%C5%91+&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECCMQJzIECCMQJ1DzDVjzDWCrD2gAcAB4AIABWogBsAGSAQEymAEAoAEBq-gELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=oS3BZOXSGfq8i-gPkLKWkAo&bih=658&biw=1536#imgrc=V9FBGQGe5sXwkM&imgdii=yWYVNASuzA8acM (2023.02.28.)

4. Fénykép:

Szabó György, Falcon-TXM elnökétől

5. Fénykép:

<https://www.google.com/maps/place/V%C3%A1rad,+7973/@45.9847256,17.7301631,9483m/data=!3m2!1e3!4b1!4m6!3m5!1s0x4767fc11b4943e81:0x400c4290c1eb9c0!8m2!3d45.9743574!4d17.7456586!16s%2Fm%2F02qtnkj?entry=ttu> (2023.03.02.)

6. Fénykép:

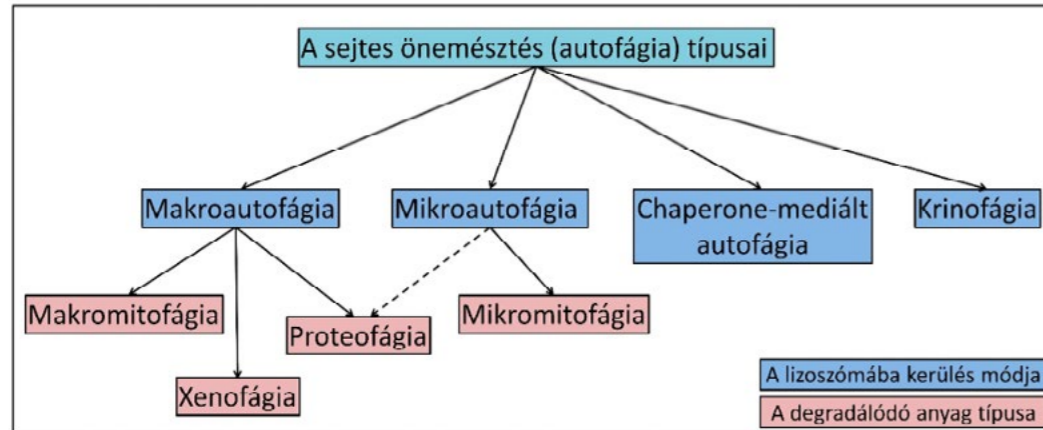
<https://www.raonline.ch/pages/edu/nw2/geotherm01a.html> (2023.03.03.)

7. Fénykép (összeállítás):

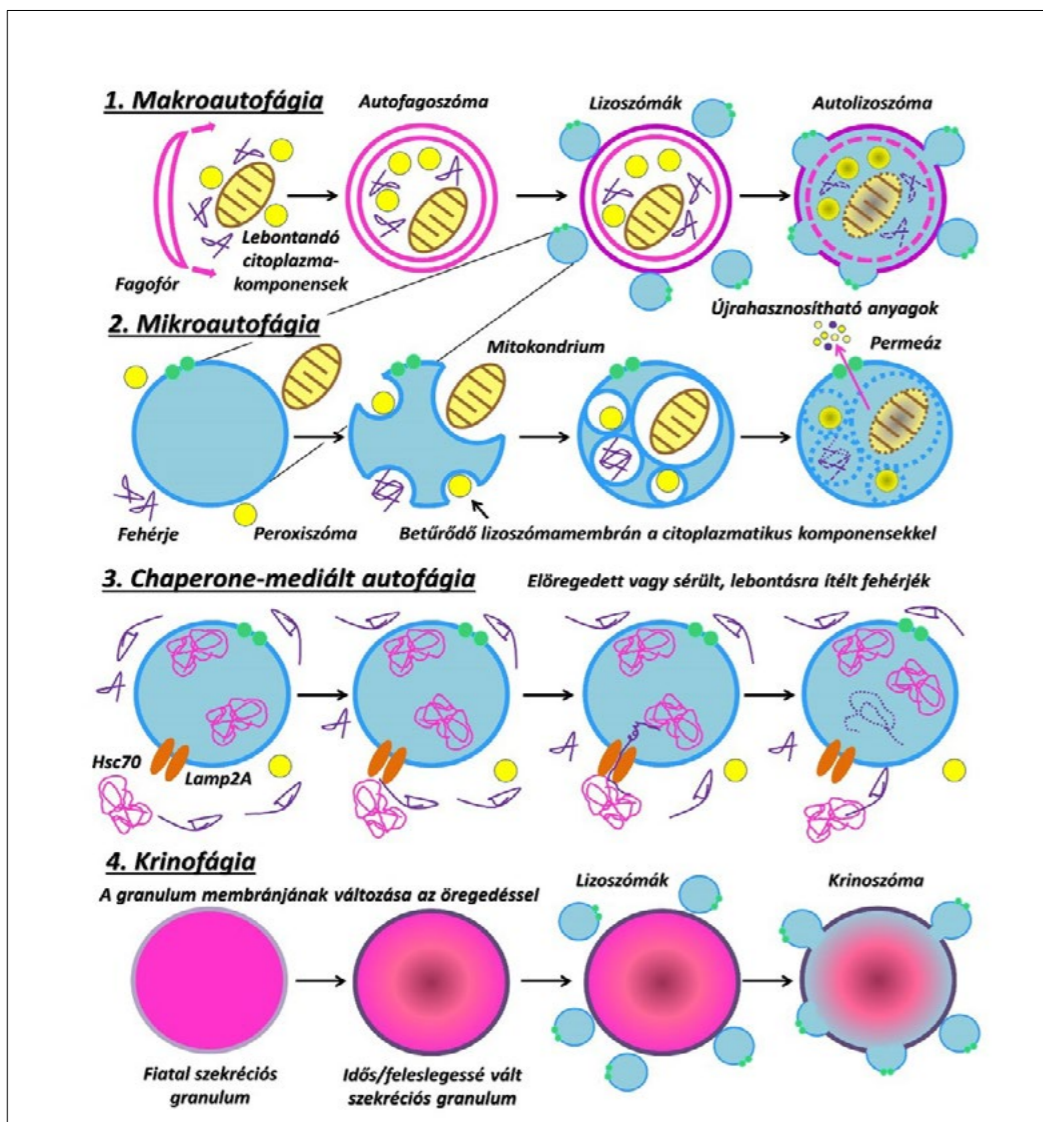
Szabó György, Falcon-TXM elnökétől

MELLÉKLETEK

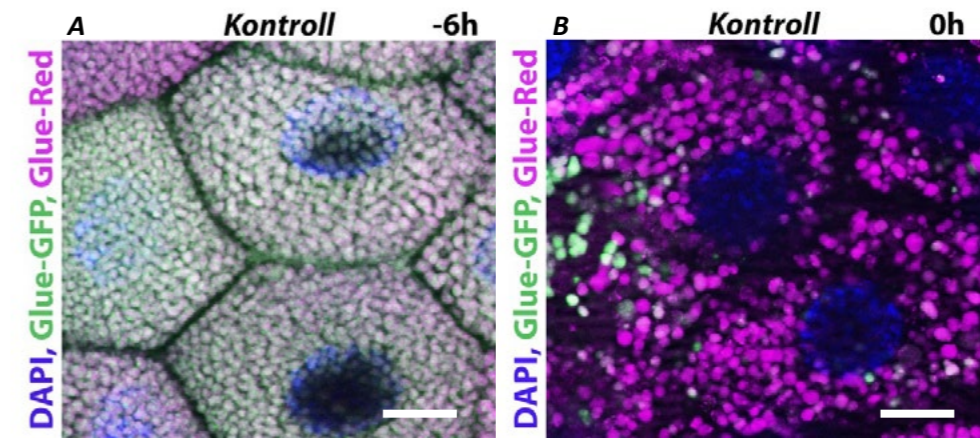
Balatoni Bori:
Megeszem magam! – Az eukarióta sejtek superképessége és a vezikuláris transzport



1. grafika: Az autofág folyamatok típusai

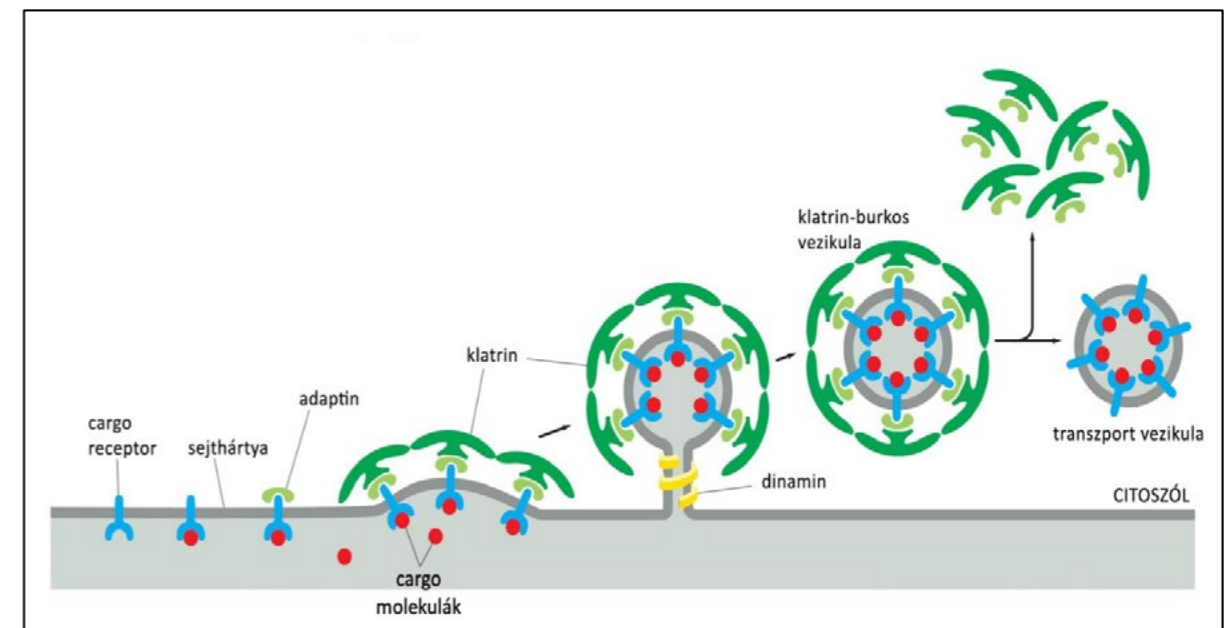


2. grafika: A sejtes önmészítő folyamatok áttekintése

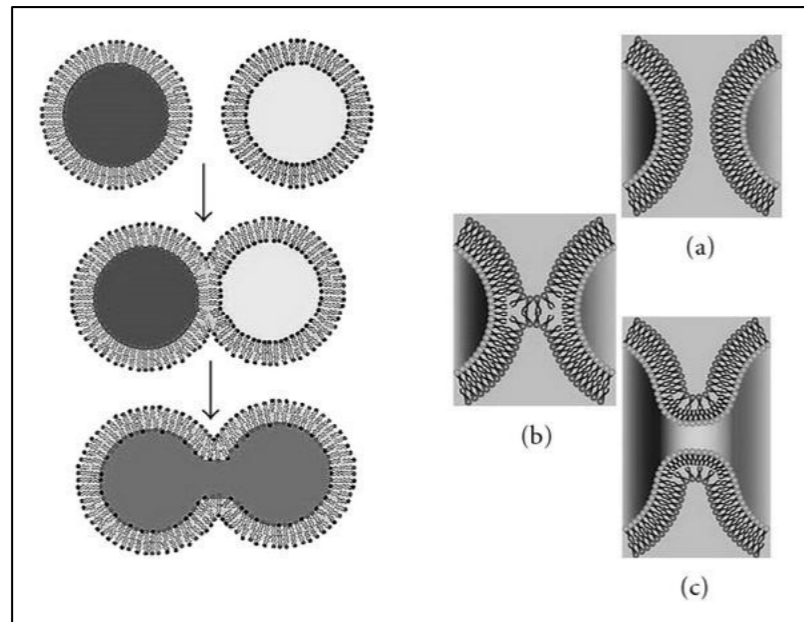


1. kép: A) Ecetmuslica (*Drosophila melanogaster*) vándorló lárva nyálmirigysejtjeiről készült felvétel, a szekréciós granulumok zöld és magenta színnel vannak megjelölve, így fehérés színárnyalatban láthatóak.

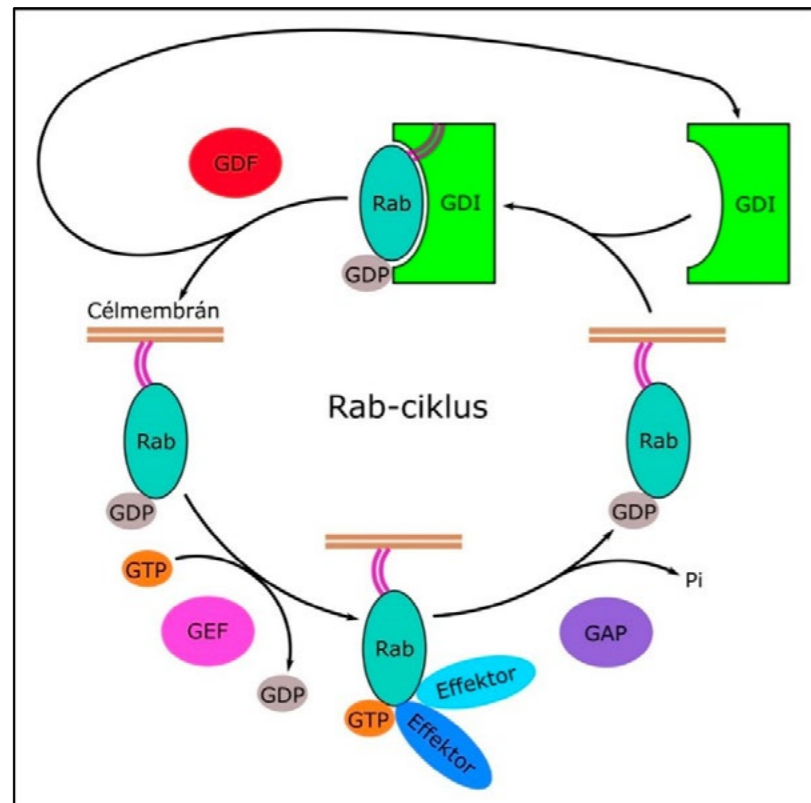
B) Ecetmuslica fiatal bábjának nyálmirigyében a degradálódó szekréciós granulumok (krinoszóma) válnak dominánssá, melyek magenta színnel láthatóak. Méretvonalak: 20 μ m



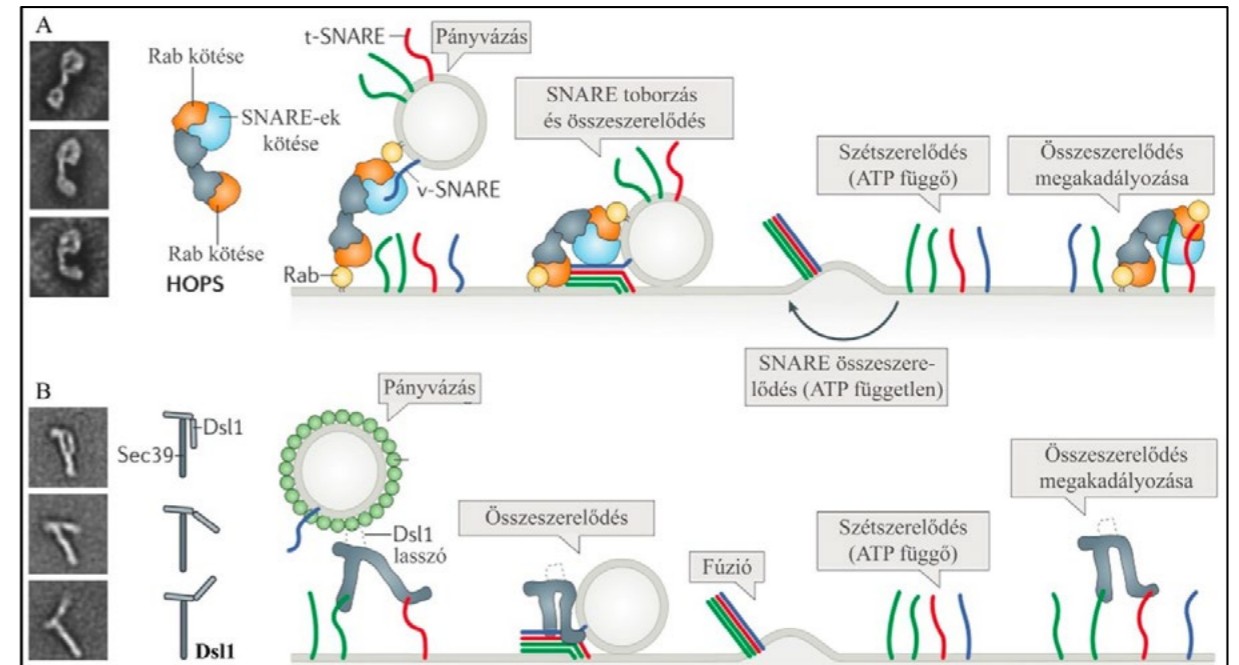
3. grafika: Vezikula lefűződése, belsejében a szállítandó anyaggal (cargo). A cargo receptor felismeri a cargo jelenlétét például a Golgi-készülék üregében. A citoszól felőli része megváltozik, ezt felismerve hozzákötődik egy adaptor fehérje (adaptin), ami odatoborozza a klatrin fehérjéket. Ennek segítségével meggömbül a membrán, majd végső lépésben a „palacknyak”-nak nevezett részhez kötődik a dinamin, mely összeszorítja a membránt, így lehetővé teszi a klatrin-burkos vezikula lefűződését. A transzport vezikuláról leválnak a klatrin és az adaptin fehérjék, ezáltal készen áll további útjára a sejtben.



4. grafika: Biológiai membrán (kettős foszfolipid réteg) közvetlen egyesülése. Az a) ábrán láthatók a fuzionálódó membránok, a b) folyamat során megkezdődött a foszfolipidek egymás felé fordulása, a c) résznél pedig egyesült a két membrán, beltartalmuk egy térbe került.



5. grafika: A Rab típusú kis GTP-áz fehérje inaktív állapotban a citoplazmában található, GDP és egy GDI fehérje kötődik hozzá, ami megakadályozza a GDP leválását. Aktív állapotban viszont képes lipidhorgonya segítségével membránhoz lokalizálni. Ekkor GTP-t köt, és szerepet játszik a membránidentitás meghatározásában, valamint elősegíti a membránfúziót. Ha már nincs rá szükség, elhidrolizálja a GTP-t, és újra inaktívvá válik.



6. grafika: Az A panel egy vezikula pányvázását és dokkolását mutatja be abban az esetben, amikor Rab fehérjék jelenlétében HOPS pányvázó komplex segítségével megy végbe a homotipikus fúzió. Ezzel ellentétben a B panelen a Dsl1 pányvázó faktor Rab nélkül is képes felismerni és megkötni a membránhólyagot, majd egyesíteni a membránokat.

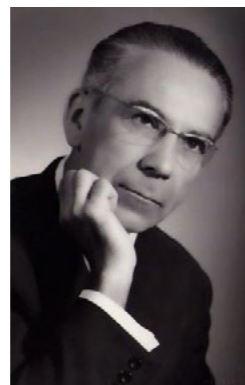


7. grafika: Az autofág folyamatok hibás működésével összefüggésbe hozható betegségek

**Kutasy Kamilla, Plótár Balázs:
Kéktúra GPS-szel**



1. fénykép. részlet a filmből¹



2. fénykép. Homoki-Nagy István



3. fénykép. Matula bácsi szerepében Bánhidi László

¹Rockenbauer Pál (forgatókönyvíró, rendező): Másfél millió lépés Magyarországon
<https://www.youtube.com/watch?v=UazsO1FYrG4> (2022.10.26.)



4. fénykép. Rockenbauer Pál-részlet a filmből²

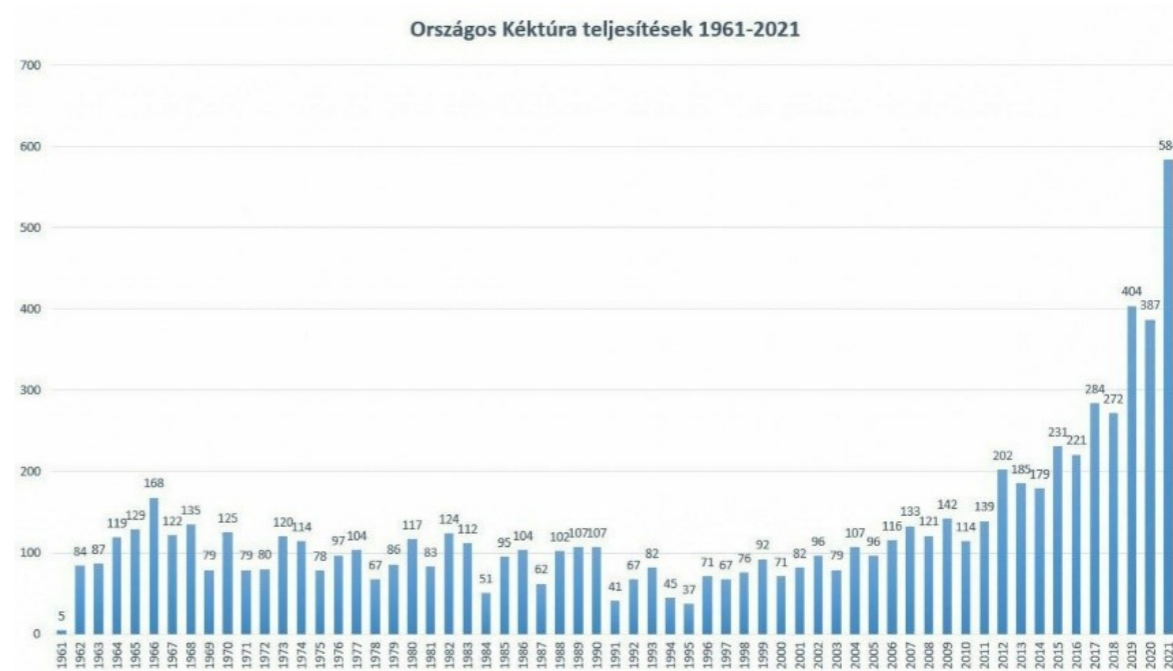


5. fénykép. A Rockenbauer Pál kopjafa a Naszály lábánál

²Rockenbauer Pál (forgatókönyvíró, rendező): Másfél millió lépés Magyarországon
<https://www.youtube.com/watch?v=UazsO1FYrG4> (2022.10.26.)



1. ábra. Országos Kéktúra részlete: Ötvös-Úrkút között



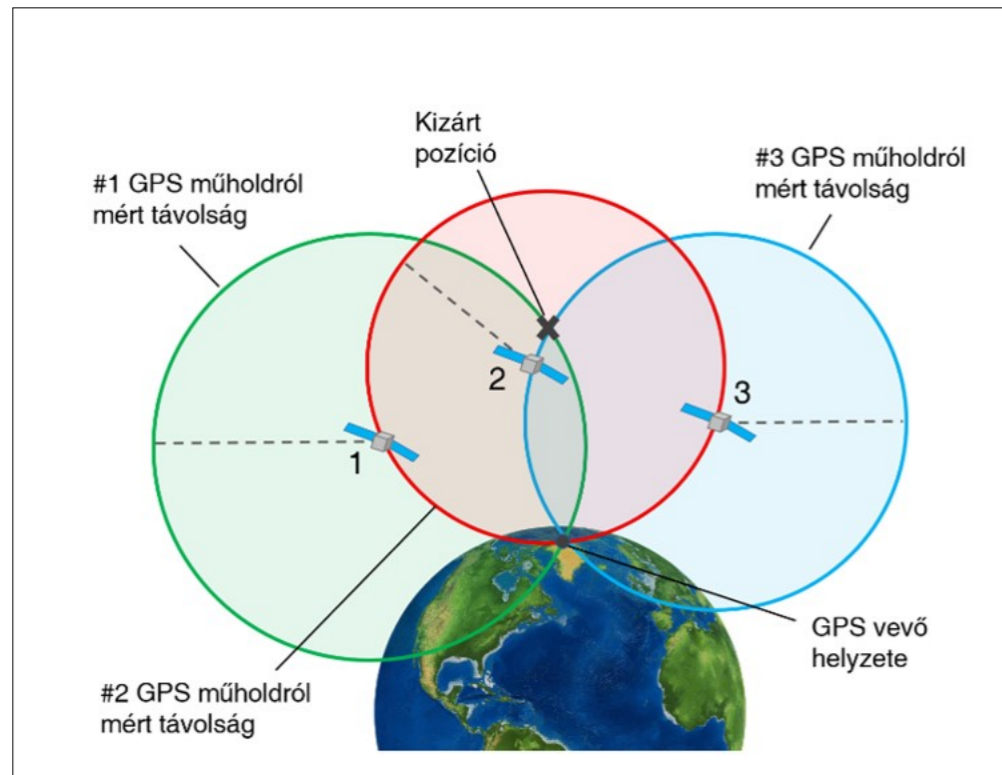
3. ábra. Országos Kéktúra teljesítések 1961-2021



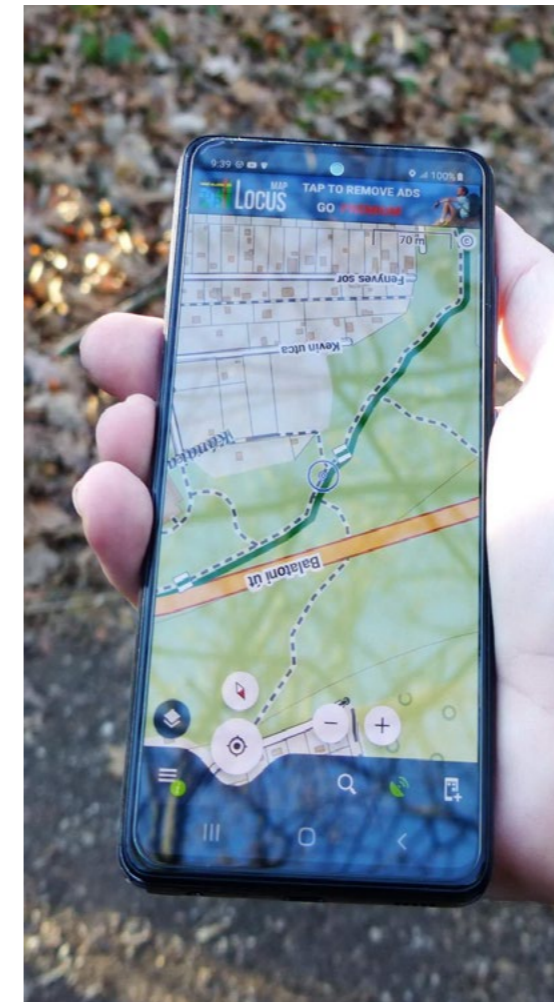
2. ábra. Országos kékkör



6. fénykép. GPSMAP 65 készülék



4. ábra. A műholdas helymeghatározás geometriai alapja



7. fénykép: Az automatikusan forgó térkép, térképészlet

Országos Kéktúra

Domonkos Buchwarth

50 E+
letöltés

Korhatár nélkül

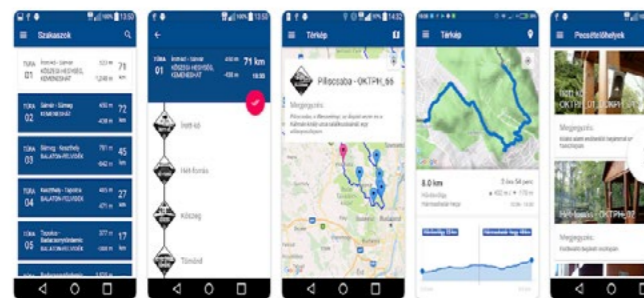
Telepítés

Megosztás

Felvetel a kívánságlistára



Ez az alkalmazás letölthető az eszközüdre



Alkalmazás támogatása

5. ábra. Google Play Kéktúra applikáció



8. fénykép. Murvabánya



9. fénykép. Bükkös: tarvágás utáni felújítás



10. fénykép. Idősebb erdőrész a keszthelyi bükkösökben



11. fénykép. Gyászcsincér



12. fénykép. Kis hóscincér



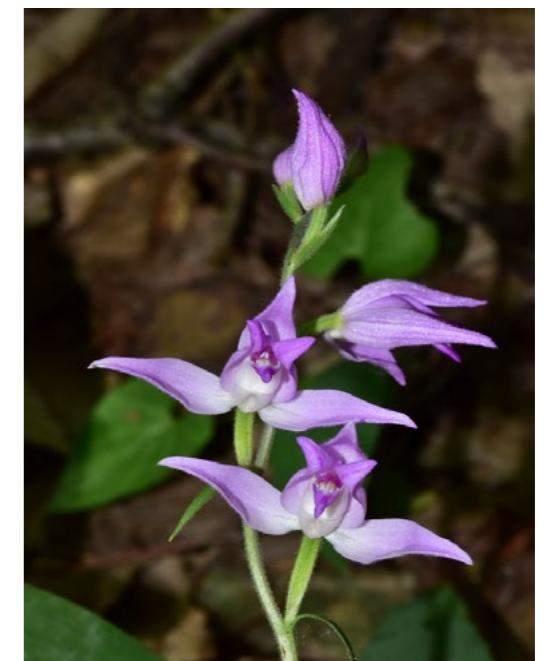
13. fénykép. Agár sisakoskosbor



14. fénykép. Bíboros kosbor



15. fénykép. Piros Adriai sallangvirág



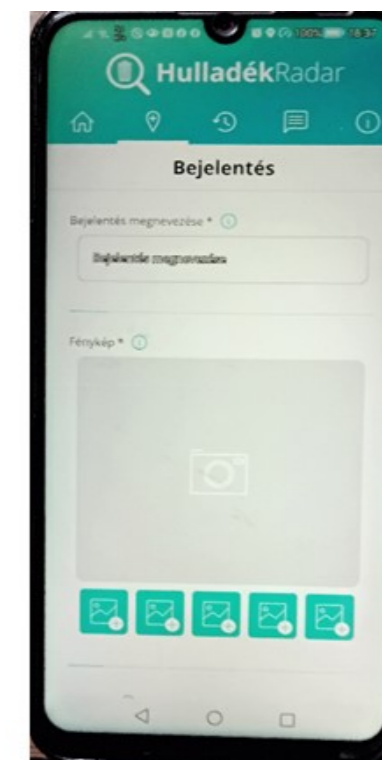
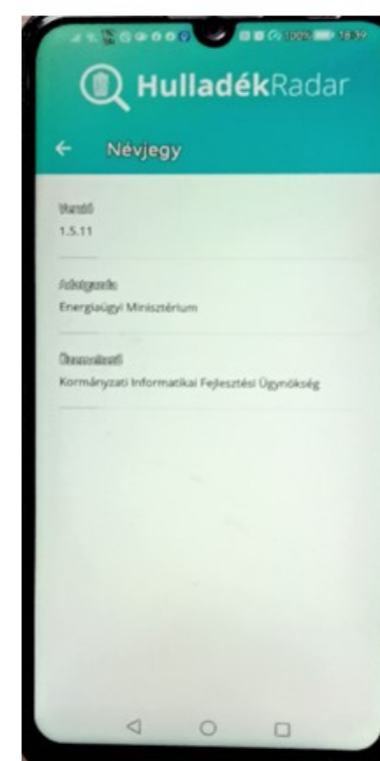
16. fénykép. Madársisak



17. fénykép. Légybangó



18. fénykép. Tarka pettyeskosbor



20. fénykép. HulladékRadar: kezelői felület



19. fénykép Méhbangó

Nagy Bendegúz Ferenc:
Egyszerű gyeptanulmányok a keszthelyi berekben

Növénycsalád	Faj
Cyperaceae	borzas sás
	rókasás
	posvány v. mocsári sás
	zsombéksás
Juncaceae	déres szittyó
Poaceae	tarackos tippán
	réti csenkesz
	nádkepű csenkesz
	zöldpántlikafű
	réti ecsetpázsit
	pelyhes selyemperje
Ranunculaceae	csomós eből
	kúszó boglárka
	torzsika boglárka
Boraginaceae	réti boglárka
	fekete nádálytő
Aplaceae	erdői turbolya
Lamiaceae	kerekrepekény
	lómenta
	mocsári tisztesfű
Rosaceae	indás pimpó
Polygonaceae	libapimpó
	lapulevelű keserűfű
Convolvulaceae	fodros lórom
Asteraceae	sővényiszulák
Rubiaceae	szürke aszat
	pongyola pitypang
Rubiaceae	közönséges galaj
Fabaceae	..? bükköny

1. táblázat. A vizsgált mocsárrétre jellemző fajok előfordulásuk gyakorisága szerint (2019. májusban)



1. fénykép (összeállítás): Grasshopper G2 RPM típusú tárcsás gyeptanulmány- és használat



2. fénykép: A vizsgált gyeptanulmány elhelyezkedése



3. fénykép: Helyszíni gyeptanulmányok, nyíráspróba



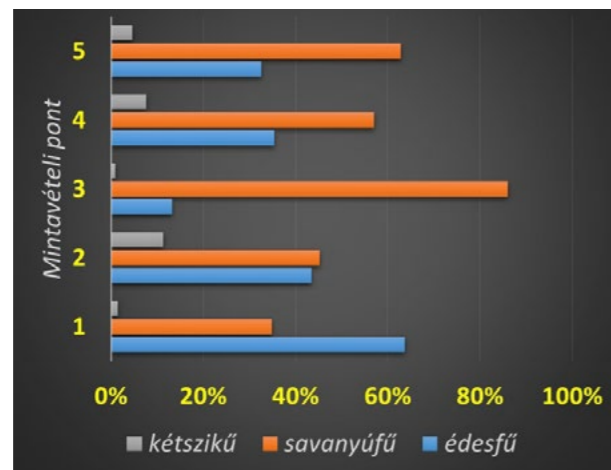
4. fénykép: Három frakcióra bontott gyeptanulmány (savanyúfüvek, édesfüvek, pillangósok és egyéb kétszikűek)



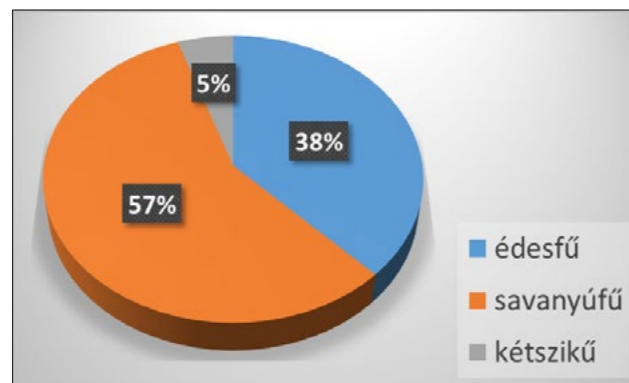
5. fénykép: A savanyú- és édesfűvek megkülönböztetésének egyszerű módja a szárkeresztmetszet alapján



3. ábra. Nyíráspróbával becsült zöldfű hozam (t/ha) az első növedékben, május közepén

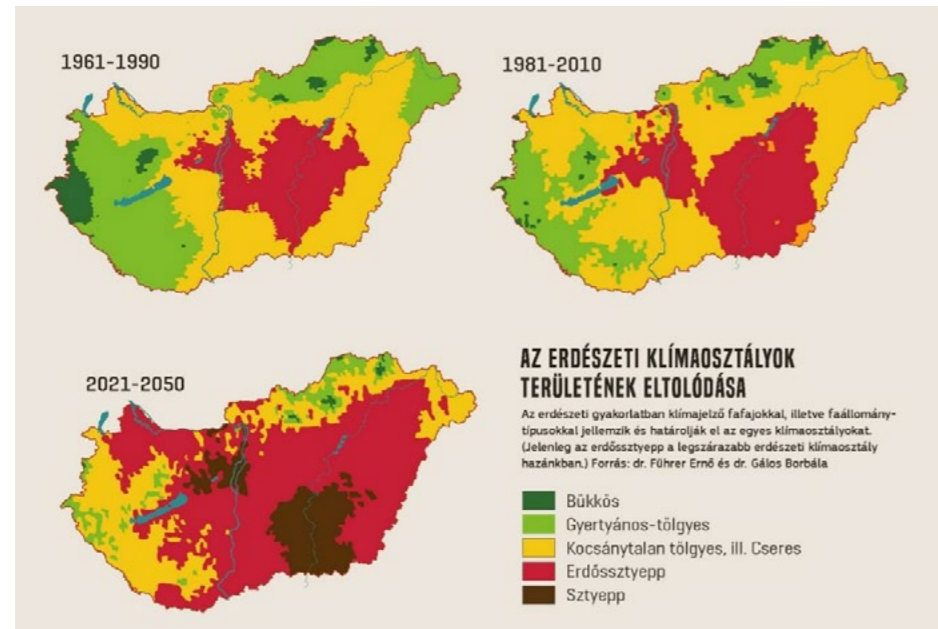


1. ábra: A vizsgált növénycsoportok aránya az öt mintavételi ponton



2. ábra: Fontosabb növénycsoportok tömegaránya a vizsgált mocsárrét társulásban

**Nagy Bendegúz Ferenc:
Feketefenyő – a Keszthelyi-hegység hírmondója**



1. ábra. A termőhelyi potenciál csökkenése, az erdészeti klímaosztályok átrendeződése



1. fénykép. Több mint ötvenéves feketefenyő a Keszthelyi-hegységben



2. ábra. A Keszthelyi-hegységben bekövetkezett 2012-2014. évi feketefenyő-pusztulás klasszikus kárláncolata



2. fénykép. A vizsgált erdőrészlet egy nyugati kitértű lejtője hírmondóként maradt fekete fenyővel



3. fénykép. Az inváziós bálványfa nagyobb csoportja a vizsgált erdőrészlethez vezető erdészeti út mellett

fafaj	elegyarány (%)	kor (év)
virágos kőris	60	53
molyhos tölgy	17	53
csertölgy	8	53
feketefenyő	18	53
virágos kőris	90	11
barkócaberkenye	10	11

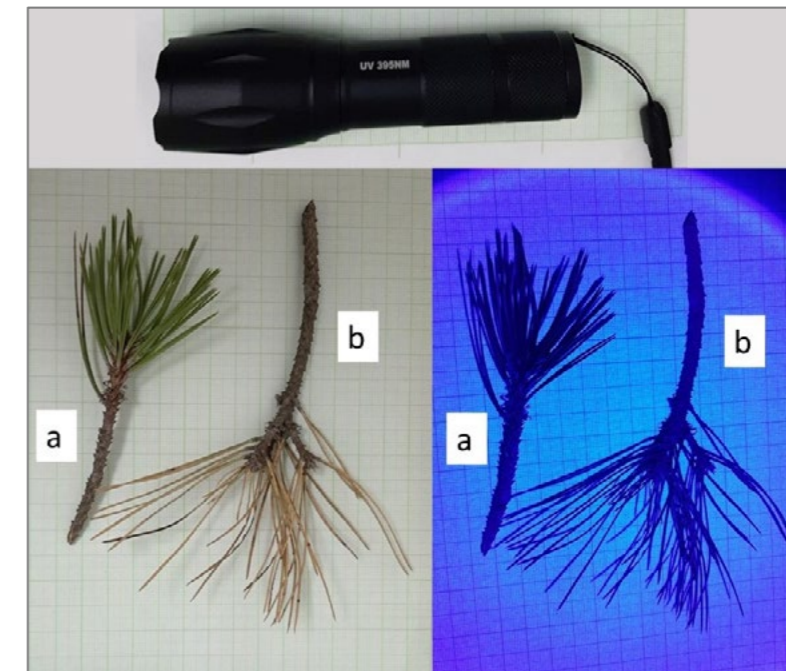
1. táblázat: A faállomány összetétele a megfigyelt erdőrészletben



4. fénykép. A közönséges méreggyilok termése

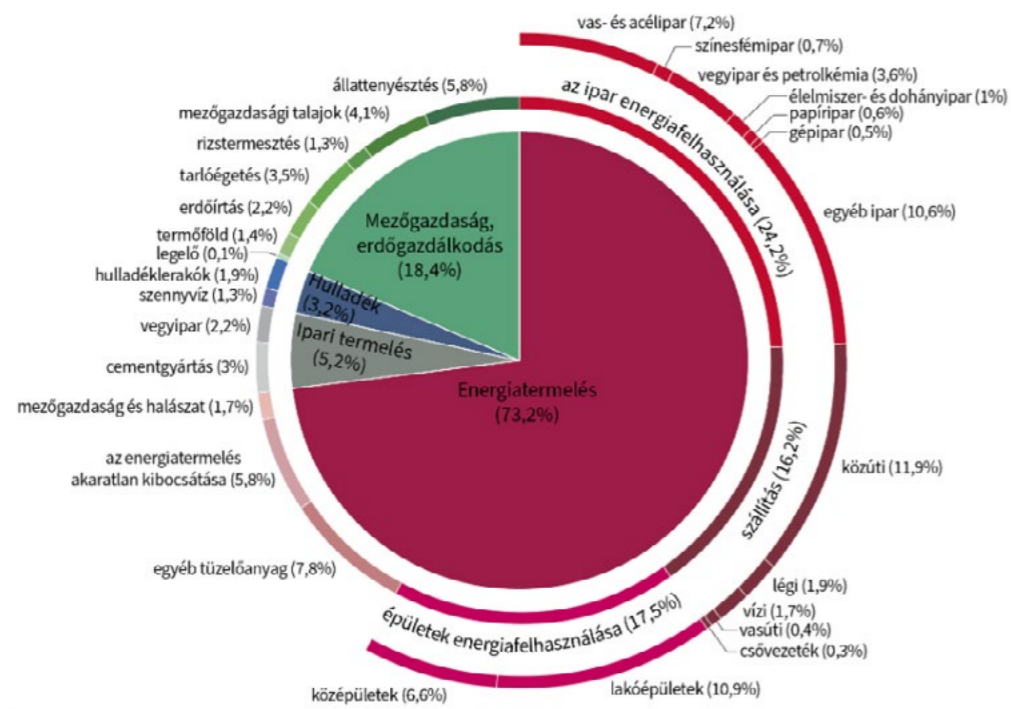
SZEMLEMÁSOLAT AZ ORSZÁGOS ERDŐÁLLOMÁNY ADATTÁRBÓL										
Ügyszám:		Hatályos: 2021.05.16.		Oldal: 1/a						
Részlet: Keszthely (9412) 57 A (10)		Területe: 10,28 ha								
Gazdálkodó: KESZTHELYI ERDÉSZET (57)										
Illetékes: Erdészeti Igazgatóság, Veszprém										
Elsődleges rendeltetés: Természetvédelmi		Üzem mód: Vágásos								
További rendeltetések: Talajvédelmi, Natura 2000										
Természetességi alapelvárás: Származék erdő		Természetességi állapot: Származék erdő								
Erdőtervezési körzet: Keszthelyi-hegység		Következő ütemezett körzeti erdőtervezés éve: 2022								
Erdészeti táj: Keszthelyi-dolomitvonulat										
Védettség foka: Védett természeti terület		Natura 2000: Rész a hálózatnak								
Tengerszint fel. mag.: 250-350 m		Fekvés: Nyugati oldal								
Lejtés: 15-20°		Domborzat: Hegy-, domb-, buckaoldal								
Termőhelytípus-változat: KTT-TVFLN-RE-SE-V		T.h. megh. módja: Közvetett (növénytakarások alapján)								
Faállománytípus: Tölgyes-kőris										
Távlati célállomány: Molyhos tölgyes-cseres										
Tűzveszélyességi besorolás: Kismértékben veszélyeztetett terület										
ÁLLOMÁNYLEÍRÁS										
▲ Szint	Fafaj	Eredet	Elegyarány (%)	Elegyedés módja	Záródás (%)	Kor (év)	Magasság* (m)	Átmérő* (cm)	Fakészlet* (m ³ /ha)	
1	Első	Virágos kőris	ST	60	FF	36	53	9	11	21
2	Első	Molyhos tölgy	ST	14	SZ	36	53	9	15	5
3	Első	Csertölgy	M	8	CS	36	53	12	17	6
4	Első	Feketefenyő	M	18	SZ	36	53	11	17	15
5	Felújítási	Virágos kőris	M	90	FF	40	11	1	0	6
6	Felújítási	Barkócaberkenye	M	10	SZ	40	11	1	0	0

3. ábra. Erdőrészlet Leírólap (részlet a bejárt erdő rész szemlemásolatából)

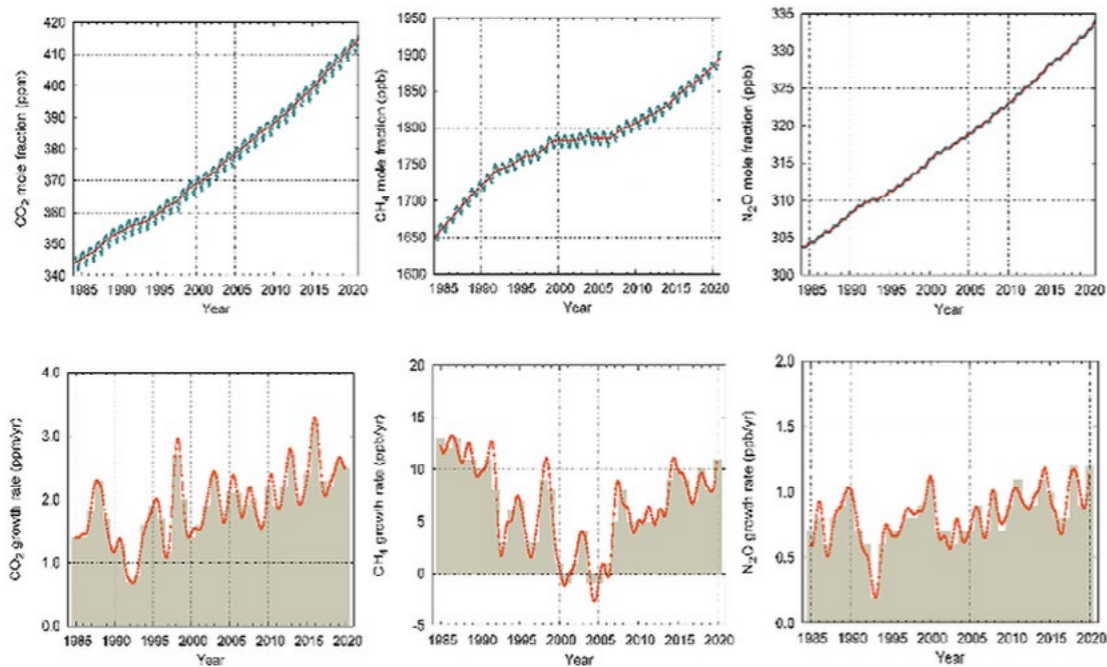


5. fénykép (fényképösszeállítás). Egészséges (a) és fertőzött (b) hajtások természetes fényben és UV-megvilágításban

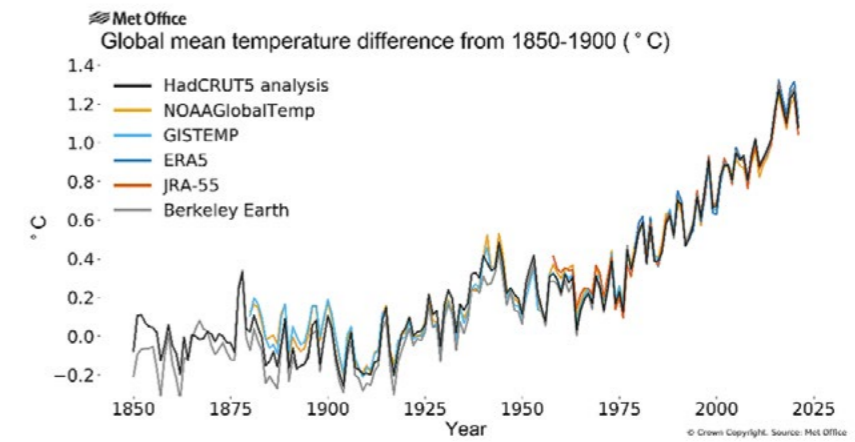
Novák Márton: A fenntarthatóság kérdőjelei



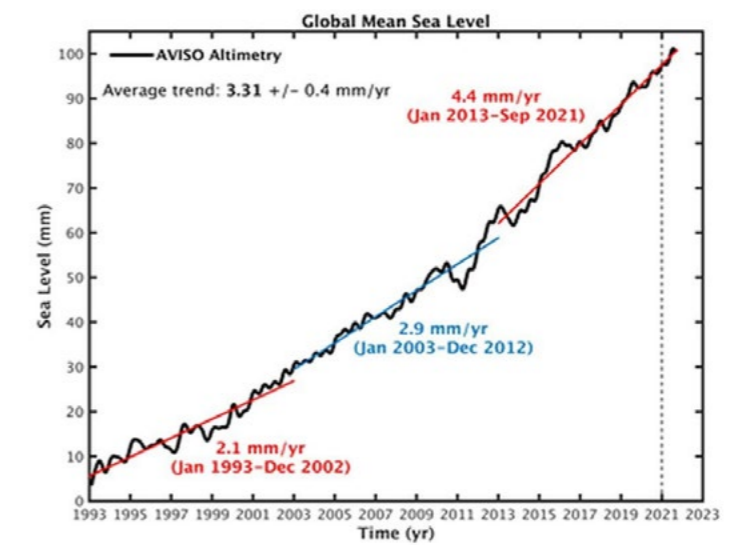
1. diagram: Energiakibocsátók



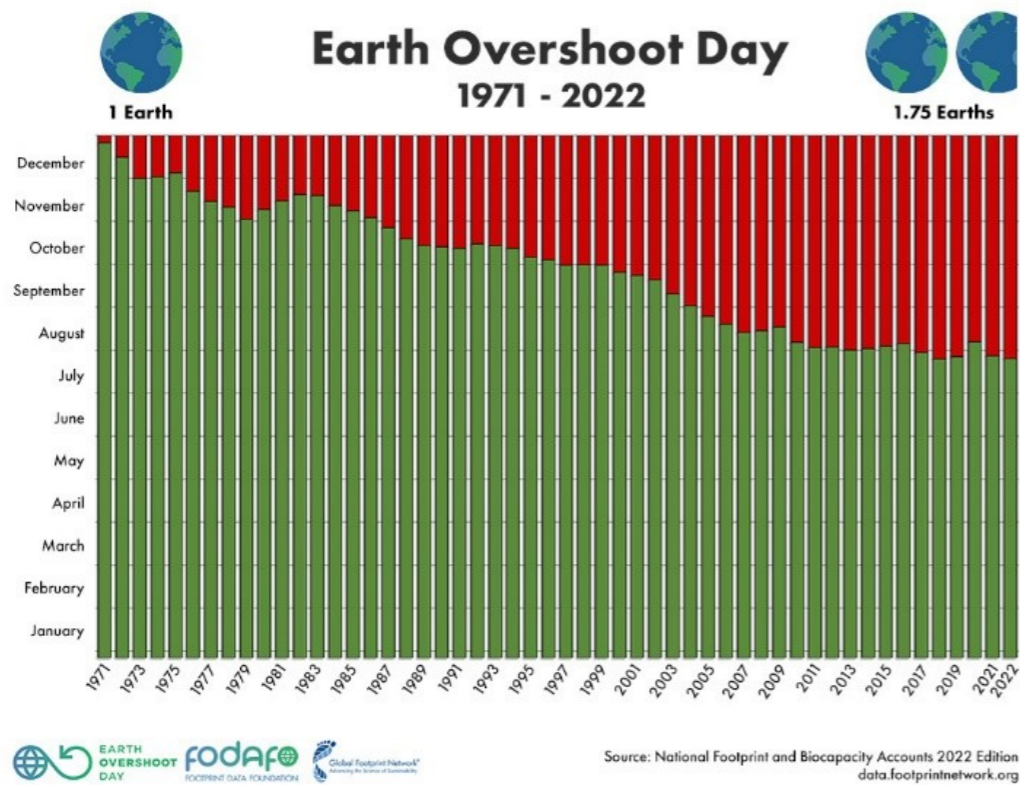
2. diagram: CO2, CH4, N2O koncentráció alakulása



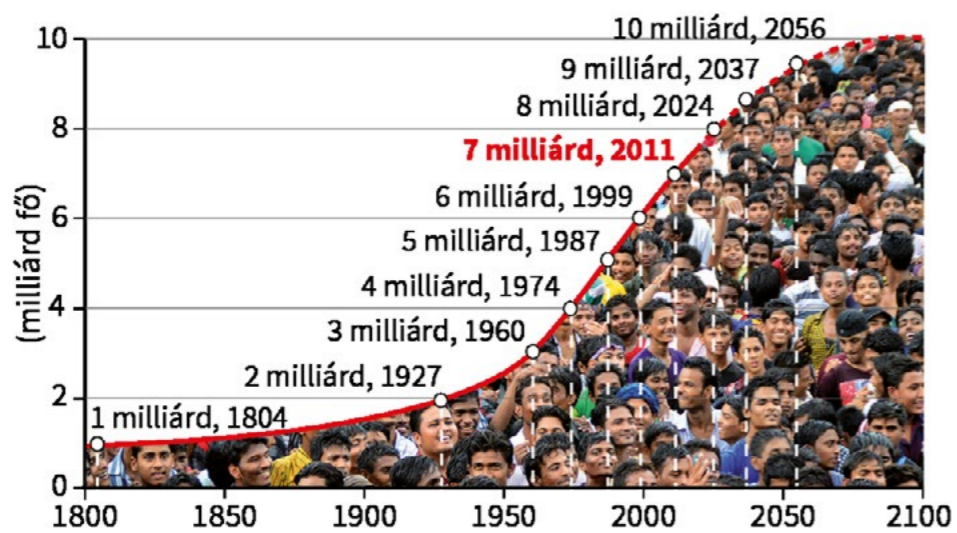
3. diagram: Hőmérséklet emelkedése (WMO, 2021)



4. diagram: Tengerszint emelkedés (WMO, 2021)



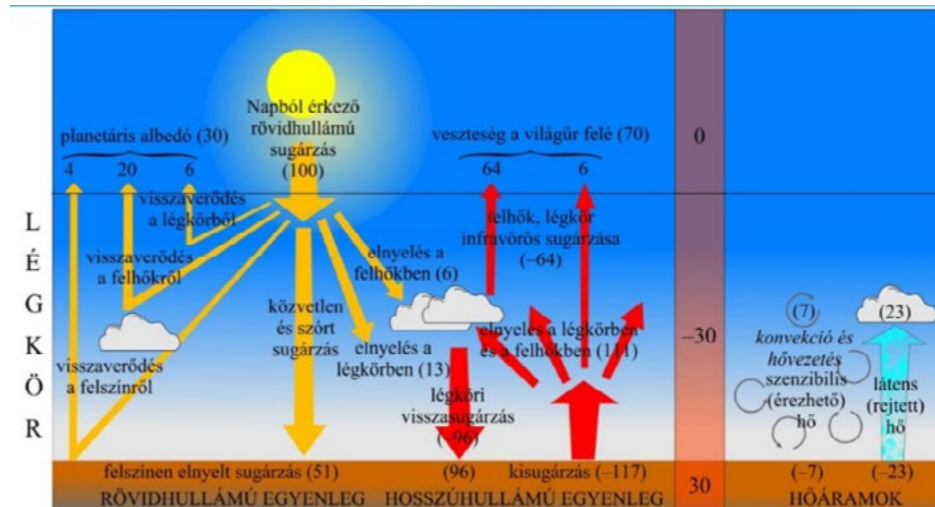
5. diagram: Overshoot Day alakulása az évek alatt (EOD, 2022)



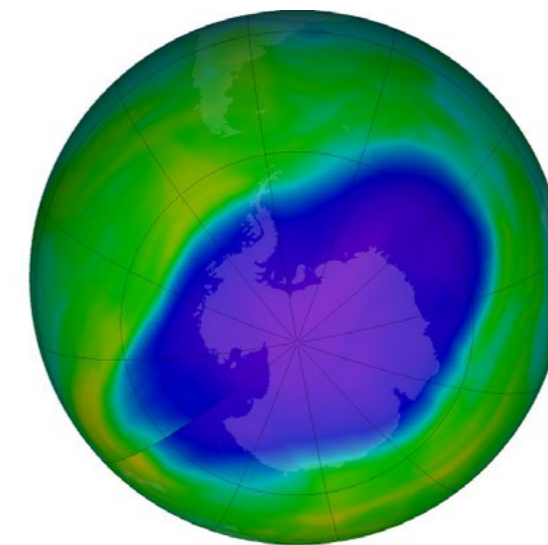
6. diagram: népességrobbanás



1. kép: A világtenger emelkedésének hatásai 5000 év múlva



1. ábra: légkör energiameérlege (NR, 2021)



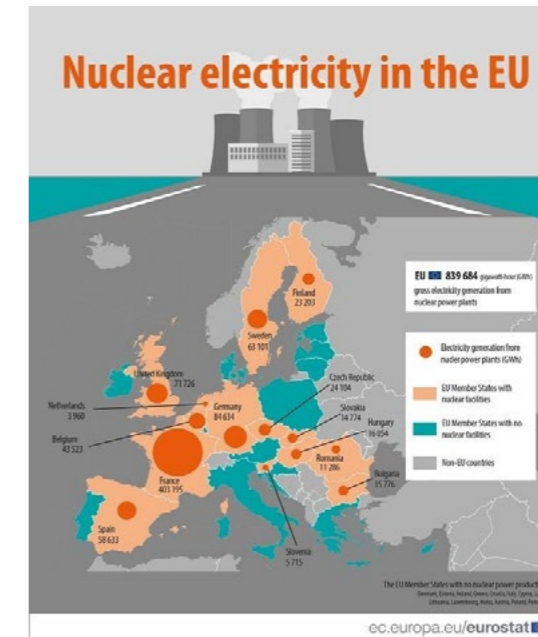
2. ábra: ózonlyuk az Antarktisz felett



1. fénykép: Hulladékszennyezés (Portfolio, 2021)



2. fénykép: Tengerre telepített szélenergia



3. ábra: Nukleáris erőművek termelése az EU-ban

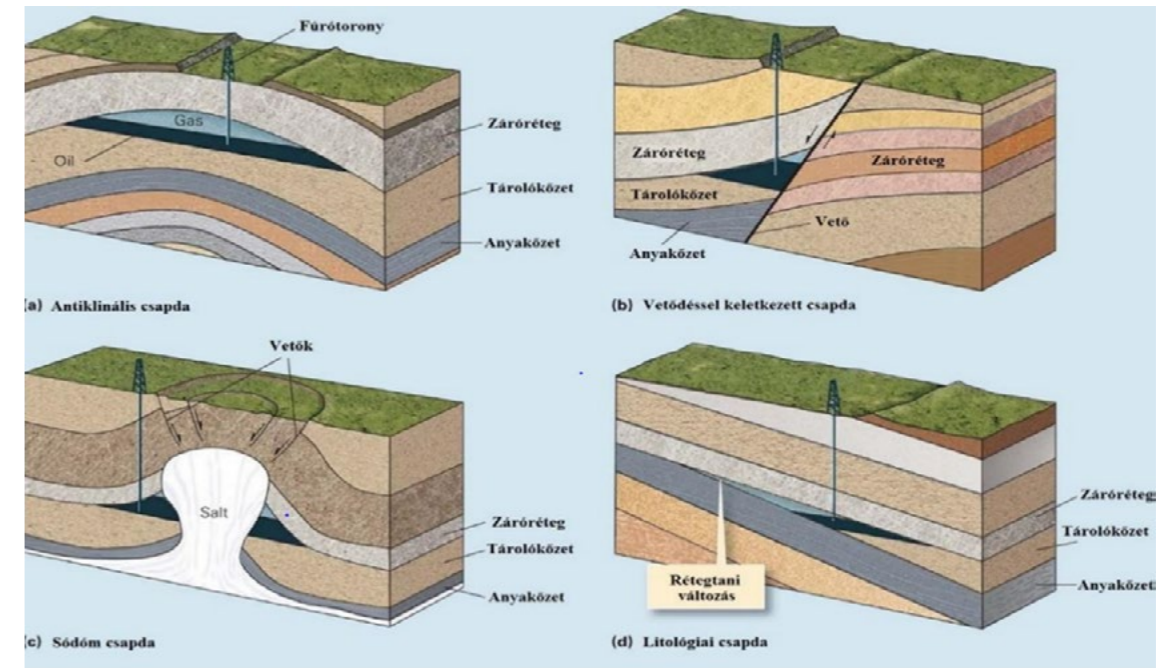
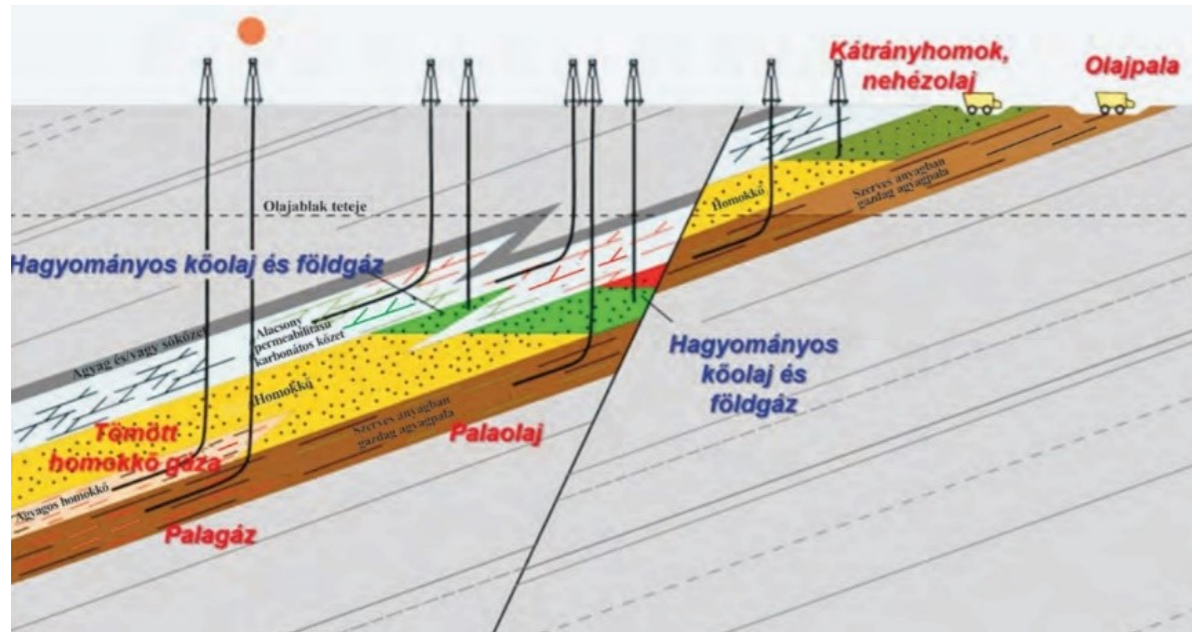


3. fénykép: indiai nagyváros (Portfolio, 2022)



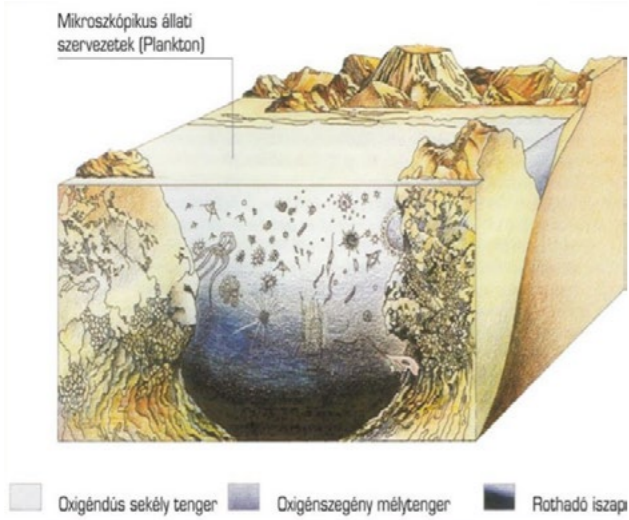
4. ábra: ENSZ fenntartható fejlődési célok

Révész Vanessza Natasa:
Kincs, ami nincs... vagy mégis?

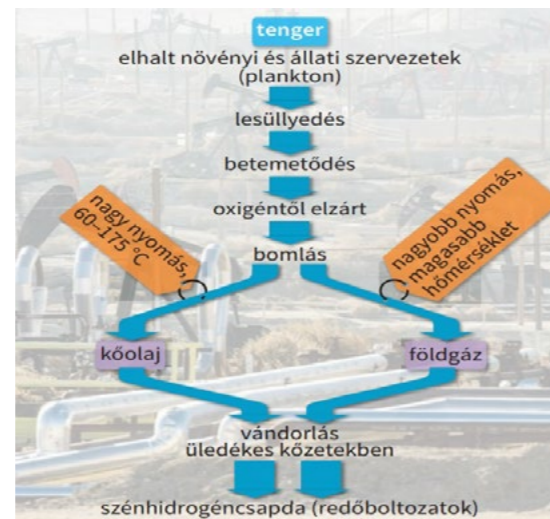


4. ábra: Kőolajcsapdák típusai

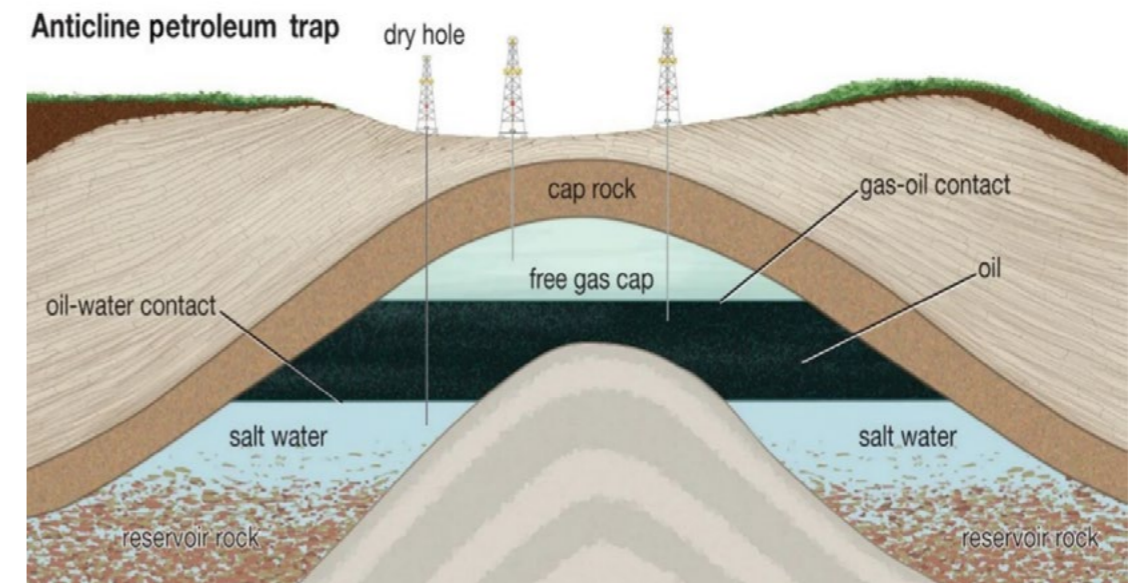
1. ábra: Hagyományos és nem hagyományos szénhidrogén-előfordulások



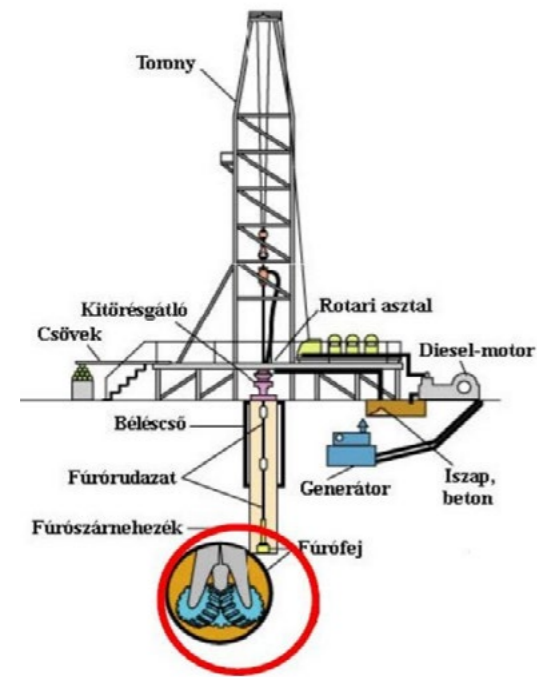
2. ábra: A kőolaj és földgáz keletkezése



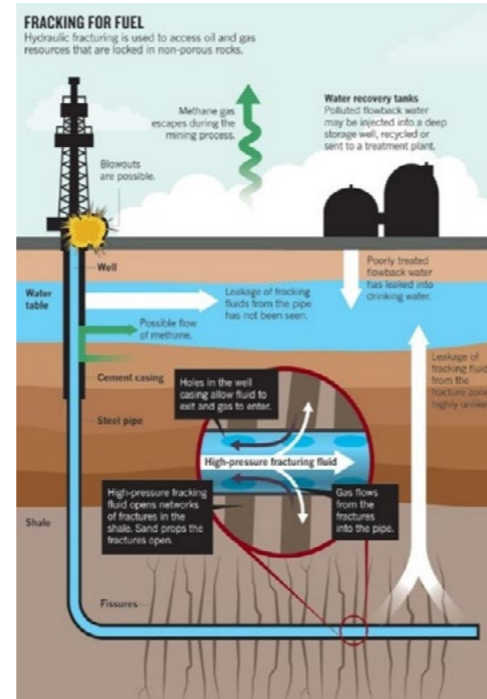
3. ábra: A kőolaj és földgáz keletkezése



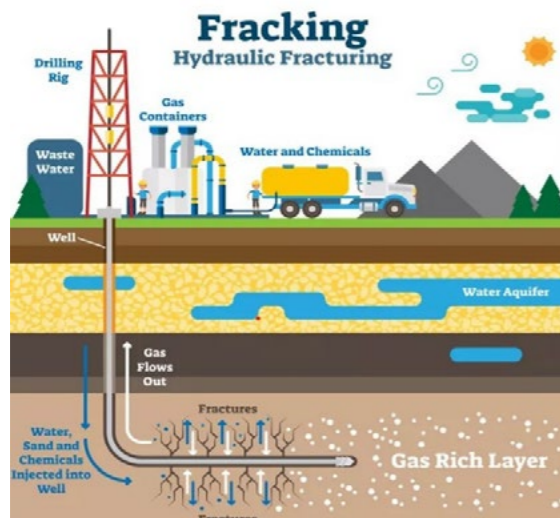
5. ábra: Az antiklinális csapdába esett anyagok elkülönülése



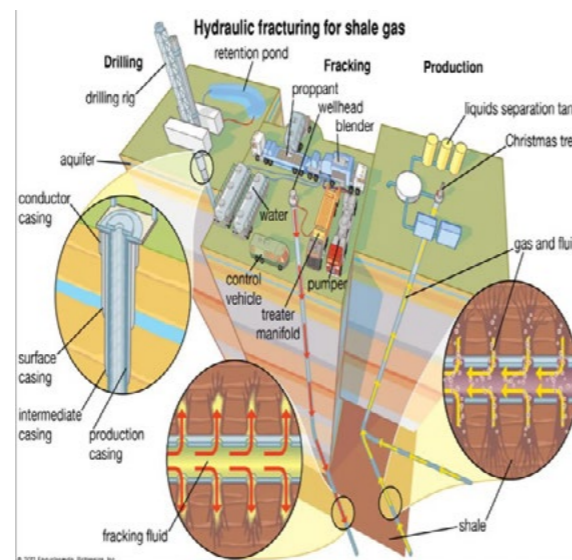
6. ábra: Fúrótorny



7. ábra: A hidraulikus rétegrepezítés folyamata



8. ábra: A hidraulikus rétegrepezítés folyamata II. (A hidraulikus rétegrepezítés során vizet, homokot és vegyszereket használnak a kőzetek mélyen a föld alatt történő repezítésére, és olaj- és gázkibocsátásra.)



9. ábra: A hidraulikus rétegrepezítés folyamata III. (A palaképződménybe fúrás; csőburkolattal való bélelés; a pala repezítése folyadék nyomás alatti befecskendezésével)



Hidraulikus rétegrepezítés eszközei



Forrás: Quadrilla

1. fénykép: A legkorszerűbb eszközök



Hidraulikus rétegrepezítés (Dél-Zala, 1957)

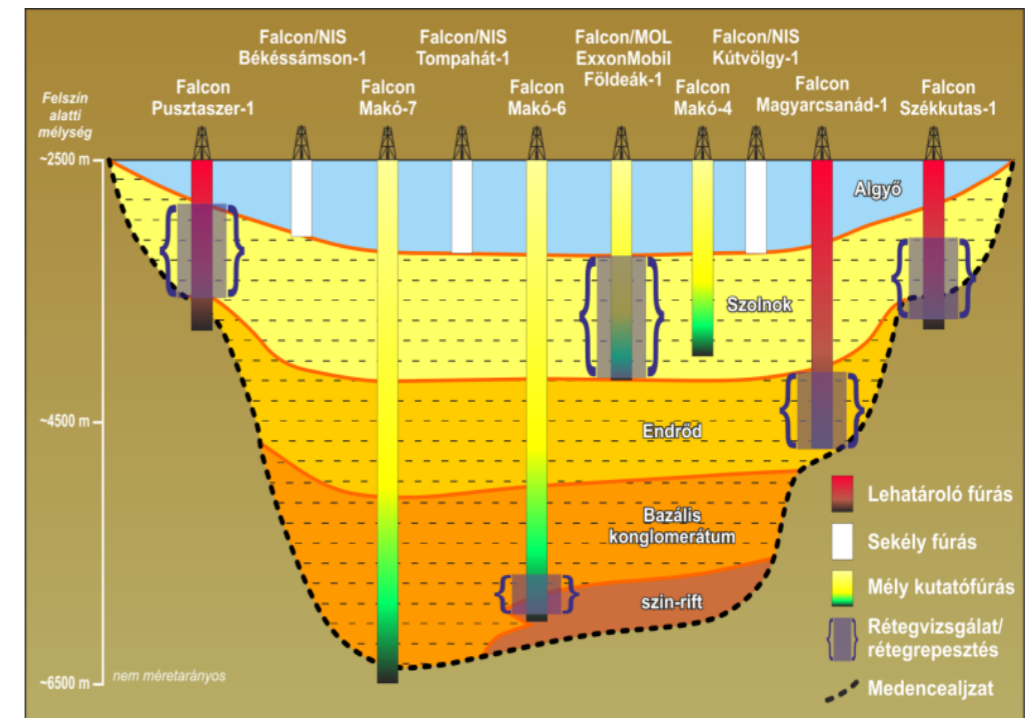


Forrás: Magyar Olajipari Múzeum

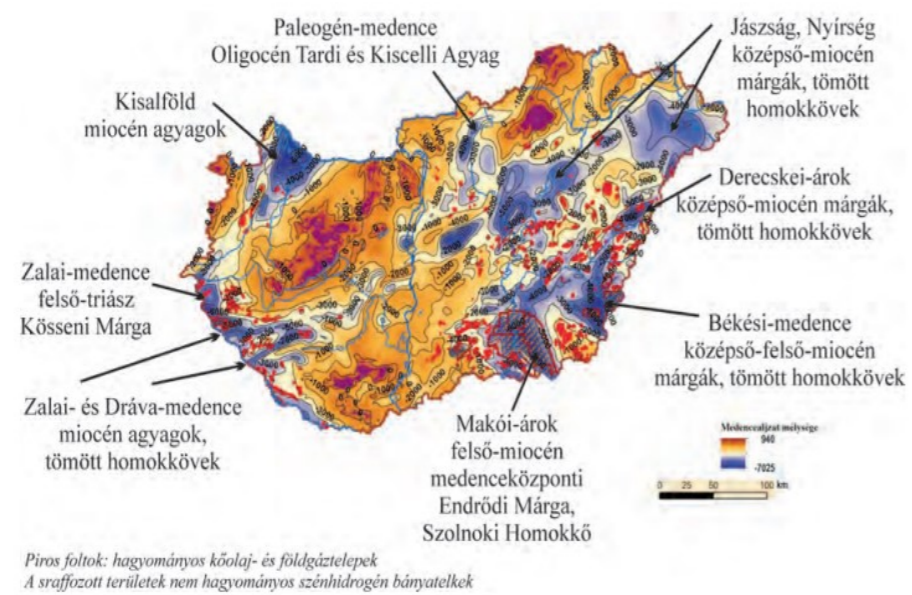
2. fénykép: Az 1957-es budafai projekt



3. fénykép: Buda Ernő



11. ábra: Kútfúrési műveletek a Makói-árok területén



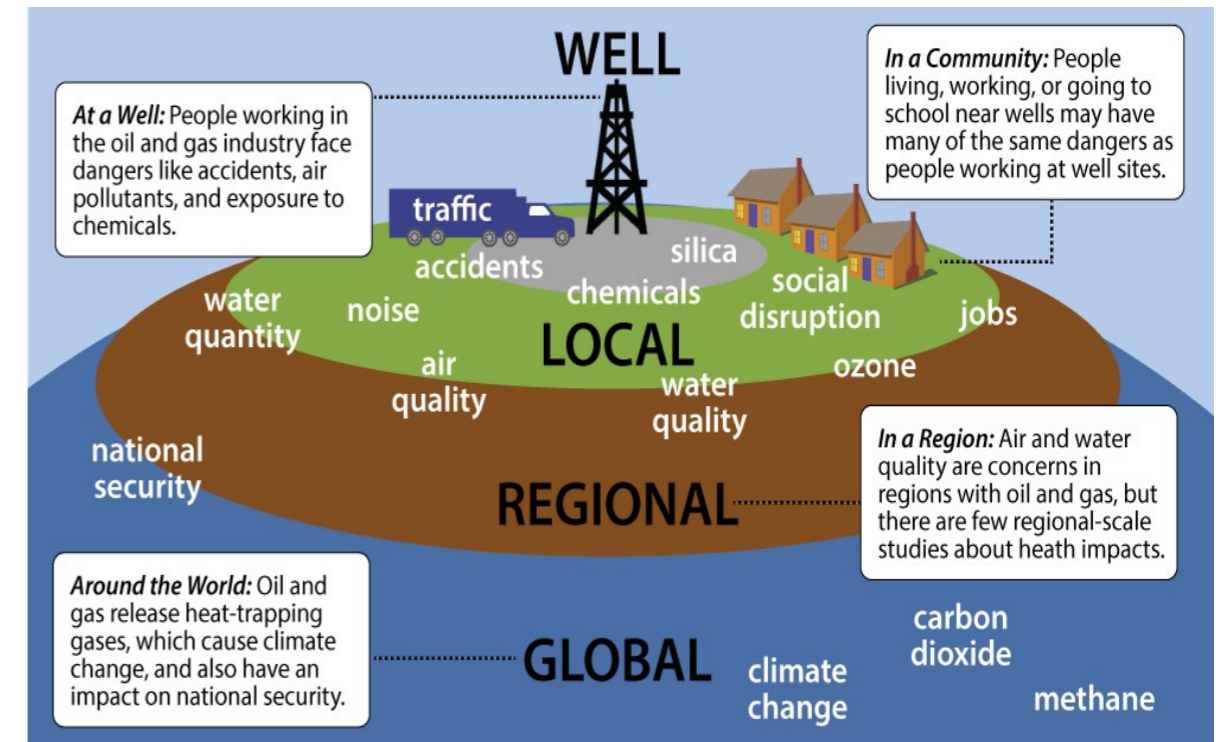
10. ábra: Hazánk nem konvencionális szénhidrogénekben gazdag területei



4. fénykép: Munkafolyamatok a Békési-medence területén



5. fénykép: Telephely madártávlatból



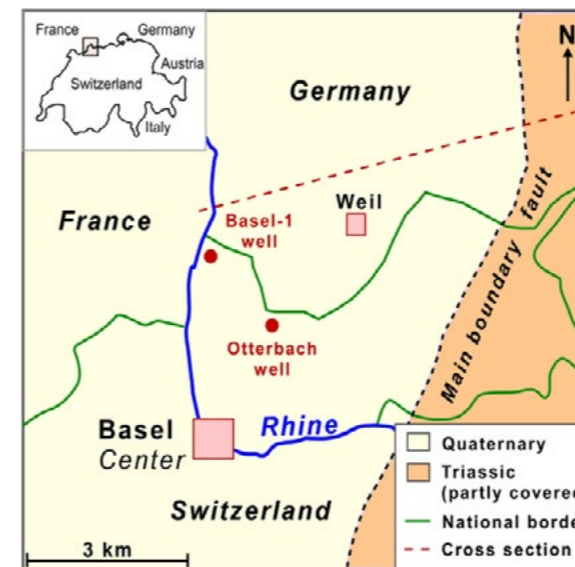
14. ábra: Kétélyek, aggályok...¹



12. ábra: A Dráva-medence fekvése



13. ábra: A Dráva-medence fekvése



15. ábra: „Deep-Heat-Mining-Project Basel”



6. fénykép: „Deep-Heat-Mining-Project Basel”

¹ Az ábra a globális, regionális, helyi szinten tünteti fel a különféle veszélyeket, amelyeket az olaj- és gázfejlesztés jelenthet a munkavállalók és a közösségek számára, de ezek a fenyegetések nagyon eltérőek a kutaktól való távolságtól függően

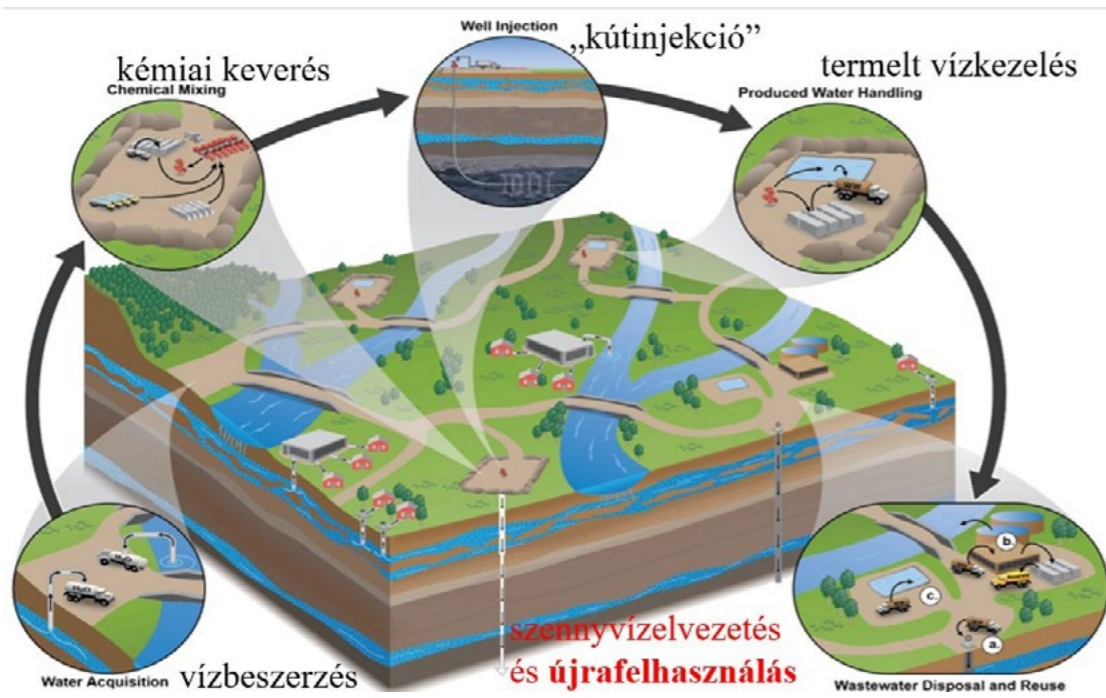
Élővilág-védelem



Forrás: Falcon-TXM

29

7. fénykép (összeállítás): Az élővilág védelme



16. ábra: Rekultiváció

TÁMOGATÓK:



NEMZETI EGYÜTTMŰKÖDÉSI ALAP

MATHIAS CORVINUS COLLEGIUM ALAPÍTVÁNY

ZALAEGRSZEGI TANKERÜLETI KÖZPONT

TIT ISMERETTERJESZTŐ ÉS SZAKKÉPZŐ EGYESÜLET

DEÁK FERENC MEGYEI KÖNYVTÁR

ZALAEGRSZEGI SZAKKÉPZÉSI CENTRUM

A ZALAEGRSZEGI ADY ENDRE ÁLTALÁNOS ISKOLA, GIMNÁZIUM ÉS AMI.

ZALAEGRSZEGI SZC KESZTHELYI KÖZGAZDASÁGI TECHNIKUM

BATTHYÁNY LAJOS GIMNÁZIUM

INTERSPAR HIPERMARKET

AZ ADY ISKOLA IZSÁK IMRE ALAPÍTVÁNYA