Szakdolgozat

Dobi Fruzsina
fizika – biológia
osztatlan tanári mesterszak

2021

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM

Természettudományi Kar

Szakdolgozat

A Fóti-Somlyó Délnyugati lejtőin levő hagyásfák leltára

Témavezető:

Dr. Standovár Tibor

Egyetemi docens

Készítette:

Dobi Fruzsina

Fizika-biológia

Osztatlan tanári mesterszak

Horváth Soma (konzulens)

Természetmegőrzési referens

Udvarhelyiné Nyárády Mariann (konzulens)

Az ELTE mestertanára

Németh László Gimnázium biológia-kémia tanára

Budapest, 2021

Eredetiségi nyilatkozat

Alulírott **Dobi Fruzsina** (Neptun-kód: **TVVNI8**) ezennel kijelentem és aláírásommal megerősítem, hogy az ELTE **biológia – fizika** osztatlan tanári mesterszakján írt jelen diplomamunkám saját szellemi termékem, melyet korábban más szakon még nem nyújtottam be szakdolgozatként és amelybe mások munkáját (könyv, tanulmány, kézirat, internetes forrás, személyes közlés stb.) idézőjel és pontos hivatkozások nélkül nem építettem be.

Budapest, 2021.04.24.

Dobi Fruzsina

a hallgató aláírása

TARTALOM

1. BEVEZETÉS 5

2. IRODALOM 8

2.1. ERDŐK ÖKOLÓGIAI ÉS KULTURÁLIS SZEREPE 8

2.1.1. Az erdők és a bioszféra 8

2.1.2. Az erdők és az ember kapcsolata 9

2.1.3. Erdőterület csökkenés hatása 9

2.2. ERDŐTERÜLETEK JELENKORI HELYZETE ÉS MEGFIGYELHETŐ TENDENCIÁI 10

2.3. NAGY FÁK SZEREPE AZ ERDEI ÉLETKÖZÖSSÉGEKBEN 14

2.4. PANNON MOLYHOS TÖLGYESEK BEMUTATÁSA 19

3. ANYAG ÉS MÓDSZER 23

3.1. CÉLKITŰZÉS 23

3.2. A VIZSGÁLATI TERÜLET BEMUTATÁSA 24

3.3. ADATGYŰJTÉS 30

3.3.1. Az adatfelvétel eszközei 30

3.3.2. Terepi adatfelvételezés 30

3.3.3. Az adatkezelési rendszer bemutatása 31

3.4. ADATFELDOLGOZÁS 34

4. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK 35

4.1. ELHELYEZKEDÉS ÉS DENDROMETRIAI ADATELEMZÉS 35

4.2. ÖSSZEFÜGGÉS VIZSGÁLAT 40

5. SZAKMÓDSZERTANI FEJEZET 48

5.1. BEVEZETÉS 48

5.2. IRODALOM 48

5.2.1. Az oktatás többszintű szabályozása 48

5.2.2. Az ökológia és a természetvédelem alapelvei a NAT-ban és kerettantervben 49

5.3. TEMATIKUS TERV BEMUTATÁSA 50

5.4. ÖSSZEFOGLALÁS 55

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 56

7. IRODALOMJEGYZÉK 57

MELLÉKLETEK 63

1. MELLÉKLET: ŰRLAP 63

2.MELLÉKLET: ADATTÁBLÁK 66

3. MELLÉKLET: TEMATIKUS TERV 67

4.MELLÉKLET: FELADAT LEÍRÁSOK 68

JEGYZÉKEK 70

1. BEVEZETÉS

„Ancient trees are precious. There is little else on earth that plays host to such a rich community of life within a single, living organism.”

David Attenborough

A terepi munka során hosszasan jártam az erdőt. Azt mondják, az erdőnek jótékony hatása van. A legkorábbi és a legkésőbbi órákban is találkoztam kirándulókkal. A legtöbb környékbeli kihasználva az erdő adta örömöket ide jár feltöltődni és kikapcsolódni.

Az erdők tehát egyrészt az emberek mentális és fizikai jólétét szolgálják. Másrészt szén-dioxid megkötő képességükkel hozzájárulnak a nagymértékű klímaváltozás ütemének csökkentéséhez, ami korunk egyik legégetőbb problémája, szabályozzák a Föld vízháztartását, segítik a levegő tisztítását, emellett kiemelkedően nagy részt vállalnak a biodiverzitás fenntartásában (Thompson, 2014).

A biodiverzitás kifejezés nem csupán tudományos szakmai körökben kerül egyre gyakrabban előtérbe, hanem a média is sokkal többször foglalkozik a jelenség és problémakör bemutatásával, mégpedig, hogy a biológiai sokféleség megőrzése kulcsfontosságú a társadalmakat veszélyeztető ökológiai problémák leküzdése terén.

Mit is jelent ez a fogalom és miért fontos számunkra a fenntartása? A témával kapcsolatban számtalan szakirodalom született, melyek rendkívül sokoldalúan járják körbe a biodiverzitás fogalmát és érvényességi körét. A továbbiakban a teljesség igénye nélkül törekszem átfogóbb választ adni a fentebb lévő kérdésekre, néhány fontosabb szempontot kiemelve. Kezdjük magával a fogalommal. A biodiverzitás az élet megjelenési formáinak változatosságát jelenti. A meghatározás magában foglalja az élővilág különböző szerveződési szintjein megfigyelhető sokféleséget, úgy mint egy populáció egyedei közötti genetikai változatosságot (genetikai diverzitás), egy élőhelyen fellelhető fajgazdagságot (taxon diverzitás), illetve magasabb táji léptékben jelentkező társulások és élőhelyek közötti sokszínűséget, mint például a földrajzi övezetesség mentén makroklimatikus környezeti tényezők hatására kialakuló biomok sokféleségét (ökológiai diverzitás) (Standovár & Primack, 2001).

A második kérdésre – Miért fontos megőrizni a biodiverzitást? – a legrövidebb válasz, mert a biodiverzitás érték. Értékességét alá lehet támasztani kulturális, esztétikai, etikai, gazdasági és ökológiai megfontolások alapján is. Nem célom az összes szempontot kifejteni, csupán két ökológiai folyamatot emelnék ki, mellyel szemléletesen tudom érzékeltetni a

biodiverzitás fontosságát. Az egyik, a biológiai sokféleség biztosítja az ökoszisztéma folyamatok megbízható működését. A fajok változatossága által egyetlen ökológiai funkciót több faj is be tud tölteni, melynek következtében a közösség alkalmazkodóképessége nő, az adott életközösség ellenállóbb a környezeti változásokkal szemben. A másik, evolúciós idősíkon megfigyelhető jelenség, hogy minden fejlődés alapja egy kívánatos sokféleség. Másképp fogalmazva, az az életközösség, mely fajokban elszegényedett pusztulásra van ítélve (Standovár & Primack, 2001; Juhász-Nagy, 1993). Az ember pusztító tevékenységének következtében a tengerek és szárazföldek biodiverzitása folyamatosan, drasztikusan csökken. Emiatt a biológiai rendszerek alkalmazkodóképessége egyre romlik a szintén emberi tevékenység hatására bekövetkező egyre gyorsuló klímaváltozással szemben. Habár az ember házak, városok, társadalmak építésével mindenáron függetleníteni akarja magát a természetes környezettől, teljes mértékben ez nem lehetséges, hiszen ugyanúgy részét képezzük a legmagasabb szintű ökológiai rendszernek, a földi bioszférának, mint megannyi más élőlény a Földön. A biodiverzitás védelme tehát az emberi faj jövőjének a kulcsa.

Az erdők fontossága a biodiverzitás megőrzésében felbecsülhetetlen, ugyanis a legfejlettebb terresztris közösségek révén, a szárazföldi biodiverzitás közel 80%-át adják (www$_1$). Ez a nagy arány az erdőszerkezettel magyarázható. A természetes erdőkben változatos és tömegesen előforduló mikrohabitat található, mely számos fajnak nyújt lakó-, búvó-, táplálkozó-, fészkelő vagy szaporodóhelyet. Ilyen mikrohabitatok például a holtfák, napsütötte lékek, gallyak, kifordult gyökértányérok stb. (Frank, 2018). Az öreg fák ebből a szempontból különleges és értékes elemei az erdőknek, ugyanis önmagukban biztosítják az élőhelyek sokszínűségét, ezáltal növelve a biológiai sokféleséget, hiszen megannyi rovar-, gomba-, és zuzmófajnak teremtenek speciális közeget (Woodland Trust, 2009).

Szakdolgozati munkám során a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság fennhatósága alá tartozó Fóti-Somlyó természetvédelmi területen kijelölt mintavételi terület öreg fáinak helyzetét és egészségi állapotát mértem fel. A kapott adatok elemzésével kirajzolódik a térbeli eloszlásuk, fafaj összetételük, egészségi állapotuk, méreteloszlásuk, illetve veszélyeztetettségük mértéke. Továbbá megvizsgáltam milyen összefüggés áll fenn a fákon található különböző mikrohabitatok és a fák egészségi állapota között, illetve választ kerestem arra a kérdésre, hogyan befolyásolja a körülöttük lévő fák lombkoronába hatolása a vitalitásukat.

A nemzeti parkok létjogosultságát és igényét mi sem bizonyítja jobban, mint hogy a világ első nemzeti parkjának fennállása óta (Yellowstone Nemzeti Park, 1872) másfél ezerre

nőtt a nemzeti parkok száma a világon, ugyanis egyre sürgetőbbé vált az ember pusztító tevékenységének lassítása az élőhelyfoltok megőrzésével (Kapocsy, 1993). A nemzeti parkok biztosítják tájképi és természeti értékeink fennmaradását, a tudományos kutatás lehetőségét és az oktatást, melynek részét képezi a természet szabadban történő bemutatása, megfigyelése, a gyakorlatban megjelenő természetvédelmi problémák szemléltetése, gyakorlóhely biztosítása a szakemberek számára. Emellett az ember testi-lelki kikapcsolódásának is színterei. Azokban a nemzeti parkokban, melyekben erdős terület található az elsődleges cél olyan természetvédelmi kezelés kialakítása, mely a folyamatos erdőborítást és az erdők gazdag életközösségeinek megőrzését biztosítja (Standovár & Primack, 2001; Fersch, 1995)

A Fóti-Somlyó elhelyezkedését tekintve különleges szerepet tölt be a növénytakaró változásában, ugyanis átmenetet képez az alföldi és hegyvidéki vegetáció között, emellett kőzettani mozaikossága lehetővé teszi diverz élőhelyfoltok kialakulását, ami gazdag és hazai viszonylatban sajátos flóra és fauna kialakítását eredményezte. Mindezek a tényezők teszik oly értékessé ezt a területet. Viszont a terület 1953-as védetté nyilvánítása óta továbbra is folyamatos a környező területek beépítése, az ember környezet átalakító tevékenységének hatása, ami következtében elszigetelődik más természetközeli erdőfoltoktól, gyorsítva ezzel a degradációját.

Védelme és a megfelelő erdőkezelési gyakorlat kialakítása tehát létfontosságú a Fóti-Somlyó megőrzéséhez. Ehhez nyújt segítséget a Life4OakForests, magyarul „Az élettel teli tölgyesekért” nemzetközi projekt, melynek célja az európai jelentőségű Natura 2000-es tölgyerdők biológiai sokféleségének növelése, az erdők szerkezeti és összetételi változatosságának gazdagítása, amibe a Fóti-Somlyó természetvédelmi terület is beletartozik (Koncz, 2018).

Zárszóként Jane Goodall, a híres etológus gondolatait osztanám meg: „Az erdő önmagáért csodálatra méltó…..nem azért van, hogy "szolgáljon" minket! Inkább bölcsen meg kell értenünk a működését, és hálásan elfogadni jótéteményeit.” (www_0). A szavai által közölt értékszemléletet a környezeti nevelés alapvető eleme, ami kötelező része az iskolák pedagógiai programjának. Szakdolgozatom során olyan feladatok összeállítására törekedtem, melyek segíthetik elmélyíteni a diákok környezet iránti tudatosságát, kifejezetten a hazai erdők megismerésével.

2. IRODALOM

2.1. Erdők ökológiai és kulturális szerepe

2.1.1. Az erdők és a bioszféra

Az erdők ahogy az ökológiai rendszerekben, úgy az emberi társadalmakban is sokrétű szereppel bírnak. Ha egészen nagy léptékben, a bioszférában lejátszódó folyamatokat vizsgáljuk, az erdők számos módon részt vesznek a benne zajló anyagforgalomban.

Az erdővel borított területek csökkentik a talaj eróziót, javítják a talaj minőségét, és elősegítik a talajvédelmet. Továbbá segítik a talaj vízmegtartását, ezáltal csökkentve az árvízveszélyt és az áradásokkal járó károkat, illetve az aszályos időszakokat. A talajból felszívott vizet a sejtjeiken keresztül, mint egy filter képesek megszűrni, így biztosítják az élővilág számára a tiszta vizet. Éghajlat befolyásoló szerepük sem mellékes. Egyrészt szén-dioxid megkötő képességükkel befolyásolják a levegő összetételét, oxigéntermelésükkel pedig javítják annak minőségét, másrészt az erdők jelenléte vagy hiánya befolyásolja az adott terület fényvisszaverőképességét (albedóját), ami meghatározza a hőmérsékletet. Mindezek a funkciók közrejátszanak a mai klíma alakulásában, hiszen az erdőpusztítás hatására bekövetkező erdőterület csökkenés csökkenti a fák szén-dioxid megkötésének hatásfokát, ami nem túl kedvező a levegő szén-dioxid tartalmának növekvő tendenciája miatt, ami elsősorban fosszilis tüzelőanyagok elégetésének és az ipari tevékenységek hatására következik be, emellett az erdők helyén kialakuló mezőgazdasági területek, települések, stb. megváltoztatják az adott terület fényvisszaverőképességét, ami hatással van a mikroklímára (EEA Report, 2016).

A klímaváltozás ezen felül próbára teszi az erdők alkalmazkodóképességét, ami rosszabb esetben negatív hatással lehet az erdei életközösségekre (Standovár, 2012). A trópusi esőerdők esetén kimutatható, hogy a klímaváltozás hatására bekövetkező csökkenő csapadékmennyiség és szárazabb klíma hatására az erdőtüzek gyakorisága megnőtt. Ez különösen nagy jelentőséggel bír, ugyanis erre a térségre korábban nem voltak jellemzők az erdőtüzek, emiatt a trópusi esőerdő ökoszisztémája sokkal érzékenyebb az ilyen jellegű behatásokkal szemben (Thompson, 2009).

A világ erdei rendkívüli fajgazdagságot tartanak fenn, legfőképp a természetes és öreg erdők, hiszen erdőszerkezetük biztosítja azt a fajta élőhely diverzitást, mely számos faj életben maradásához nélkülözhetetlen (Thompson, 2009).

2.1.2. Az erdők és az ember kapcsolata

Becslések szerint a világon körülbelül 300 millió ember él erdei életközösségekben, ami sokszor hosszú, több generációra visszanyúló szoros kapcsolatot jelent, főleg erdei őslakos közösségek körében, emellett közel 1,6 milliárd ember megélhetése függ az erdőktől, viszont általánosságban kijelenthetjük, hogy az erdők jelenléte valamilyen módon minden emberre hatással van (www1).

Gazdasági szempontból az erdőkből kinyerhető anyagokra hatalmas igényt tartanak világszerte. A kitermelt fa nagy részét különböző termékekké alakítják át, mint például papír, csomagolóanyagok, építőanyagok és bútorok, textíliák, gyógyszerek. A faanyag mellett a jövedelem jelentős forrását képzik egyéb erdőalkotók, mint például különböző gombák, gyógynövények, trófea, méz, vadhús stb. (EEA Report, 2016).

Az erdők rekreációs tulajdonsága már nem mérhető egyértelműen gazdaságilag, viszont érték szempontjából ugyanannyira jelentős. A természet pozitív hatással van az ember mentális és fizikai állapotára. Japánban külön kifejezést használnak az erdőben töltött lelki feltöltődésre: shinrin-yoku. Ezt a fajta szabadidős tevékenységet „erdei fürdőzésként" lehetne lefordítani, mely az erdőben töltött minőségi időt jelenti, mely során a túrázó az erdő hangjaira, neszeire, élőlényeire koncentrál és hagyja, hogy áthassa az erdő atmoszférája. Azoknál a gyermekeknél, akik gyakorta járnak erdei környezetben kevésbé jellemző az elhízás veszélye, a figyelemzavar és a hiperaktivitás, fertőzések és betegségek kialakulása. Ez utóbbi a megerősödött immunrendszerrel van összefüggésben (FAO & UNEP, 2020).

Mindezek a funkciók az erdők létjogosultságát, pontosabban a belőle kitermelhető tüzelő- és szerfán túl nyújtott hasznosságát bizonyítják.

2.1.3. Erdőterület csökkenés hatása

Az erdőirtások többrétű negatív hatást gyakorolnak mind környezeti, mind gazdasági, mind társadalmi szempontból. Az erdők megszűnésének számos oka van, az egyes országok vagy régiók eltérő természeti, gazdasági és társadalmi adottságai miatt más-más tényező állhat az erdőirtások hátterében. Globális érvényű ok a népességrobbanás miatt bekövetkező

növekvő igény az élelmiszerek és a faalapú termékek iránt (fakitermelés, tüzelőanyag, legeltető állattartás, bioüzemanyag termelés, nagyüzemi agrártermelés stb.) (Standovár, 2012).

Az erdőirtások hatására jelentősen csökken a biodiverzitás, hiányuk a klímaváltozás negatív hatásait erősítik. Az erdők jelentette vihar, áradás és a helyi időjárás szélsőséges változása elleni védelem megszűnik. Emellett az erdők megszűnése komoly társadalmi konfliktusokhoz is vezethet (www2).

Az erdőterületek csökkenése és degradációja járványügyi szempontból is megemlítendő, ugyanis az ember terjeszkedésének, erdőkbe hatolásának következménye a megnövekedett erdőkhöz kötött kórokozókkal és élősködökkel való találkozás gyakorisága, ami potenciális veszélyt jelent az emberi populációra (lásd COVID-19 járvány). A biodiverzitás megléte és növelése ebben az esetben is nagy fontossággal bír, ugyanis összefüggést találtak egy terület fajgazdagsága és a kórokozók terjedése között. Ezt a hatást a biodiverzitás hígító hatásának nevezik és egyfajta tompítóként funkcionál a kórokozók terjedésében, ugyanis egy biológiailag gazdag ökoszisztémában vannak olyan kulcsfajok, melyek zsákutcát jelentenek a kórokozók számára (FAO & UNEP, 2020; Csivincsik, 2018).

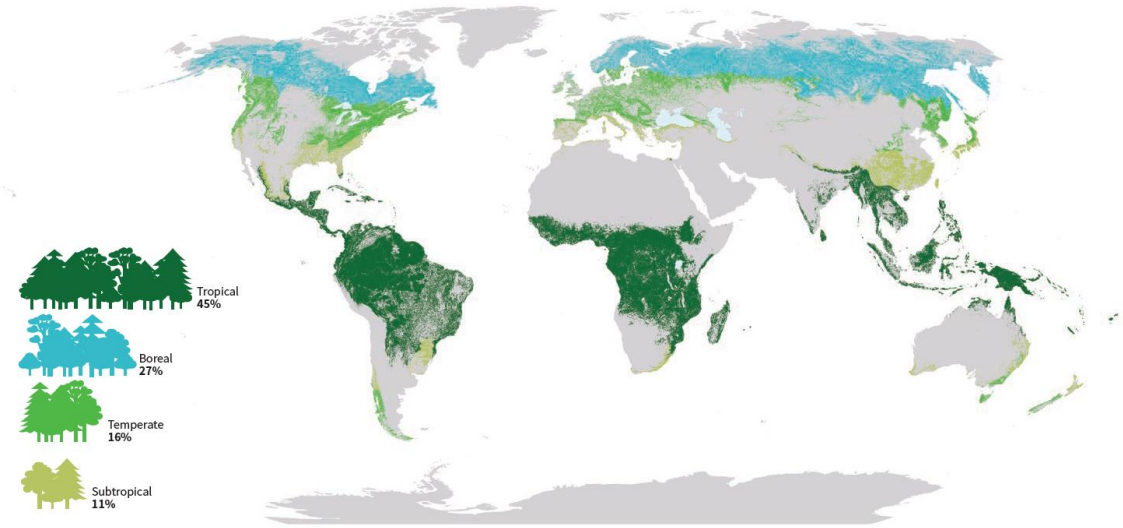
Az emberek általi élőhely foglalás a vadvilág számos más fajával való konfliktust is magában foglalja, ami nemcsak az emberek életét, hanem az élővilágot is veszélyezteti (FAO & UNEP, 2020).

2.2. Erdőterületek jelenkori helyzete és megfigyelhető tendenciái

2020-ban az ENSZ Élelmiszer és Mezőgazdasági Szervezete által kiadott kimutatás alapján, jelenleg a szárazföldek közel egyharmadát, 31%-át borítja erdő (FAO, 2020). Ez körülbelül 4,06 milliárd hektárnyi területet jelent, melynek körülbelül a fele természetközeli, míg több mint egyharmada elsődleges erdőként van jelen.

A FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 1946 óta monitorozza a világ erdőállományait ismétlődő kimutatásokon keresztül a tagországokkal szorosan együttműködve. A legfrissebb 2020-as értékelőt 236 ország adatai alapján állították össze és az 1990-től 2020-ig tartó időszakot öleli fel. A kimutatás nem csak a világ erdőinek mai helyzetébe ad betekintést, de jól kirajzolódik az a tendencia, ami az erdőterületek változását jellemzi bő 30 évre visszatekintve.

Az erdők eloszlása nem egyenletes (*1. ábra*). Legnagyobb arányban (45%) a trópusi övezetben helyezkednek el. A világ erdeinek több mint fele (54%) 5 országra korlátozódik: Oroszország, Brazília, Kanada, az Amerikai Egyesült Államok és Kína.



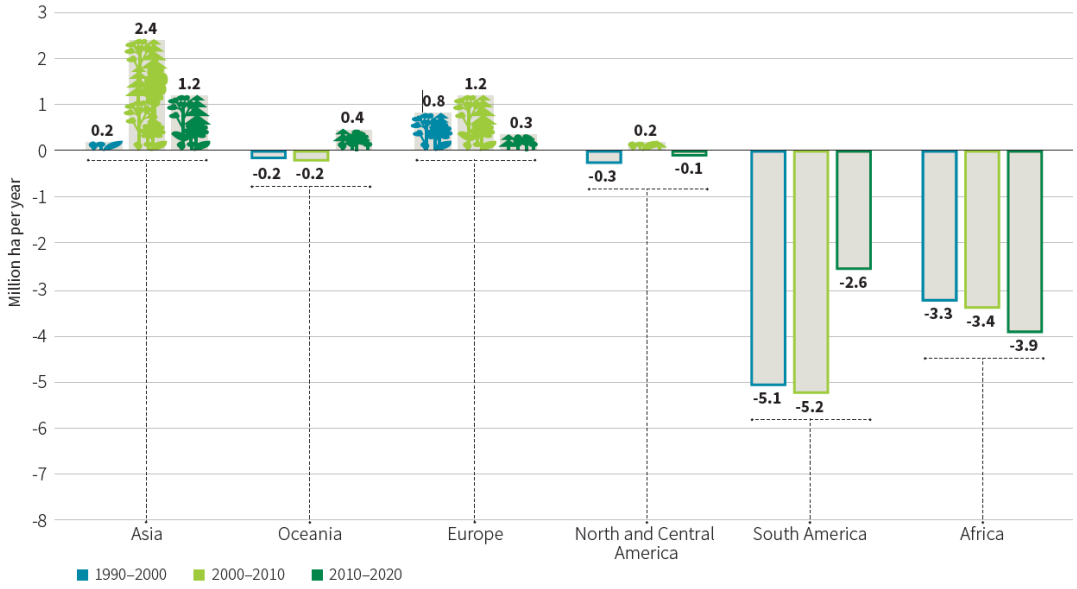
1. ábra: Az erdők aránya és térbeli eloszlása klimatikus régiók szerint – 2020. Forrás: FAO (2020).

1990 óta az erdőpusztítás hatására 420 millió hektárnyi erdő tűnt el. A FAO erdőpusztítás (deforestation) alatt, azokat az átalakítási vagy átalakulási folyamatokat érti, mely során az erdő helyén másfajta vegetáció alakul ki, vagy a korábbiaktól eltérő földhasználat jellemzi, tehát erdőterület csökkenés közvetlen emberi behatás nélkül is megtörténhet. A számításba belekalkulálva az ez idő alatt végbement erdőterület növekedést, a teljes erdőterület veszteség (nettó csökkenés) 178 millió hektárra módosul, ami körülbelül Líbiával megegyező terület. 30 éves időintervallumra ez a szám radikális.

2. ábra: Erdőterület növekedés és csökkenés éves mértéke évtizedekre bontva, 1990-2020. Forrás: FAO (2020).

Az erdő vegetációk eltűnése a korábbi fejezetekben kifejtett szerepük miatt óriási veszteséget jelent a bioszféra egészére nézve.

Reményre adhat okot, hogy az erdőpusztítás mértéke (*2.ábra*) és a nettó erdőterület csökkenés is lassuló tendenciát mutat: 1990 és 2000 között 7,8 millió ha/év, 2000 és 2010 között 5,2 millió ha/év, 2010 és 2020 között 4,7 millió ha/év. A lassuló tendencia hátterében a már említett erdősítés vagy spontán visszaerdősülés hatására bekövetkező erdőterület növekedés, illetve néhány országban bekövetkező mérséklődő fakitermelés áll. Az erdősülés szempontjából számottevően pozitív változás következett be Ázsiában és Európában, míg Dél-Amerikában és Afrikában továbbra is nagymértékű a veszteség (*3. ábra*), ráadásul az ökológiai szempontból kiemelkedő jelentőségű trópusi területeket érinti (Standovár, 2012).

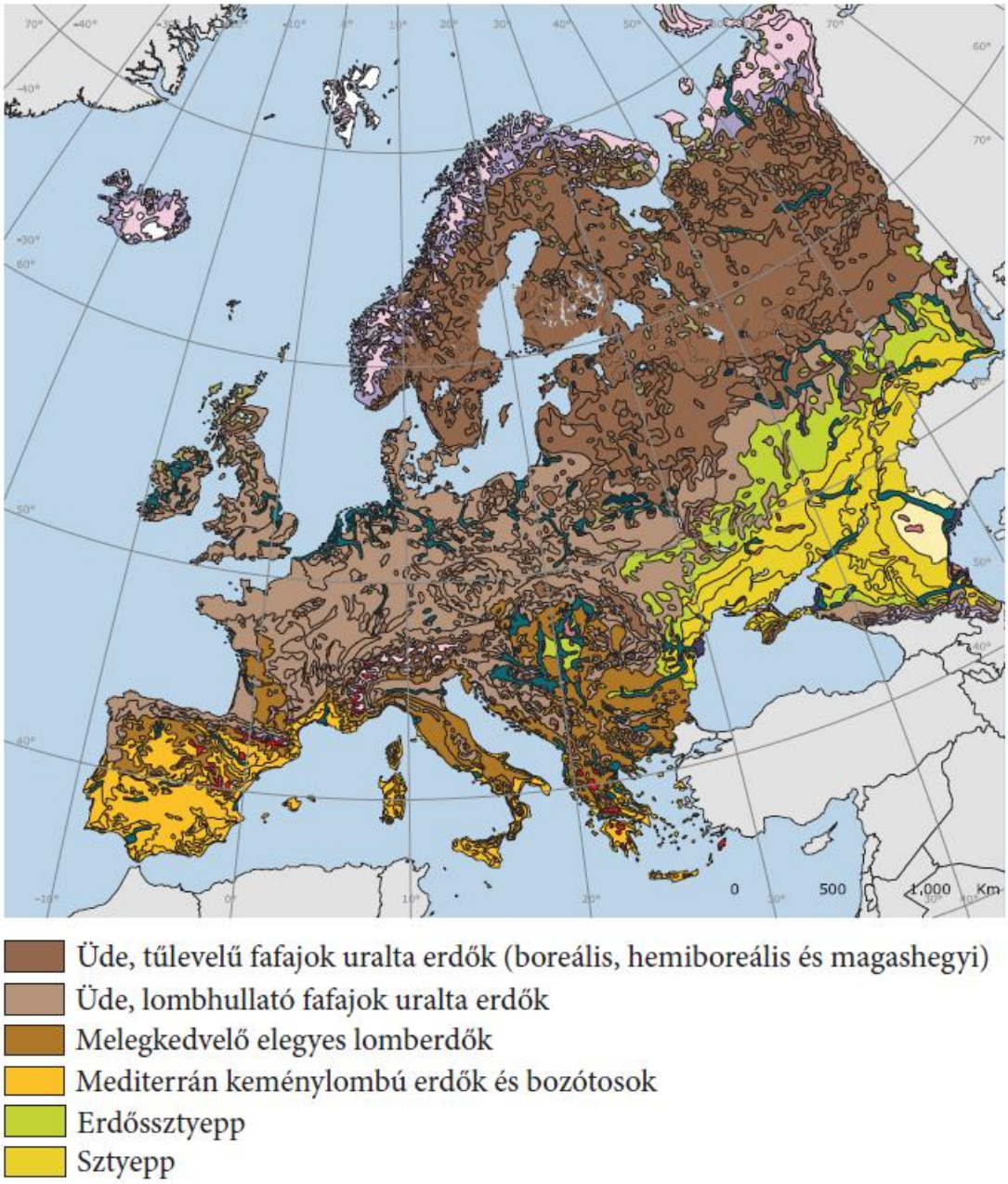


3. ábra: Éves nettó erdőterület változás évtizedekre és régiókra bontva,1990-2020. Forrás: FAO (2020).

Európa erdősültsége tehát pozitívan változott az elmúlt 30 évben. A régió erdőhelyzetének bemutatásához a legfrissebb, 2020-ban kiadott tanulmány adatait veszem alapul (A kimutatás Oroszországot nem tartalmazza.) (Forest Europe, 2020).

1990 óta az erdőterület növekedés, mely lassuló tendenciát mutat, 9%-ra tehető, így jelenleg Európa területét körülbelül 35%-ban borítja erdő (227 millió hektár).

Érdemes megvizsgálni az erdők természetességét. A tanulmány három kategóriát különít el, Európa erdeinek nagy része, 94% a természetközeli erdőkhöz tartozik, 3,8% ültetett erdők, míg a maradék 2,2% többé-kevésbé mentes a közvetlen emberi hatásoktól. Annak a természetes vegetációnak (*4. ábra*), ami az ember erdőpusztító és tájátalakító tevékenysége nélkül jellemezné Európát mára már csak töredéke maradt.



4. ábra: Európa potenciális természetes vegetációjának főbb típusai. Forrás: Standovár (2012).

Ez utóbbihoz tartoznak az öreg erdők is, melyek számos mára már ritka és veszélyeztetett faj számára nyújtanak menedéket. Az öreg erdőkben a fák kora, mérete, magassága eltérő, a fa- és cserjefajok nagy gazdagsága jellemzi, az öregfa és holtfa mennyisége magasabb az ültetett vagy fiatalabb erdőkhöz képest. Az erdőszerkezet diverzitása növeli az élőlények sokféleségét, az erdők alkalmazkodóképességét, illetve a kórokozók és fizikai károkkal szembeni ellenálló képességét. A szenet nagyobb mennyiségben és hosszabb ideig képesek tárolni, a talajerózió szintje alacsony, az erdőben maradt holt szerves anyagon keresztül nagyobb tápanyagforrás áll a rendelkezésre. Az öreg erdők a fafaj-diverzitásukon keresztül nagyobb mértékben vesznek részt a biomassza

termelésben. Nem utolsósorban pedig esztétikai, kulturális és természetvédelmi értékük is jelentős (EEA Report, 2016; Frank, 2018).

Európán belül az öreg erdők többsége Finnországban, Svédországban, közép- és kelet-európai hegyekben található (EEA Report, 2016).

Magyarország esetén az öreg erdők az erdőterületek kevesebb, mint 2%-át alkotják, ami körülbelül 37 500 hektárt jelent. Rendkívül kis mértékben, de fellelhetők őserdők is, melyek a mai napig elkerülték a fakitermelést (WWF, 2016). Ezek a kis foltok nyújtanak számunkra információt arról, milyen lenne Magyarország erdővegetációja emberi behatás nélkül. Becslések szerint a Kárpát-medence klimatikus, vízrajzi és talajtani adottságai alapján akár a 85%-os lefedettséget is elérné (Standovár, 2012). Mostanra viszont csupán az ország egyötödét (22,7%; 2,05 millió hektár) borítják erdők. Habár az elmúlt 30 évben nálunk is pozitívan változott az erdőterület, ennek nagy része (0,78 millió ha) ültetett erdővel valósult meg, melynek ökológiai funkciója meg sem közelíti a természetes erdőékét (FAO Hungary, 2020; Standovár, 2012).

Annak ellenére, hogy erdeink egészségi állapota jobb az európai átlagnál, az erdőkárok mértéke évről évre növekszik. Legfőbb problémát az aszályosság jelenti, ami kihathat a rovarkárok gyakoriságára. Az ültetett monokultúrák esetén ezek a károk jelentősebbek, ugyanis homogenitásuk következtében sokkal sérülékenyebbek kártevőkkel, betegségekkel, tűz és szélviharok hatásával szemben (Standovár, 2012).

Emellett az emberi behatások, illetve a nem megfelelő erdőgazdálkodás is egyre nagyobb mértékben degradálja az erdők állapotát. Megfogyatkoztak azok a mikroélőhelyek, melyek az erdei életközösség sokféleségét biztosítanák, úgy, mint a fekvő vagy álló holtfa, kidőlt fák, gallyak, odúk stb. (Frank, 2018).

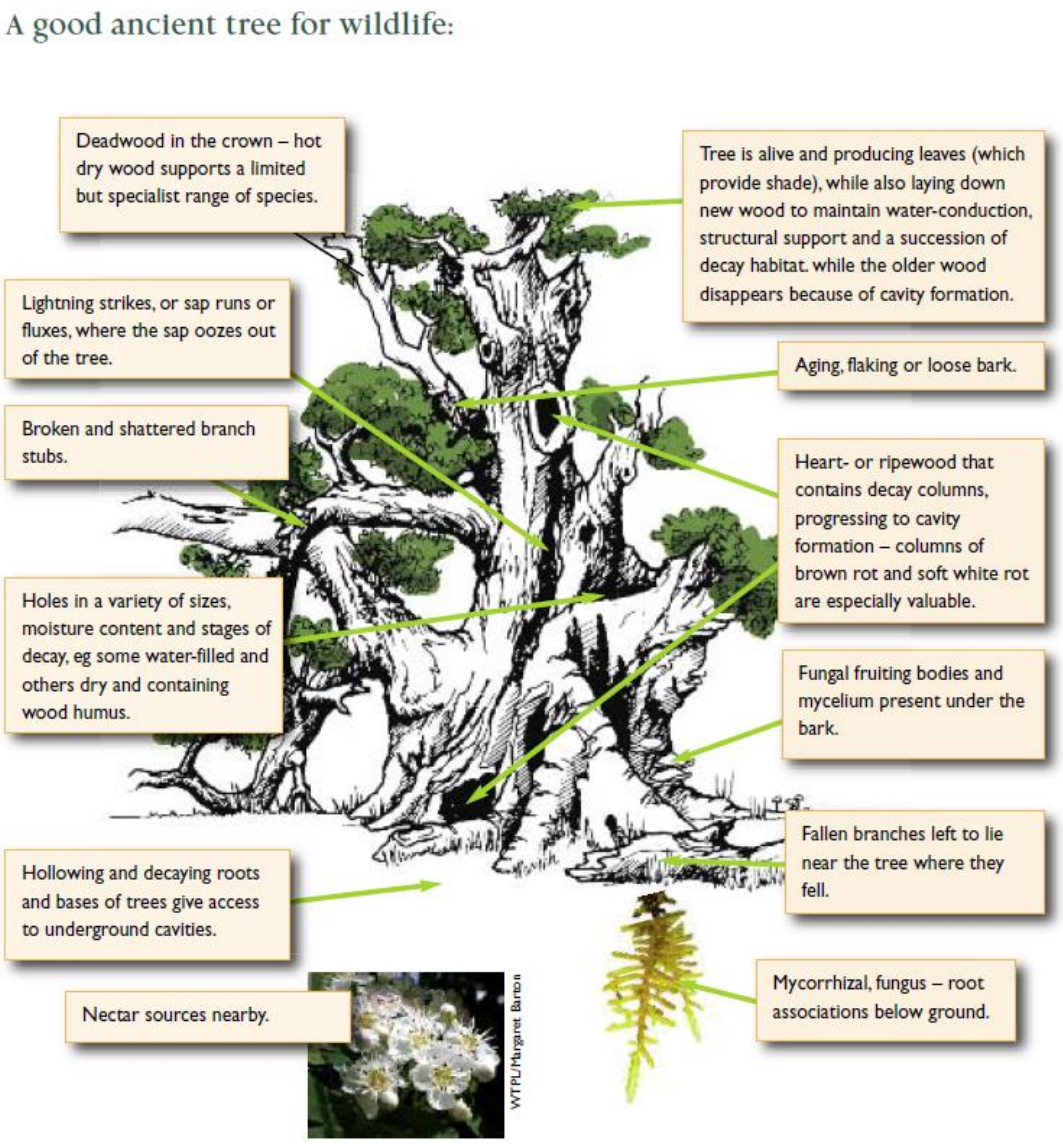
A biodiverzitás megőrzése és erdeink egészségi állapotának érdekében nélkülözhetetlen védelmük és a megfelelő erdőkezelési stratégiák kiválasztása.

2.3. Nagy fák szerepe az erdei életközösségekben

Magyarország erdőgazdálkodását a hagyományos vágásos üzemmód jellemzi, mely során a fakitermelést jóval a fák biológiai élettartamának vége előtt, „siheder korban” kezdik meg. A nagy területet érintő véghasználatot követően az új állomány vagy természetes újulatból vagy mesterséges felújítás révén alakul ki. A véghasználati ciklus (véghasználat – erdőfelújítás – állománynevelés) következtében az erdőállomány többé-kevésbé egykorú

faegyedekből álló fiatalos 1-2 főfafajjal, melyek a fakitermelő tevékenység szempontjából fontosak, továbbá az erdőszerkezet horizontálisan és vertikálisan is homogenizálódik. A hazánkban csaknem 250 éve használatos vágásos erdőgazdálkodás az öreg faegyedek drasztikus csökkenését eredményezte az elmúlt évtizedekben (Tímár, 2016; WWF, 2016).

Ökológiai szempontból az öreg fák fontos szerepet játszanak az erdők életében. Egyrészt bő magtermésükkel segítik az erdők fennmaradását, megújulását, másrészt önmagukban képesek a mikrohabitatok széles választékát biztosítani megannyi faj számára (*5. ábra*) (Sódor, 2000).



5. ábra: Az öreg fák mikroélőhelyeinek sokszínűsége. Forrás: Woodland Trust (2009).

Ami ezt lehetővé teszi az nem más, mint az idő. A korral a fák struktúrája változik, lombkoronájuk terebélyesedik, törzsük vastagszik, egyes ágaik elhalnak, letörnek, üregek és odúk keletkeznek rajtuk. Megannyi fizikai és kémiai hatás éri őket (pl. villámcsapás, tűz

okozta sebek, savas eső, vihar okozta letört ágak), ami újabb és újabb élőhelyet teremt az öreg fában vagy a felszínén (Woodland Trust, 2009). Szerepük haláluk után, holtfaként sem szűnik meg, hiszen ezen állapotukban is számtalan specialista és egyéb fajnak kínálnak élőhelyet, ezáltal segítve a biodiverzitás fenntartását, sőt az idős, elhalt, kidőlt faegyedek nyomán keletkező lékek biztosítják azon fajok fennmaradását vagy térnyerését, melyek nagyobb fénymennyiséget igényelnek vagy az uralkodóvá váló gyepszint tagjai (Ambrus & Kenyeres, 2016).

A holtfa biodiverzitásban betöltött szerepe amiatt jelentős, mert számos formában megtalálható. Ugyanúgy holtfának tekintjük az élő fák elhalt részeit, mint az egészben elhalt fákat. Az élő fákon fellelhető holtfa mikrohabitatok a következők: tükörfoltok, törzsüregek, bekorhadó ággöcs, korhadó, üreges gyökfő és gyökerek, odúk, kéregelválás, elhalt ágak, törzsrepedés. Az egészében elhalt fáknak is többféle megjelenési formája ismert: elhalt koronás fák, kidőlt, fennakadt törzsek, ágak, álló magas törzscsonkok, álló alacsony törzscsonkok, tuskók, földön fekvő holtfa, gyökértányérral kifordult, elhalt törzsek, vízben lévő holtfa. Emellett számos olyan speciális mikrohabitat létezik, mely szigorúan véve nem holtfa, mégis hozzájuk kötődik: fatörzseken található golyvák, bábaseprűk, a fagyöngy elhalt bokrai, fatörzsön található gombák termőtestei. A korhadás is befolyásolja a holtfán kialakuló mikrohabitatok mennyiségét és minőségét, hiszen napsütötte tuskó lebomlási sebessége eltérő egy sokkal humidabb klímájú területen lévőétől.

A lebomlási folyamat különböző szakaszaihoz eltérő élőlényközösségek és életterek köthetők. A szukcesszió korai fázisában azok a rovar- és gombafajok jellennek meg a még élő, betegeskedő, vagy frissen pusztult fakéreg alatti szíjácsban, melyek képesek a cellulóz bontására. Tipikus képviselőik a szúk (pl. *Ips spp.*) és az általuk hordozott kékülést okozó gombák (*Ceratocystis spp.*). A szaprotróf gombák megjelenése fontos kezdeti lépés a faanyag lebontásában, ugyanis az emésztésük után visszamaradt cellulóz nélküli faanyagot és ásványi anyagokat egyéb szervezetek tudják hasznosítani. A gombák által végzett lebontást alapvetően három korhasztási típusba soroljuk: fehér-, barna- és lágykorhasztás. A fehérkorhasztás során először a lignin bontódik le, a fehér színt pedig a később bomló cellulóz adja. Fehérkorhasztó gombafaj például a kétalakú csertapló (*Inonotus nidus-pici*). A májgomba (*Fistulina hepatica*) tölgyek xilofág gombafaja, barna korhasztó, vagyis táplálkozása során elsősorban a cellulózt bontja le és a barna színű lignin marad vissza. A pionír lebontó szervezetek tevékenysége mellett és után a szaproxilofág gerinctelenek megjelenése dominál, mely rendkívül színes, fajgazdag közösség, melynek tagjai a holtfa más és más megjelenési formáihoz kötődnek. Az idős törzsek holt és élő részeinek határán

rágnak a gyászcincér (*Morimus funereus*) és a selymes alkonycincér (*Herophila tristis*) lárvái, a Megerle-pattanó (*Brachygonus megerlei*) és a Bouyonpattanó (*Reitterelater bouyoni*) a tükörfoltok vendége, a pettyes szilcincér (*Semanotus punctata*) a szilek kérge alatt fejlődik, a havasi cincérnek (*Rosalia alpina*) kedvelt szaporodóhelye a frissen elhalt, még korhadásnak nem indult törzscsonkok, heverő törzságak és törzsek az öreg, természetközeli bükköseinkben stb. A lebomlás utolsó szakaszában egyre nagyobb szerepet kap a talajfauna is. A felaprózódott faanyag újabb élőlénycsoportokat vonz, mint például légy- és szúnyoglárvák, egyes bogarak lárvái, ászkarákok (*Isopoda*), ikerszelvényesek (*Diplopoda*), ugróvillások (*Collembola*) és páncélos atkák (*Oribatidae*) (Csóka & Lakatos, 2014). Számos faj csak hosszan fennálló, meghatározott, stabil körülmények közt (nedvességtartalom, hőmérséklet) képes a fejlődésre (pl.: tülkös szarvasbogár (*Sinodendron cylindricum*), állasbogár-félék (*Rhysodidae*)), amely körülményeket kizárólag a nagy térfogatú holtfa képes biztosítani.

A holtfák számos egyéb fontos ökológiai funkciót is betöltenek az erdei életközösségekben. Szerepet játszanak az erdők klimatikus stabilitásának megtartásában, a fekvő holtfa fékezi az eróziót, fenntartják az erdők produktivitását, bizonyos esetekben lehetőséget biztosítanak az erdők felújulására, ugyanis a holtfára hulló magok a fa repedéseiben kicsírázhatnak, ezt követően a csemeték pedig gyökeret ereszthetnek a korhadó faanyagba (hazai körülmények között jellemzően a mézgás éger (*Alnus glutinosa*) esetében figyelhető meg). Az erdei ökoszisztémák kiemelkedő elemeit képezik anyagkörforgalom szempontjából is, hiszen hosszú ideig biztosítják a különböző tápelemeket az élőlények számára, továbbá javítják a talajminőségét a szétmállásuk során, bennük felhalmozódó ásványi anyagok és nitrogén talajba kerülésével. A holtfák ökológiai szerepét hosszasan lehetne még sorolni, viszont a fenti példák is rávilágítanak arra, hogy a „tiszta erdő az egészséges” tévhittel ellentétben a holtfa ugyanúgy kulcsfontosságú eleme az erdei életközösségeknek, mint az idős élő fák vagy az idős faállomány. Ezen élőhelykomponens jelentőségét számokban is ki lehet fejezni. Európában az erdei fajok csaknem egyharmada az öreg fákhoz és a holtfákhoz kötődik (Ambrus & Kenyeres, 2016; Bidló & Szűcs, 2014; Tóth, 2014; WWF, 2017).

A madarak az idős fák lombkoronáinak ágai közé építik fészkeiket, melyekbe lerakhatják tojásaikat, majd gondozhatják ivadékaikat, de magának a madárnak is pihenőhelyet nyújtanak. Számos ragadozó-, vagy nagy méretű madárfaj (pl. szirti sas, réti sas, barna kánya, darázsölyv, fekete gólya) nagy méretű fészkének építésére kifejezetten az idős fák terebélyes, elágazó lombkoronája alkalmas. Kisemlősök, mint például mókusok,

pelék is használják fészekrakásra a fák ágait, odvait, de emellett nyulak, kígyók, sünök számára is búvó- illetve fészkelőhelyet biztosítanak a törzs tövén keletkező, vagy gyökerek alkotta üregek. Kis- és közepes termetű erdőlakó denevérek szálláshelyéül szolgálnak a megvastagodott törzsön keletkező repedések vagy a leváló kéreg alkotta üregek, illetve odvak. A nyugati piszedenevér (*Barbastella barbastellus*) például a domb- és hegyvidéki idős erdeink jellemző faja. A csigák számára a holtfák nyújtotta fellazult, korhadó kéreg előnyösebb mikroklímával szolgál, így megfelelő búvóhelyet biztosít, ugyanakkor a korhadó faanyag több nedvességet is tartalmaz a környezeténél, ezáltal a kiszáradásra érzékeny kétéltűek számára is alkalmas pihenő- és rejtekhely. Az odvak kialakításáért leginkább a különböző harkályfajok (kis fakopáncs, zöld küllő, nagy fakopáncs, fekete harkály stb.) felelősek, melyek a fa belsejében keresik táplálékukat. A fán lakó kéreg- és korhadéklakó közösség is nagyobb fajszámmal képviselteti magát, mint a fiatalabb faegyedeken élők. A mohák és zuzmók esetében az öreg fák nagyobb és strukturáltabb, repedezettebb felülete több faj megtelepedését biztosítja, a korukból fakadóan pedig azoknak a fajoknak is van lehetőségük és idejük megtelepedni, melyek rosszabb kolonizációs képességekkel rendelkeznek. Egyéb epifitonok is megfigyelhetők, mint például páfrányok, fagyöngyök, és liánok. A kortikol gombák (pl. *Aleurocystidiellum disciforme, Dendrothele spp.*) előfordulása is jelentős, mivel az idősebb fák mélyebb kéregbarázdáiban lévő párásabb mikroklíma kedvez ezeknek a gombafajoknak. A gomba – idős fa kapcsolat viszont sokkal szerteágazóbb ennél. A hifák az idős fa bármely részén megtalálhatók a levelektől a gyökerekig, akár a növényi szövetek belsejében is. A mikorrhizát képző gombák a fa gyökereivel tartanak szimbionta kapcsolatot, míg a lebontó fajok a fa anyagát hasznosítják. A lebontásnak nagy jelentősége van. A legtöbb szaprofita gomba az élettelen gesztet bontja, de a paraziták az élő részt is megtámadják. Faanyagbontó tevékenységük nyomán ásványi anyagok és nyomelemek keletkeznek, amit akár maga a fa vagy egyéb élőlények tudnak hasznosítani. A lebontó folyamatok nyomán – akár gombák vagy egyéb szaproxilofág fauna képviselője végezte – keletkező járatokban számos rovarfaj talál menedéket. Az öreg fákhoz kötődő rovarfauna rendkívül változatos: levél- vagy termésfogyasztók, szaproxil és ragadozó rovarok (Csóka & Lakatos, 2014; Estók & Görföl, 2016; Kraus, 2016; Kutszegi & Papp, 2016; Sódor, 2000; Woodland Trust, 2009; Tímár, 2016; Zölei & Selmeczi Kovács, 2016).

Az öreg fák egyik legértékesebb tulajdonsága, hogy számos olyan specialista faj kötődik hozzájuk, melyeknek életfolyamataikhoz szükséges feltételeket csak és kizárólag az öreg egyedek megléte tudja biztosítani, így biodiverzitást növelő szerepük jelentős. Az ilyen,

idős fákhoz kötődő fajok legfőképpen a gombák, rovarok és zuzmók csoportjának képviselőiből kerülnek ki. A mikorrhiza képző gombák közül a sátántinórú (*Botetus satanus*) az idős bükkökkel tart kapcsolatot, az idős tölgyek legjellemzőbb specialista bogárfajai a szarvasbogár (*Lucanus arvus*), a nagy hőscincér (*Cerambyx cerdo*), az európai fogasállúbogár (*Prostomis mandibularis*) pedig a hegyvidékek idős, természetközeli erdők ritkasága. A koros erdőállományok vagy faegyedek tehát indikátorként jelezhetik előfordulásukat, visszahatásként pedig a specialista fajok jelenléte kulcsszerepet játszik az erdők stabilitásának megtartásában (Merkl, 2016; Sódor, 2000; Woodland Trust, 2009; WWF, 2017). Az idős fagyedek jelenléte önmagában nem jelent garanciát a specialista fajok fennmaradására, ugyanis ezek a fajok legtöbbje rossz diszperziós képességekkel rendelkezik. Tehát a megfelelő erdőgazdálkodási stratégia megválasztása, mely biztosítja az idős faegyedek nagy számbeli megmaradását, illetve megfelelő térbeli eloszlását, nélkülözhetetlen (Woodland Trust, 2009).

A másik ugyancsak kiemelendő szempont, hogy az öreg fákhoz és a holtfákhoz kapcsolódó fajok egymással összetett kapcsolati hálót alkotva újabb és újabb élőhely- és táplálékforrást hoznak létre, ami ugyancsak növeli az idős faegyedek fontosságát. Ezt a fajta élőhelyen belüli mechanizmust jól szemléltetik a kérgen vagy fekvő holtfákon megtelepedő zuzmókban lakó vagy zuzmókat legelésző molyok és lepkék, a fekete harkály odúkészítő tevékenységét hasznosító más állatfajok (pl. baglyok, pelék) vagy a tölgyeken élő gubacsdarázs fajgazdag parazitoid közössége (Csóka & Ambrus, 2016; Woodland Trust, 2009; Zölei & Selmeczi Kovács, 2016).

2.4. Pannon molyhos tölgyesek bemutatása

A tölgyesek még ma is az egyik legnagyobb biodiverzitású szárazföldi élőhelyek közé tartoznak Európában. A 2011-es Általános Nemzeti Élőhely osztályozási Rendszer (ÁNÉR) az alábbi tölgyes élőhelyeket különíti el Magyarországon: gyertyános-kocsányos tölgyesek (K1a), alföldi zárt kocsányos tölgyesek (L5), gyertyános-kocsánytalan tölgyesek (K2), mészkerülő gyertyános-tölgyesek (K7b), mész- és melegkedvelő tölgyesek (L1), molyhos tölgyes bokorerdők (M1), cseres-kocsánytalan tölgyesek (L2a), cseres-kocsányos tölgyesek (L2b), zárt mészkerülő tölgyesek (L4a), nyílt mészkerülő tölgyesek (L4b), hegylábi zárt erdőssztyep lösztölgyesek (L2x), nyílt lösztölgyesek (M2), nyílt sziki tölgyesek (M3), nyílt homoki tölgyesek (M4), tölgyes jellegű sziklaerdők és tetőerdők (LY4).

A Natura 2000 élőhely osztályozások szerinti tölgyesekre vonatkozó élőhelyeket az alábbi „*1.táblázat*” mutatja (Bölöni, Molnár & Kun, 2011):

Natura 2000 élőhely	**Natura 2000 élőhely angol elnevezése**	**Megfelelő ÁNÉR 2011 élőhelyek**
91G0 pannon gyertyános-tölgyesek	91G0 Pannonic woods with Quercus petraea and Carpinus betulus	K2, K7b és K1a nem Dél- és Nyugat-Dunántúlon lévő állományai
91H0 Pannon molyhos tölgyesek	91H0 Pannonian woods with Quercus pubescens	L1, M1
91I0 Euro-szibériai erdőssztyepp-tölgyesek	91I0 Euro-Siberian steppic woods with Quercus spp.	M2, M3, M4, L2x teljes egészében, L5 nagy része
91M0 Pannon cseres-tölgyesek	91M0 Pannonian-Balkanic turkey oak- sessile oak forests	L2a, L2b, L4a

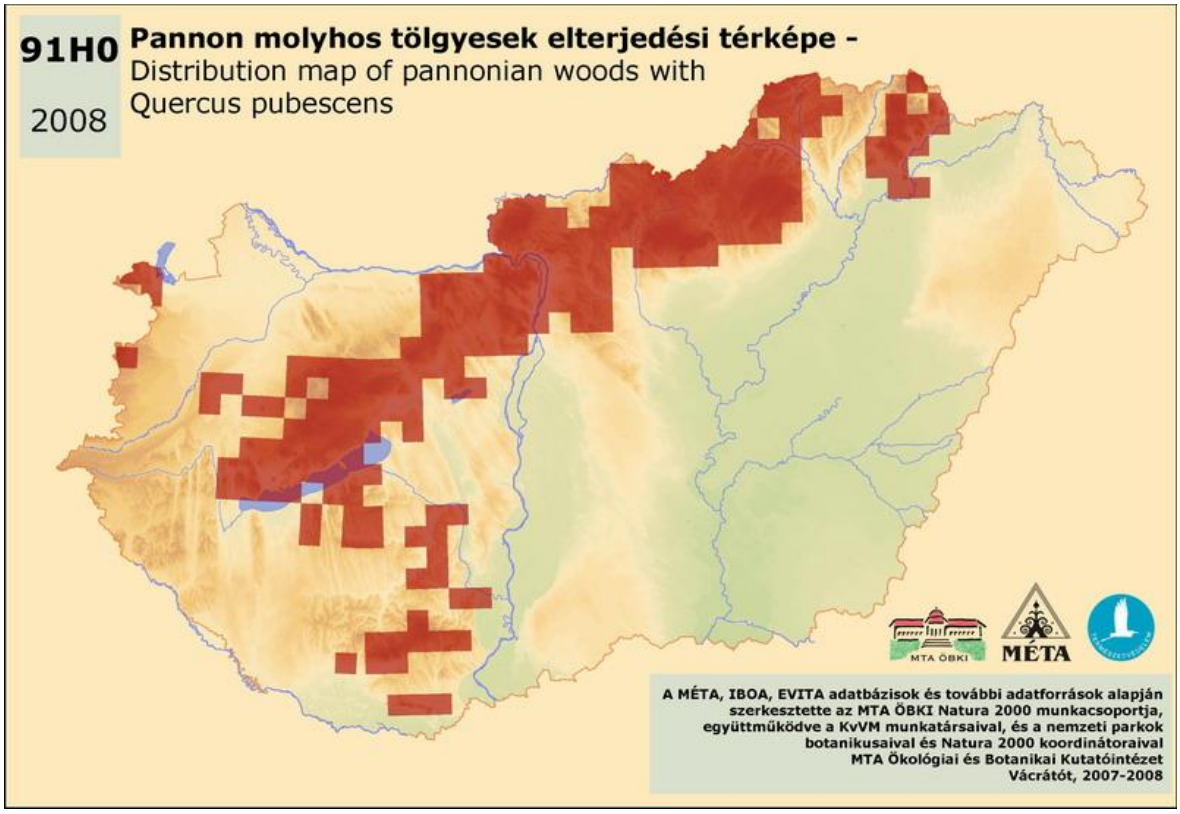
1. táblázat: A hazai Natura 2000 élőhelyek és az ÁNÉR 2011 megfeleltetése. Forrás: Bölöni, Molnár & Kun (2011).

A továbbiakban a Natura 2000-es osztályozási rendszer által elkülönített pannon molyhos tölgyesek kerülnek bemutatásra.

A pannon molyhos tölgyesek felnyíló lombkoronaszintű vagy gyepfoltokkal tarkított közepesen elegyes, erős cserjeszintű erdők. Jellemző fafajaik a molyhos tölgy (*Quercus pubescens*), kisebb arányban pedig a csertölgy (*Q. cerris*) és a kocsánytalan tölgy (*Q. petraea*). Az élőhelytípus teljes egészében magában foglalja a mész- és melegkedvelő tölgyesek (L1), valamint a molyhos tölgyes bokorerdők (M1) egységét (www_3).

A molyhos tölgy elsősorban meszes vagy dolomit alapkőzeten, különböző rendzinák és sziklás-köves váztalajokon fordul elő. Melegkedvelő és szárazságtűrő tulajdonsága révén leginkább a tölgyes öv meleg, száraz, köves gerincein és délies kitettségű lejtőin jelenik meg. Lassú növekedésű, de idős korában magas termetű (15 méternél tetőzik) terebélyes, tagolt felületű félgömb alakú vagy ellaposodó lombkoronát fejlesztő lombhullató fa. Kérge sötétszürke, mélyen barázdált, a kéregrepedések hosszanti- és keresztirányban is futnak, ezért kéregcserepei többé-kevésbé négyszögletesek. Zöldesbarna éves hajtásai szürkén molyhosak, zömök, tojásdad rügyei sötétbarnák, tompa hegyűek, rügypikkelyek háta fehéren vagy szürkén molyhos. Levelei a többi tölgy leveleihez viszonyítva kicsinyek (5-12 cm hosszúak). Leveleik alakja változatos, általában elliptikus, közepesen vagy mélyen tagoltak 4-6 pár karéjjal. A karéjok szélesek, lekerekítettek. A levéllemez kihajtáskor mindkét oldalán molyhos szőrös, később felül teljesen kopasz, fonáki oldalán az erek kivételével lekopaszodó. Levélnyele 6-18 mm hosszú, szürkén molyhos vagy kopaszodó. Sárgászöld, nyúlánk (4-6 cm) porzós barkái a lombfakadással egy időben nyílnak, magányos termős virágai a fejlődő hajtások csúcsán vannak. Hosszúkás (8-20 mm) tojásdad makktermései a hajtáson ülő vagy rövid virágzati tengelyen fejlődő, sűrűn molyhos

kupacsokban fejlődnek. A félgömb alakú kupacs pikkelylevelei aprók, laposak, fokozatosan hosszú csúcsba keskenyedők, felületük szürkén molyhos. Későn, április végén fakad, május elején virágzik. Októberben hullajtja makkját, ami talajt érve azonnal kicsírázik, viszont hajtása csak tavasszal jelenik meg. A magoncok hosszúsági növekedése kezdetben 7-8 éves korukig lassú, ezt követően jó termőhelyen intenzív növekedésbe kezdenek, ami viszont nem tart sokáig, emiatt más fafajokkal nem tudja felvenni a versenyt. Elterjedését tekintve Közép-Spanyolországtól Kelet-Anatóliáig megtalálható, szubmediterrán flóraelem. A széles elterjedési terület klimatikus viszonyainak eltérése három alfaj kialakulását segítette elő (*Qu. p. spp. lanuginosa, Qu. p. spp. anatolica, Qu. p. spp. palensis*). Hazánkban a *Qu. pubescens spp. lanuginosa* alakkör található. Társulásait stabil életközösség jellemzi, gazdag flórával és faunával rendelkezik (Vancsura & Gencsi, 1992; www$_4$).



6. ábra: Pannon molyhos tölgyesek elterjedési térképe. Forrás: MÉTA program, www.novenyzetiterkep.hu.

A pannon molyhos tölgyesek vegetációtípusában a molyhos tölgy mellé számos elegyfa kerülhet, úgy, mint mezei juhar (*Acer campestre*), magas kőris (*Fraxinus excelsior*), berkenyefajok (*Sorbus* spp.), a Dunántúlon pedig virágos kőris (*Fraxinus ornus*). Jól fejlett gyepszint jellemzi, a nyílt részek sztyeppfoltjaival mozaikosan helyezkedik el. A társulás védett fajainak száma magas: pl. gérbics (*Limodorum abortivum*), gombos varjúköröm (*Phyteuma orbiculare*), pusztai meténg (*Vinca herbacea*) stb.

A pannon molyhos tölgyesek elhelyezkedésüket tekintve csak a Kárpát-medence térségében fordulnak elő, hazánkban előfordulásuk gócpontja a Dunántúli-középhegységre esik, de emellett megtalálhatók továbbá az Északi-középhegység és a Dél-Dunántúl (Külső-Somogy, Tolnai-dombság, Mecsek, Villányi-hegység) területén is (*6. ábra*).

Az állományok erdőgazdálkodási szempontból kevésbé jelentősek a szélsőséges domborzati viszonyok és a gyenge minőségű faanyag miatt, ugyanis a molyhos tölgy szerény méreteket ér el, sokszor csak cserje, inkább véderdőként van szerepe. A legeltetés viszont évszázadokig jellemzője az erdőállománynak, hiszen a füves aljnövényzetű, gyepekkel váltakozó, rendszerint sarjeredetű erdő ezt lehetővé tette. Természetességi állapotukat jelenleg leginkább a túltartott vadállomány és az idegenhonos fafajok – az agresszíven terjeszkedő akác és bálványfa – betelepedése veszélyezteti (Vancsura & Gencsi, 1992; www3).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Célkitűzés

A Fóti-Somlyóhoz kapcsolódó erdőkezelési tervek kialakításánál, kiemelt természetvédelmi besorolású (DINPI vagyonkezelésében álló természetvédelmi terület, Natura 2000-es terület) státusza révén, lehetőség adódik természetvédelmi célok elérése mentén megfelelő természetközeli erdőgazdálkodási módszerek megalkotására. Az egyik ilyen jellegű beavatkozás hagyásfák és hagyásfacsoportok kialakítása, melyek leginkább az idősebb faegyedek megőrzését és megfelelő kezelését jelenti. Ezen fák megtartása a kezelési területen elősegíti az erdő korosztályainak változatosságát, és növelik az erdő ökológiai értékét azáltal, hogy olyan élettereket biztosítanak, melyek a fiatalos állományban nem jelennek meg (Frank, 2000).

A Fóti-Somlyón évszázadokig tartó fás legeltetés hatására magas az öreg fák aránya, így fenntartásuk és megfelelő kezelésük kiemelt fontosságú. Szakdolgozati munkám kutatásának tehát elsődleges célja a Fóti-Somlyó természetvédelmi területen elhelyezkedő öreg fák feltérképezése és dendrometriai adataik felmérése, mely a későbbi kezelési tervekhez segítséget nyújthat. A kapott adatok térképes megjelenítésével kirajzolódik az öreg fák térbeli eloszlása, fafaj összetételük és a különböző fafajok térbeli elhelyezkedése, illetve törzsátmérő szerinti méreteloszlásuk.

Továbbá fontos meghatározni, mennyire veszélyeztetettek az adott faegyedek, amit egészségi állapotuk kategorizálásával, illetve a körülöttük lévő fák – kifejezetten a virágos kőris (*Fraxinus ornus*) – lombkoronába hatolásának mértékével vizsgáltuk. Ezenkívül a mikrohabitatok száma is értékes információt szolgáltat a fákról, főleg a Fóti-Somlyó természetvédelmi terület biodiverzitásának fenntartása szempontjából. Mindezen jellemzők felvétele a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóságának munkáját hivatott segíteni.

Egyéb, a kapott adatokra épülő tudományos kérdésfelvetések a következők:

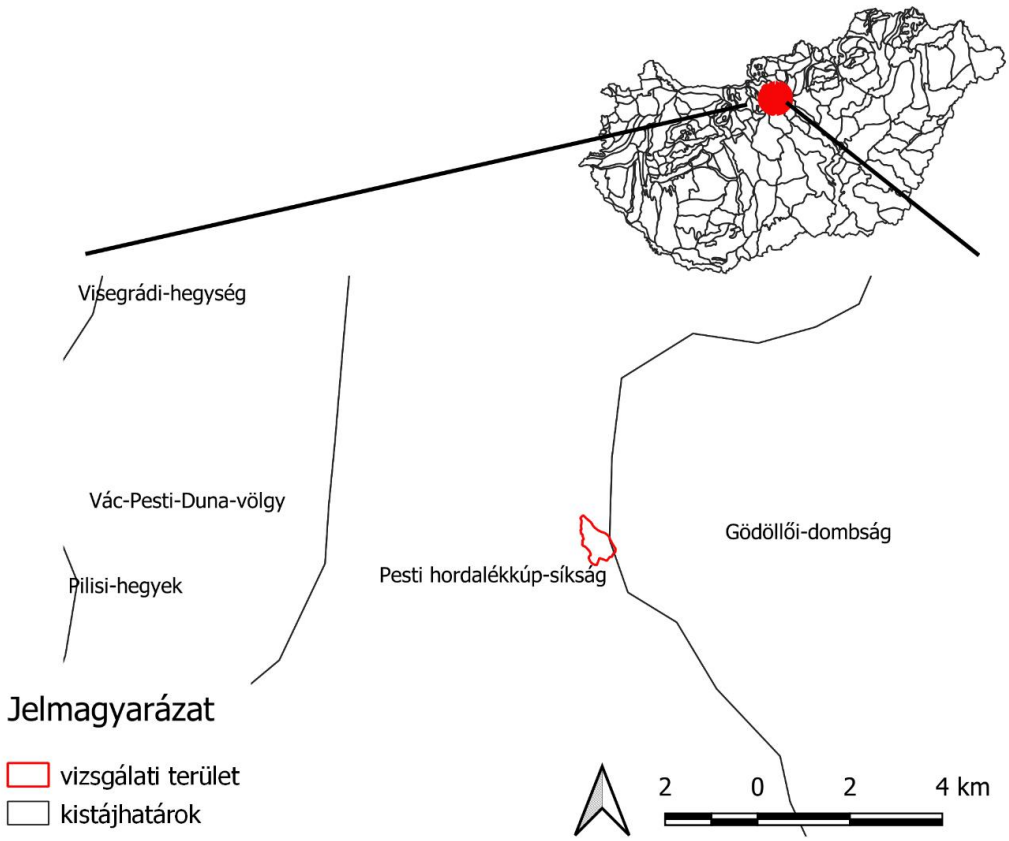
- Melyek azok a mikrohabitatat típusok, melyek előfordulási gyakorisága nagy mértékben függ a faátmérőtől és ezáltal az öreg fa jelenlététől?
- A mikrohabitat típusok száma, hogyan függ össze a fák egészségi állapotának mértékével?
- Melyek azok a mikrohabitatok, melyek a fa egészségi állapotának romlását jelezhetik?

3.2. A vizsgálati terület bemutatása

A Fóti-Somlyó természetvédelmi területet 1953-ban nyilvánították védetté Zólyomi Bálint, Fekete Gábor, Jakucs Pál, Papp József ajánlásával és az Országos Természetvédelmi Tanács a 1243/53. sz. határozatával (www[5]; Tóth, 2015). A védetté nyilvánításhoz nagyban hozzájárult a terület lepkefajokban való gazdagsága. Köztük számos ritka és védett fajjal, mint például a fokozottan védett (eszmei értéke 100 000 Ft) pontusi zafír vagy fóti boglárkalepkével (*Plebejus sephirus*), melynek az első és sokáig az egyetlen populációját itt fedezték fel. Ezen lelőhelyen kívül csupán Bulgária egyes vidékein találkozhatunk vele. (Demény, 2007) A felfedezés jelentősége miatt maga a lepke és a tápnövénye, a szártalan csüdfű is a hegy szimbólumává vált. A védelmet később kiterjesztették, 1971-ben az összes erdőrészre, majd 1989-ben a hegylábi részeket is hozzá csatolták (Tóth, 2015). Területe 282 hektár, ebből tervszerinti fokozottan védett magterülete 105 ha. Legmagasabb pontja 288,5 m.

Elhelyezkedése speciális, ugyanis két kistáj határán található, a Gödöllői-dombság kistáj nyugati, észak-nyugati, illetve a Pesti-hordalékkúpsíkság kistáj északi, illetve észak-keleti peremén (*7. ábra*). Az előbbi az Észak-magyarországi-középhegység nagytáj (Cserhát-vidék középtáj), utóbbi az Alföld nagytáj (Duna-menti-síkság középtáj) nagyobb földrajzi régiók részét képezi (Fekete & Varga, 2006; Dövényi, 2010). Helyzetéből fakadóan a két nagytáj vegetációjának találkozását figyelhetjük meg a területen, átmenetet képezve a két alapjaiban eltérő alföldi és hegyvidéki vegetációtípus között.

Habár az átmeneti jelleg a Fóti-Somlyót markánsan jellemzi, általánosan elmondható az Északi-középhegység előhegyeinek és dombvidékeinek egyes részeire is, melyen továbbra is alföldekre jellemző társulás fedezhető fel. A Gödöllői-dombság erre kitűnő példa, hiszen nagy területe nyúlik be mélyen az Alföldbe (egészen Mende-Úri térségéig). Ennek a szoros kontaktnak és a változatos domborzatnak köszönhetően olyan talajtani és mezoklimatikus viszonyok alakultak ki, amely lehetővé teszi a hidegkontinentális erdősztyep-erdők (pl.: száraz mezei juharos tölgyesek, hársas-tölgyesek) és a gyöngyvirágos tölgyesek megjelenését, melyek egyrészt az alföldi erdőssztyepp vegetáció társulásai, másrészt távolabbi kontinentális kapcsolatokról is árulkodnak. A hegyvidékekre jellemző társulás pedig például a mély, meredekebb oldalú völgyekben kialakuló középhegységi gyertyános tölgyes, Vácszentlászló községhatárban pedig egy kis bükkös folt is megtalálható.

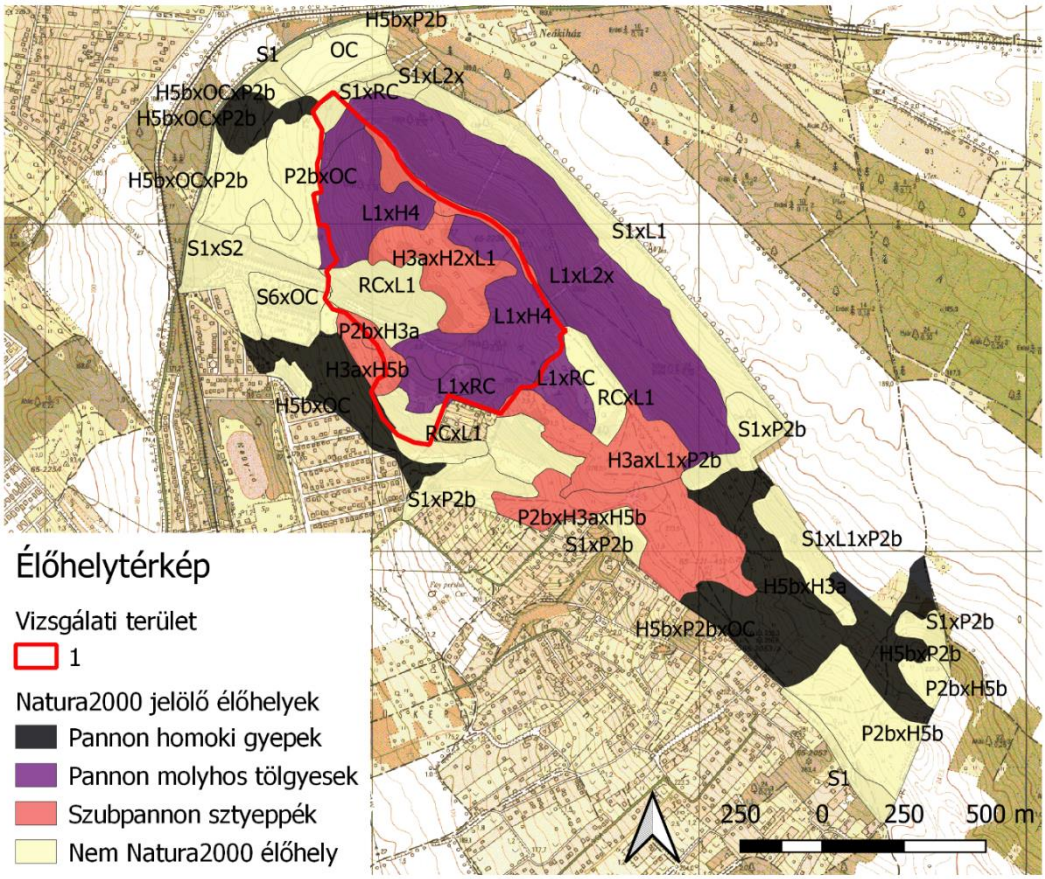


7. ábra: A Fóti-Somlyón belüli mintavételi terület elhelyezkedése kistájhatárokon Magyarország kistájkataszterei alapján. Készült: QGIS térinformatikai program.

Az alföldre jellemző termőhelyi és növényzeti jellemzők más formában is megjelennek a kistáj egészén, ilyenek a délies oldalak lejtősztyepjei, a folyóvölgyek éghajlata, a területen megjelenő jó minőségű termőtalajok (pl. a löszön kialakuló barna erdőtalaj) és gazdag vízhálózat mind az alföldi körülményeket idézik.

A Fóti-Somlyó északi lejtőin a cseres-tölgyes elemek keverednek az alföldi erdősztyepphez tartozó tatárjuharos lösztölgyesekkel, míg a délnyugati-lankás lejtőkön, amíg a homok tart a Duna-Tisza köze homoki vegetációja (évelő homokpusztagyep, homokpusztarét) húzódik fel, melyet sziklafüves lejtősztyepp vegetáció követ. A fentebb lévő mészkőn molyhostölgyes karsztbokorerdő és melegkedvelő tölgyes mozaikol a pusztafüves lejtősztyeppel (*8. ábra*) (Fekete & Varga, 2006; Demény, 2007).

A fás társulások egyes részeit özönnövényekkel való fertőzöttség jellemzi úgy, mint a nyugati ostorfa (*Celtis occidentalis*), fehér akác (*Robinia pseudoacacia*), bálványfa (*Ailanthus sp.*) és fekete fenyő (*Pinus nigra*). Ezek egy része telepített, ugyanis az 1950-es évek utáni újra erdősítéskor tájidegen fajok telepítését találták célszerűnek és a legkönnyebben megvalósíthatónak (Fekete & Varga, 2006; Fehér & Baranyai, 2014).



8. ábra: Fóti-Somlyó élőhelytérképe a mintavételi terület megjelölésével. A címkézés az Á-NÉR kategóriák rendszerét követi. Készült: QGIS térinformatikai program.

Emellett a fertőzést a közeli településfásításból a madarak által behordott magokból felverődött fák jelentősen súlyosbítják. Érdekességként megemlítendő, hogy régebben vizes élőhelyek (mocsárrétek, vérfüves láprétek) is húzódtak a Fóti-Somlyó hegylábi részén, melyet a Sződrákos-patak és a Márton-patak táplált. Mára már ezt a tudást csak emlékként őrizzük, ugyanis a fóti Nagy-tavat tápláló források kiapadását követő, nem megfelelően átgondolt vízutánpótlásnak és vízrendezésnek következtében teljesen eltűntek ezek az élőhelyek (Tóth, 2015).

Mivel az itt kialakuló növényzetet elsősorban a domborzat, illetve a talaj összetétele határozza meg, így a meszes homokkő aljzatra rakódott lösz (pleisztocén, szél által hordott) és homok (Duna hordalék) is biztosítják azt a változatosságot, ami az átmenetet jellemzi. Az átmenet mellett a terület éghajlati és geológiai felépítésének mozaikossága is kulcsfontosságú szereppel bír az itt megjelenő különleges és gazdag flóra és fauna kialakulásában. Kőzettani felépítését tekintve a területen nagy arányban tengeri és édesvízi szerves mészkő, illetve a meszes homok dominál. Kisebb foltokban lösz és piroxén-andezittufa fordul elő. A lösz és homok pannon kori üledékből származik. A kőzeteken leginkább redzina talaj alakult ki, a hegyláb alsó részein rozsdabarna, illetve Ramann-féle

barna erdőtalaj található (Tóth, 2015; Demény, 2007). A meredek oldalú, déli kitettségű, igen száraz domboldalakon viszont a termőréteg a legtöbb helyen erózió következtében elvékonyodott (Dövényi, 2010). A terület klímájára zonálisan kontinentális, mérsékelten meleg, száraz éghajlat jellemző, viszont a korábban említett mozaikosságot mutatja, hogy szubmediterrán és szubmontán mikroklimatikus élőhelyfoltokkal is rendelkezik. A száraz éghajlat miatt a területre jelentős vízhiány jellemző. Az éghajlati adottságokat a „*2.táblázat”* foglalja össze:

éves napfénytartam	**évi középhőmérséklet**	**évi legmagasabb hőmérsékletek**	**évi legalacsonyabb hőmérsékletek**	**évi csapadékösszeg**
1910-1940 óra	10,0-10,2 °C	34,0-34,2 °C	-15,5 es -15,8 °C	500-580 mm

2. táblázat: Fóti-Somlyó éghajlati adottságai. Forrás: Dövényi (2010).

A mikroklímával magyarázható, hogy a területen található pár darab sziklakibukkanás mellett az észak-keleti meredek lejtőkön a sziklák jelenléte nélkül is meg tudott telepedni az aranyos fodorka (*Asplenium trichomanes*) (www$_5$).

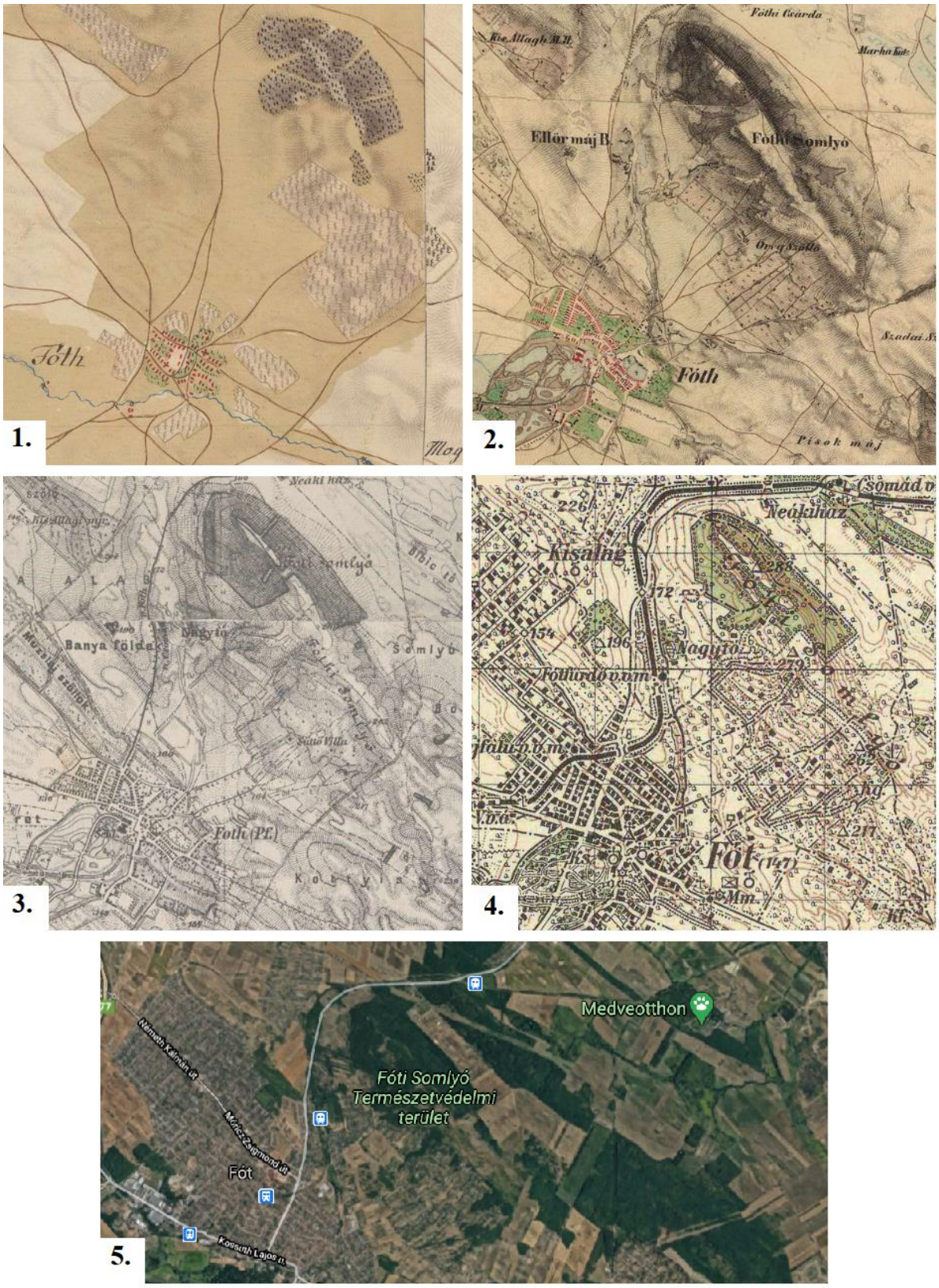
A Fóti-Somlyót rendkívül diverz élővilág jellemzi. Flóra- és faunaelemei a következők: kontinentális erdőssztyepp-, pannon, pontuszi, ponto-mediterrán, euroszibériai és szubmediterrán elemek.

A terület értékét az élőhelyek változatosságából fakadóan a nagyszámú védett faj is mutatja, mint például a melegkedvelő, szubmediterrán elterjedésű zörgőbagoly (*Rileyana fovea*), magyar futrinka (*Carabus hungaricus*), pannongyík (*Ablepharus kitaibelii*), erdei pele (*Dryomis nitedula*). Emellett fontos megemlíteni a mára már a területen kihalt, de korábban itt tenyészett fokozottan védett státuszú, Natura 2000-es, és Vörös Könyves déli vagy osztrák sárkányfüvet (*Dracocephalum austriacum*). Magyarországon mostanra csupán egyetlen fennmaradt állománya ismert, mely az Aggteleki-karszton található. A Zabanyik-hegyet kiemelten ezen faj megőrzése miatt nyilvánították védetté (KvVM, 2006; www$_5$; www$_6$). A zörgőbagoly reliktumfajként maradt fenn a területen. A Fóti-Somlyó a jégkorszak utáni felmelegedés korszakában számos fajnak nyújtott menedéket, mivel a „hegy” gerince ÉNY-DK irányú, emiatt a legkitettebb (legszárazabb és legmelegebb) délnyugati, és a legvédettebb, leghűvösebb északkeleti kitettségű lejtők egymáshoz igen közel találhatók meg. Ennek köszönhetően a pleisztocén és a holocén éghajlatváltozások során az egyes fajoknak lehetőségük volt a számukra éppen kedvezőbb oldalra „húzódniuk”, így a terület ebből a szempontból is értéket képez. Emellett fontos megemlíteni, hogy kőzetalkotóként

védett miocén korú geológiai szelvények is találhatók a területen, ami szintén növeli a természetvédelmi értékét.

A Fóti-Somlyó mai arculatát, az erdő összetételét az évszázadokig tartó tájhasználat nagyban meghatározta. Az öreg fák nagy arányú megléte ezzel a tevékenységgel, főleg a legeltető állattartással függ össze. Az 1700-as években a Gödőllői-dombság összefüggő erdősége a Grassalkovich és az Eszterházy család birtokában állt. Az erdők fái közé, cserjésekbe és tisztásokra jártak legeltetni a környező települések lakói. Az 1800-as években a Károlyi grófi család tulajdonában álló Fóti-Somlyón továbbra is a fás legelőkön való állattartás és a kaszálás volt a főbb tevékenységi forma a mérsékeltebb erdőgazdálkodás mellett. Ennek hatására a szukcessziós folyamatok lassultak, hozzájárultak a jellemző gyeptársulások fennmaradásához. Ekkor kezdődtek meg az újra erdősítések is, főleg tájidegen fajokkal. Megemlítendő, hogy a II. világháború alatt az itt állomásozó orosz alakulatok a robbantásokkal, lövészárkokkal, tankbeállóhelyek nyomán kialakult gödrökkel, csatornaszerű mélyedésekkel nagy mértékben károsították a területet. A legeltetés és a kaszálás az 1960-as években szűnt meg, melynek következtében az értékes gyepterületeket a gyorsuló elbozótosodás és cserjésedés jellemzi (Tóth, 2015; Fekete & Varga, 2006; Demény, 2007).

A természetvédelmi terület fokozatosan, az utóbbi évtizedekben egyre gyorsuló ütemben antropogén beágyazódásúvá vált, amit a „*9. ábra*” szemléltet. Az első képen (1700-as évek) még Fót városa egészen kis területet foglal el, a körbeépítés mértéke minimális, az erdő (sötét, vastagabb kiemelés mutatja) mellett csupán egy kisebb szőlős birtok fedezhető fel (Öreg Szőllő; Süttő Villa megnevezésekkel a [2.] és [3.] képen). Kultúrtörténeti érdekesség, hogy 1832-ben Fáy András Vörösmarty Mihállyal és Ferenczy Istvánnal együtt itt vásárolt szőlőt, mely szüretkor a pesti értelmiségek kedvelt társasági eseményévé avanzsált. Az itt átélt élmények hatására születik meg Vörösmarty, a „Fóti dal” című műve (Kalla, 2014). A térképeket végig követve jól látható, hogy az 1800-as évek végéig, habár Fót városa növekedett, az erdő körülötti részt szántók, legelők, rétek, szőlőbirtokok tarkítják, míg az 1941-es térképen megjelenik a terület mai arculatára jellemző kiterjedt településhálózat (Fótfürdő, Fótújfalu, Kisalag stb.) illetve markánsan kirajzolódik a nyugati oldalon húzódó nagy forgalmi út. A beépítési folyamat a mai napig folyamatos, a körbeépített házak, mezőgazdasági területek, az úthálózatok egyre nagyobb nyomást gyakorolnak, elszigetelve ezáltal a Fóti-Somlyót a Gödöllői-dombság többi részétől. Az elszigetelődés azzal jár, hogy semmilyen pufferzónája sem maradt. (Tóth, 2015).



9. ábra: A Fóti-Somlyó fokozatos izolációját követhetjük nyomon az 1700-as évektől napjainkig. [1] Első Katonai Felmérés (1763-1787); [2] Második katonai felmérés (1819–1869); [3] Harmadik Katonai Felmérés (1869-1887); [4] Magyarország katonai felmérése 1941; [5] Fóti-Somlyó 2021-es műholdképen
Forrás: mapire.eu; Google Maps.

Emellett a területet folyamatos emberi behatás éri. Népszerű a kirándulók, kutyasétáltatók, kerékpárosok, futók körében (Fehér & Baranyai, 2014). Az igazi problémát a mountain-bikeosok, a quadosok és a crossmotorosok jelentik. A mélyen szántott keréknyomok sérülést okoznak a tájszerkezetben, emellett özönnövények, mint például a parlagfű terjedését is elősegítik. Ezeknek a negatív hatásoknak a következtében a terület degradációját nehéz, vagy szinte lehetetlen megakadályozni (Tóth, 2015).

3.3. Adatgyűjtés

3.3.1. Az adatfelvétel eszközei

Az adatgyűjtés android 7.0 operációs rendszerrel rendelkező érintőképernyős mobiltelefonon futó ODK Collect alkalmazás segítségével valósult meg, melyben előzetesen összeállított űrlapot lehetett feltölteni, ezáltal az adatok rögzítése digitálisan valósult meg. A hagyásfák helymeghatározásához külön GPS eszközt használtam, melynek típusa Garmin GPSmap 64 volt. Továbbá a fák mértani adatainak megadását Leica típusú magasság- és távolságmérő (famagasság, lombkoronasugarak), illetve átmérő-kerület (π) szalag (faátmérő) segítségével végeztem.

3.3.2. Terepi adatfelvételezés

A mintavételi terület a Fóti-Somlyó természetvédelmi terület délnyugati lejtőin került kijelölésre, ugyanis ezen a területen volt a nemzeti park igazgatóságának előzetes információja nagy fák jelenlétéről. Szemben a terület északi feléről, mely a történeti térképek alapján folyamatosan erdővel volt borítva, de az intenzív (sarjaztatásos) erdőkiélés, majd erdőgazdálkodás miatt nagy fák ott nem tudtak fejlődni. A felvételezés a mintavételi terület 43 hektárnyi területén és a 2020-as évben zajlott.

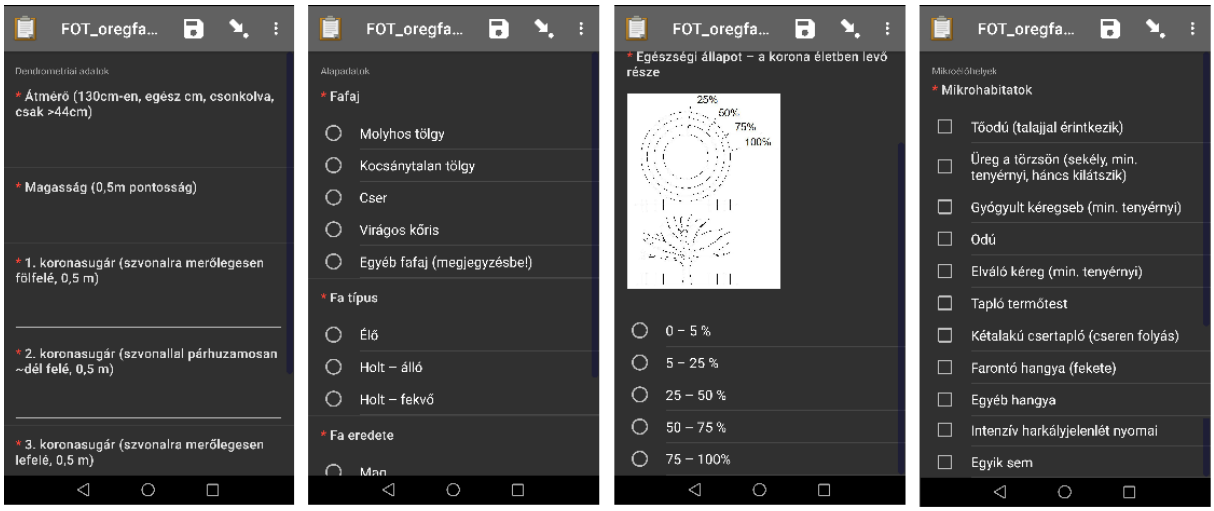
A terepi munka megkezdése előtt a mintavételi területre a témavezetőim javaslatára egy úgynevezett mintavételi háló (grid) került kijelölésre, mely lehetővé teszi, hogy a területet a leghatékonyabban fésüljük át és emellett biztosítja a találati pontok megbízhatóságát. A mintaterület a szintvonalak mentén 25-30 m széles sávokra lett bontva, melyeket az alaptérképekkel együtt feltöltöttük a GPS eszközünkbe. A sávok szélességét a beláthatóság határozta meg, a fák felvételezése oda-vissza irányban haladva ezeken a

sávokon belül történt. Az öreg fák koordinátáit a GPS eszközön rögzítettük, valamint kréta segítségével megjelöltük az adott fát a szintvonalra merőleges irányban mindkét oldalról. A sávok kijelölésével, a krétás jelöléssel és a GPS pontok átlagolásával biztosítottuk, hogy egyetlen fa se maradjon ki a terepi munka során, illetve a kétszeri felvételezés sem fordulhatott elő. A fa adatainak rögzítésénél az átmérőt 130 centiméteres magasságban és egész centiméterre csonkolva vettük fel, amennyiben az átmérő 45 centimétert elérte, amennyiben nem lehetett mellmagasságban lemérni – például faág elágazás miatt –, úgy a mobilapplikáció megjegyzés részében rögzítettem az eltérést.

A mintavételi területen folyó öreg fákat érintő párhuzamos munkálatok miatt néhány faegyed esetén külön jelölőrendszert használtunk a belenövés mértékének meghatározásához. A kutatásomat érintő munkálat egy pályázat keretén belül a Fóti-Somlyón álló faóriások megsegítésére irányult a lombkoronába növő egyéb fafajok (főleg virágos kőris, cser, ostorfa) visszaszorításával. Szekeres Péterrel a DINPI erdészeti referensével egyeztetve az érintett faegyedek esetén a munkálatok megkezdése előtt a kutatásomhoz szükséges skála alapján meghatározták a belenövés mértékét, majd sorszámmal jelölték az adott fát. A későbbiekben a sorszámot a mobilapplikáció megjegyzés részében rögzítettem, így a felvételi ponthoz a terepi munka után hozzá lehetett rendelni a belenövés megfelelő értékét.

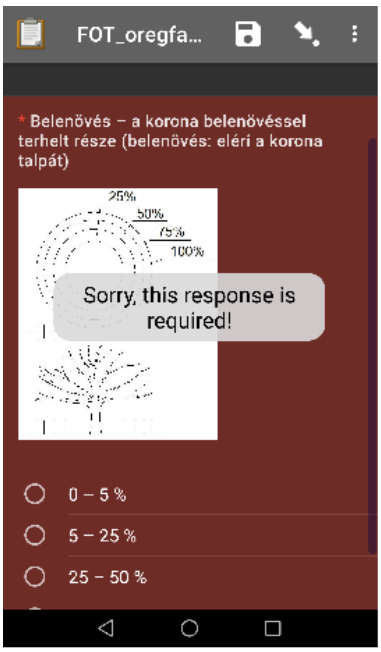
3.3.3. Az adatkezelési rendszer bemutatása

Az ODK Collect egy nyílt forráskódú alkalmazás, melybe XForms formátumú fájl-t lehet feltölteni, ami kérdőívként jelenik meg a képernyőn. A megjelenő űrlap segítségével pontról pontra fel lehet venni a hagyásfák és környezetükhöz kapcsolódó, a kutatás céljai mentén előzetesen meghatározott jellemzőket. Főbb kérdéstípusok: Egyszeres választás, egyszeres választás képpel, többszörös választás „egyik sem” opcióval, illetve adatmegadást lehetővé tevő beviteli mező (*10. ábra*).



10. ábra: A terepi adatgyűjtő alkalmazás kérdéstípusai: adatbeviteli mező, egyszeres választás, egyszeres választás képpel, többszörös választás „egyik sem" opcióval. A piros csillag a kötelező feladatokat jelöli. Készült: mobiltelefon képernyőfotó funkciója.

Szinte az összes kérdés kötelezőként van megadva, amit piros csillag jelöl, így az oldalak közötti lapozás csak akkor lehetséges, ha az adott oldalon az összes feladattípusra érkezik válasz. Ez a megoldás azt a célt szolgálja, hogy ne maradjanak ki információk, biztosítva ezáltal a mintavétel konzisztens jellegét. Amennyiben mégis mulasztás történik a képernyőn felvillanó hibaüzenet jelzi a problémát (*11. ábra*).



11. ábra: Felvillanó hibaüzenet, mely továbblépéskor jelenik meg abban az esetben, mikor egy kötelezőként jelölt feladatra nem érkezik válasz. Készült: mobiltelefon képernyőfotó funkciója.

A kérdéssorok 8 vizsgálati kategóriába oszthatók. Sorrendben a következők:

1. Helymeghatározás – Fa azonosítója (Átlagolt GPS pont neve)
2. Alapadatok – fafaj, fa típus, fa eredete
3. Dendrometriai adatok – átmérő, magasság, koronasugarak
4. Mikroélőhelyek
5. Főágak állapota
6. Egészségi állapot mértéke
7. Belenövés mértéke
8. Utánpótlás állomány minőségi és kvantitatív jellemzője

A kérdéssor végén ellenőrzésként újból meg kell adni a fa azonosítóját, majd fotódokumentáció zárja a rögzítést.

Az első három kategória a fa alapvető paramétereit adja meg. Az azonosítókód egyben a GPS pont neve is, ezáltal a GPS eszközről származó hely adatokat könnyen hozzá lehet rendelni a mobiltelefonon tárolt információkhoz. A fafajhoz a területről előzetesen szerzett ismeretek alapján 5-féle válaszlehetőséget tüntettünk föl: molyhos tölgy (*Quercus pubescens*), virágos kőris (*Fraxinus ornus*), kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és csertölgy (*Quercus cerris*), illetve egyéb fafaj. Az öreg fák esetén nemcsak az élő, hanem a holt egyedek is rendkívüli értékkel bírnak. A kutatás során a fatípusnál (élő, álló holtfa, fekvő holtfa) kerültek rögzítésre. Az előzőekben felsorolt kategóriasorozat abban az esetben érvényes, ha a fatípus közül az „élő" opciót választjuk ki. Amennyiben a másik kettőt, akkor a kérdőív értelemszerűen változik. Ezeknél az opcióknál plusz jellemzőket is rögzíteni kell, a korhadtsági állapotot (1-6-ig terjedő skála) mindkét, míg a fekvő holtfa hosszát a „holt-fekvő" opció esetén. Az egészségi állapot ilyenkor nincs meghatározva. A fa eredeténél négyféle lehetőség közül lehetett választani: mag, tősarj, sarjcsokor, nem megállapítható.

Az öreg fák mikroélőhelyek szerinti jellemzését kvalitatív változók szerint végeztük. A témavezetőim segítségével előzetesen kiválasztottunk olyan élőhelytípusokat, melyek a kutatás szempontjából könnyen detektálhatók, de ugyanakkor információt szolgáltatnak az öreg fához kötődő élőlénycsoportról vagy az idős fa egészségi állapotáról. Az alábbiak kerültek felvételre: tőodú, üreg a törzsön, gyógyult kéregseb, odú, elváló kéreg, tapló termőtest, kétalakú csertapló, farontó hangya, szaproxil kirepülőnyílás, egyik sem. Emellett külön feladatként a fagyöngyfertőzöttséget is vizsgáltuk mennyiségi kategóriák szerint. A főágak állapota szintén a mikrohabitattal, de ugyanakkor az egészségi állapottal is összefügg. Ha egy főág holt vagy letört, akkor csökken a fa vitalitása, de ugyanakkor újabb élőhely

biztosított élőlénycsoportok számára. Az egészségi állapot és belenövés százalékos skálán (0-5%, 5-25%, 25-50%, 50-75%, 75-100%) kép segítségével került meghatározásra. A belenövést a koronatalptól számítottuk. Az utánpótlási állomány fontos mérőszám a molyhos tölgyes állomány biztosításához. Az újulatot különböző korú egyedek felvételével határoztuk meg: újulati, suhángkorú, rudas korú, szálas korú utánpótlás. Mindegyik korosztálynál kvantitatív (nincs, 1, 2-5, 6<) meghatározás is történt, illetve az újulatnál külön jelezni kellett, van-e magas újulat ebből.

Az űrlaphoz összeállított kérdéssor részletesen a mellékletben megtalálható.

3.4. Adatfeldolgozás

Az mobilapplikáción tárolt adatokat először kezelhető formátumba kell alakítani. Az ODK Collect XForms formátumát átkonvertáltuk Exel táblázatban megjeleníthető XLS formátumba. Az exelben lévő adatokat könnyen tudtuk kezelni térinformatikai környezetben, melyet a QGIS 3.8 (Zanzibar) program segítségével valósítottunk meg. A térképkezelő programban az adatállományok „rétegek” formájában kerülnek behúzásra, aminek következtében a Fóti-Somlyót ábrázoló térképrétegeken a GPS pontok és az exel táblázatban található adatok segítségével az öreg fák elhelyezkedését vizuálisan is tudtuk ábrázolni a mintavételi területen.

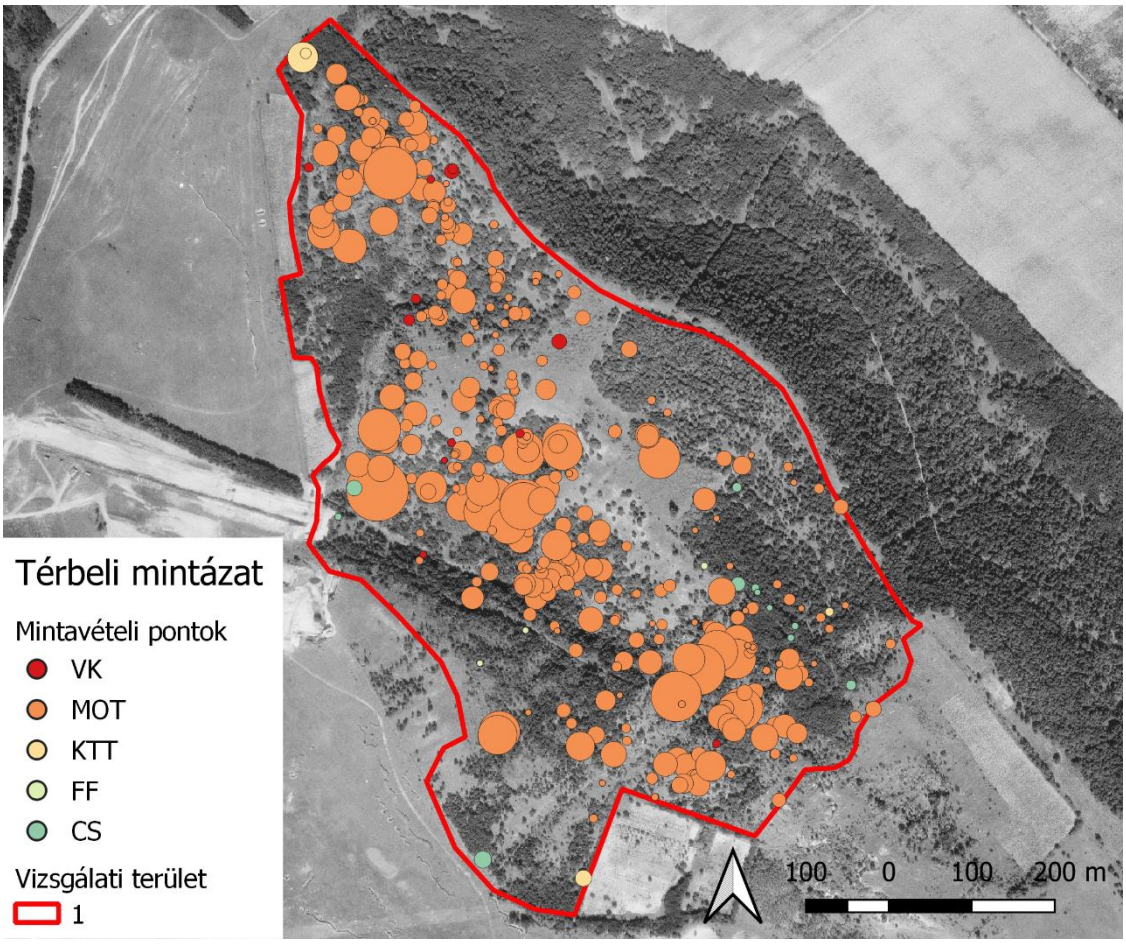
Az adatok statisztikai elemzését jamovi (version 1.6) program segítségével végeztem. A jamovi egy ingyenes, nyílt forráskódú statisztikai szoftver, mely az elemzési módszerek széles skáláját nyújtja (t-tesztek, korrelációk, regressziók, ANOVA stb.). Előzetesen összeállított adatfájlt a jamovi az alábbi kiterjesztésekkel tudja kezelni: .csv; .txt; .sav.

4. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

4.1. Elhelyezkedés és dendrometriai adatelemzés

Ebben a részben az adatok elsősorban elhelyezkedés, fafaj összetétel, holtfa arány, átmérőnagyság, egészségi állapot, belenövés mértéke és utánpótlás állomány szempontjából kerülnek elemzésre.

A terepi munka során 385 darab mintavételi pont került felvételre, melyet a QGIS program segítségével ábrázoltunk térinformatikai környezetben, amit a „*12. ábra*" mutat. A program kirajzolja a mintavételi területen felvett pontok elhelyezkedését, színkód segítségével megkülönböztethetők a különböző fafajok, a körök nagysága pedig az átmérők nagyságát szimbolizálja.



12. ábra: Mintavételi pontok ábrázolása a QGIS programban. ***CS****: csertölgy;* ***FF:*** *fekete fenyő-egyéb fafaj;* ***KTT:*** *kocsánytalan tölgy;* ***MOT:*** *molyhos tölgy;* ***VK****: virágos kőris. Készült: QGIS térinformatikai program.*

Ahogy a térképen is látszik, a molyhos tölgy (*Quercus pubescens*) uralja a területet. Nem csoda, hiszen a Pannon molyhos tölgyesek a terület legmeghatározóbb erdőtársulásai,

melyeknek két legjellegzetesebb fafaja a molyhos tölgy (*Quercus pubescens*) és a virágos kőris (*Fraxinus ornus*). Emellett kisebb hangsúllyal, de a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és a csertölgy (*Quercus cerris*) is állandó fafajai a társulásnak (www[3]). Az öreg fák fafaj összetétele követi a társulás egészére jellemző fafaj eloszlást, egy kivétellel. A virágos kőris az idősebb faegyedek csoportjában nem képviselteti magát olyan nagy arányban, mint ami a társulás egészére jellemző. Csupán három százalékban van jelen, a csertölggyel megegyező arányban. Érdekes megfigyelni, hogy a feketefenyő (*Pinus nigra*), mint tájidegen fafaj szinte ugyanakkora egyedszámmal képviselteti magát az idősebb fák között, mint a kocsánytalan tölgy (*13. ábra [1.]*). A fekete fenyők telepítése a Fóti-Somlyón és környékén az 1800-as években kezdődött meg. Ekkortájt a fekete fenyő ültetések okai között a talajvédelem és a futóhomok megkötése játszottak szerepet (Tamás, 2001).

Frequencies of FAFAJ **1.**

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
CS	12	3.1 %	3.1 %
FF	4	1.0 %	4.2 %
KTT	5	1.3 %	5.5 %
MOT	351	91.2 %	96.6 %
VK	13	3.4 %	100.0 %

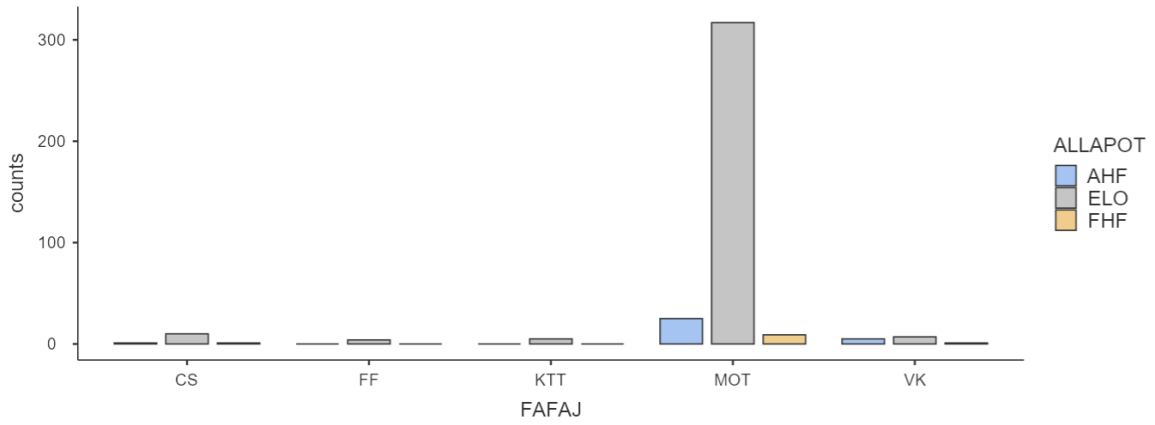
Frequencies of ALLAPOT **2.**

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
AHF	31	8.1 %	8.1 %
ELO	343	89.1 %	97.1 %
FHF	11	2.9 %	100.0 %

13. ábra: Fafajok (1.) és fatípusok (2.) darabszám szerinti és százalékos megoszlása. ***CS****: csertölgy;* ***FF:*** *fekete fenyő-egyéb fafaj;* ***KTT:*** *kocsánytalan tölgy;* ***MOT:*** *molyhos tölgy;* ***VK****: virágos kőris;* ***ELO:*** *élő;* ***AHF:*** *álló holtfa;* ***FHF:*** *fekvő holtfa. Készült: jamovi statisztikai program.*

Az öreg fák közül nemcsak az élőket, hanem a holtakat is jegyeztük, hiszen ökológiai szempontból ezek az erdőelemek is kiemelkedő fontosságúak. Az öreg fák mintegy egytizede holtfaként van jelen a vizsgálati területen, melynek majdnem háromnegyede (74%) álló holtfa (*13. ábra [2.]*). Egy terület holtfa mennyiségét alapvetően a termőhelyi viszonyok, a keletkezés és a lebomlás sebessége határozza meg, emellett a természetes bolygatások tér- és időbeli léptéke, az erdő története és az erdőkezelési stratégia is hozzájárul (Bölöni & Ódor, 2014; WWF, 2017). A lebomlás sebessége függ a holtfa méretétől és faji szintű besorolásától.

A mintavételi területen található öreg holtfákat legnagyobb mennyiségben molyhos tölgy alkotja, de emellett kisebb számmal csertölgy és virágos kőris is felbukkan (*14. ábra*).



14. ábra: A holtfák fafaj szerinti eloszlása. ***CS****: csertölgy;* ***FF:*** *fekete fenyő-egyéb fafaj;* ***KTT:*** *kocsánytalan tölgy;* ***MOT:*** *molyhos tölgy;* ***VK****: virágos kőris.* ***ELO:*** *élő;* ***AHF:*** *álló holtfa;* ***FHF:*** *fekvő holtfa. Készült: jamovi statisztikai program.*

A tölgyfajok lebomlása lassabb, mint például a bükké (a nagyméretű bükkfák teljes lebomlási ideje kb. 50 év, a tölgyek korhadása ennél sokkal lassabb, átlagosan 100-200 év), amit nagy méretük is tovább lassít, így olyan specialista korhadéklakó fajoknak nyújthatnak élőhelyet, melyekkel a vékonyabb, gyorsan lebomló holtfák nem rendelkeznek. Megőrzésükkel biztosítani lehet az erdő biodiverzitását, stabilitását és természetességét (WWF, 2017).

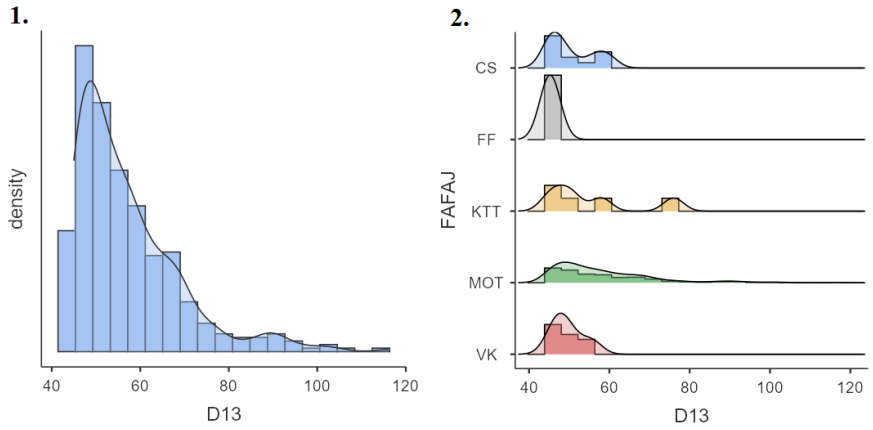
Frequencies of KORH

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
1	6	14.3 %	14.3 %
2	5	11.9 %	26.2 %
3	15	35.7 %	61.9 %
4	13	31.0 %	92.9 %
5	3	7.1 %	100.0 %

	ALLAPOT	
KORH	AHF	FHF
1	5	1
2	3	2
3	13	2
4	9	4
5	1	2

15. ábra: Holtfák korhadtsági állapotuk szerinti eloszlása holtfatípusok szerint is feltüntetve. ***1****-friss;* ***2****-kéreg hiányzik<10-20%-on, kés 1 cm-re hatol bele;****3****-Kéreg hiányzik 20-50%-on, kés 2-3 cm-re hatol bele;* ***4****-Kéreg hiányzik, kör keresztmetszetű, erősen korhadt;* ***5****-Földön fekvő, keresztmetszete ovális, erősen korhadt;* ***6****-Földön fekszik, szinte egy a talajszinttel, majdnem „humifikált" Készült: jamovi program.*

A mintavételi terület nagyméretű holtfáinak több mint felére (66,7%) a „**3.**" és „**4.**", kevesebb, mint egyharmadára (26,2%) az „**1.**" és „**2.**", míg töredékére (7,1%) az „**5.**" korhadtsági állapot jellemző (*15. ábra*). Tehát a lebomlási folyamat a holtfák kisebb részénél még kezdeti fázisban van, a legtöbbnél előrehaladott, a végső, humuszosodási fázist pedig csak nagyon kevés faegyednél tapasztaltuk. Mindegyik korhadási állapotnak megvan a saját szerepe és hozzá kötődő élőlényközössége, emiatt az erdő természetvédelmi kezelése során ezen fák megőrzése létfontosságú.

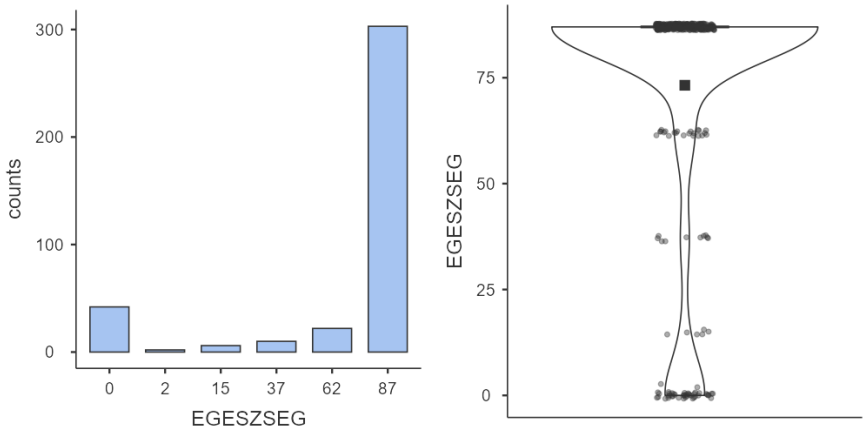


16. ábra: [1.] Átmérő (D13) gyakoriság és denzitás. [2.] Átmérő (D13) gyakoriság és denzitás fafaj szerinti eloszlása. ***CS****: csertölgy;* ***FF:*** *fekete fenyő-egyéb fafaj;* ***KTT:*** *kocsánytalan tölgy;* ***MOT:*** *molyhos tölgy;* ***VK:*** *virágos kőris Készült: jamovi statisztikai program.*

Az öreg fák átmérőnagyság szerinti megoszlása is informatív. Legnagyobb egyedszámmal a 45-70 centiméter közötti intervallumban helyezkednek el, ebből a 48 centiméteres átmérő a leggyakoribb 25 egyedszámmal (*16. ábra [1.]; 2.melléklet*). 80 centiméter feletti átmérővel csupán 21 faegyed rendelkezik (*2.melléklet*). Az eloszlás átlaga 57 centiméter.

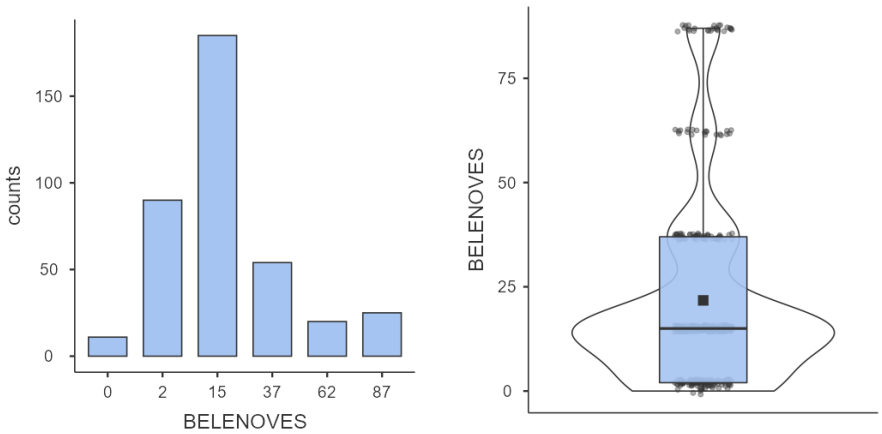
A molyhos tölgy pár egyede igazi famatuzsálem. A mintavételi terület legnagyobb méretű fája 116 centiméter átmérővel rendelkezik (*2.melléklet*). Habár 2016-ban az év fájává választott bátaszéki öreg molyhos tölgy méreteihez (átmérő kb. 150 cm) képest még elmarad, így is korosnak tekinthető (www[7]). Szinte mindegyik fafaj (kocsánytalan tölgynél kaptunk egyedül kiugró értéket) esetén csökkenő egyedszám mutatkozik, ahogy haladunk az idősebb korosztályok felé. Különösen a molyhos tölgynél rajzolódik ki markánsan ez a tendencia a nagy egyedszám miatt. Mindegyik fafaj legnagyobb gyakorisággal a 45-50 centiméter átmérő tartományban van jelen, a 76 centiméternél feljebb lévő osztályokban pedig csak a molyhos tölgy (*16. ábra [2.]; 2.melléklet*).

Fontos megvizsgálni továbbá, hogy mi jellemző összességében a mintavételi terület öreg fáinak egészségi állapotára, amit a „*17. ábra*” szemléltet. Az x tengelyen az 5 db százalékos skálatartomány (0-5%, 5-25%, 25-50%, 50-75%, 75-100%) középértékei vannak feltüntetve. Holtfáknál az egészségi állapot nincs értelmezve, így ezeknél a pontoknál „0” érték került beírásra. Az adatok azt mutatják, hogy legnagyobb egyedszámmal (303 db) a 75-100%-os kategória tartományban vannak jelen a faegyedek. A két alsó kategóriatartományba csupán 8 darab egyed tartozik, viszont rosszabb egészségi állapotuk miatt elsőbbséget élvezhetnek az öreg fák természetvédelmi kezelése terén.



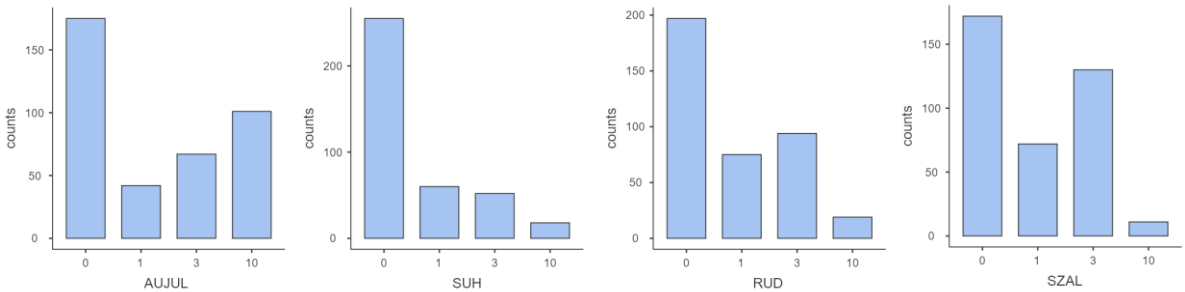
17. ábra: Egészségi állapot mértékének gyakoriság eloszlása. Készült: jamovi statisztikai program.

A belenövés mértékét a „*18. ábra*” szemlélteti. Az x tengelyen ugyanúgy, mint az egészségi állapot esetén a százalékos kategóriatartományok középértékei szerepelnek, viszont a holtfákhoz tartozó „0” értékhez kevesebb faegyed van feltüntetve. Ennek magyarázata, hogy holtfák esetén csupán a fekvő helyzetben lévőkhöz rendeltünk nulla értéket, míg az álló helyzetben lévőket a kategóriatartományok szerint értelmeztük. Az öreg fák legmagasabb egyedszámmal (185 darab) az 5-25%-os kategóriában vannak jelen a belenövés mértékét tekintve. Az egészségi állapottal összehasonlítva viszont azt látjuk, hogy az adatok nem oszlanak el olyan élesen az egyes kategóriák között. Míg az egészségi állapot esetén az összes adat, mintegy 79%-a jutott a legmagasabb kategóriába, addig a belenövés esetén a legtöbb egyedszámmal képviseltetett kategóriába csupán az adatok 48%-a jutott, a felső három belenövés szempontjából veszélyeztetett kategóriába pedig az idős fák körülbelül negyede tartozik. A belenövés mértéke sokkal egyenletesebben oszlik el az egyes kategóriák között.



18. ábra: Belenövés mértékének gyakoriság eloszlása. Készült: jamovi statisztikai program.

Az erdei életközösség fennmaradásához nélkülözhetetlen az utánpótlás állomány biztosítása. A vizsgálati terület öreg fák körüli utánpótlás állományát a „*19. ábra*” szemlélteti. Négyféle korosztály (újulati, suháng korú, rudas korú, szálas korú) egyedeit számláltuk meg a mintavételi pont körüli területen négyféle kategória osztályozás szerint (nincs; 1 db; 2-5 db; 6<db). Az adatokból az látszik, hogy körülbelül az öreg fák felénél nem találtunk utánpótlás állományt, míg a legmagasabb, hatnál több kategóriában az újulati korosztály képviselteti magát a legnagyobb előfordulással (mintavételi pontok kb. negyedénél), míg a többi korosztály csupán 3-5%-ban van jelen. Az újulati utánpótlásoknak körülbelül a 34%-ban fordult elő magas újulat.



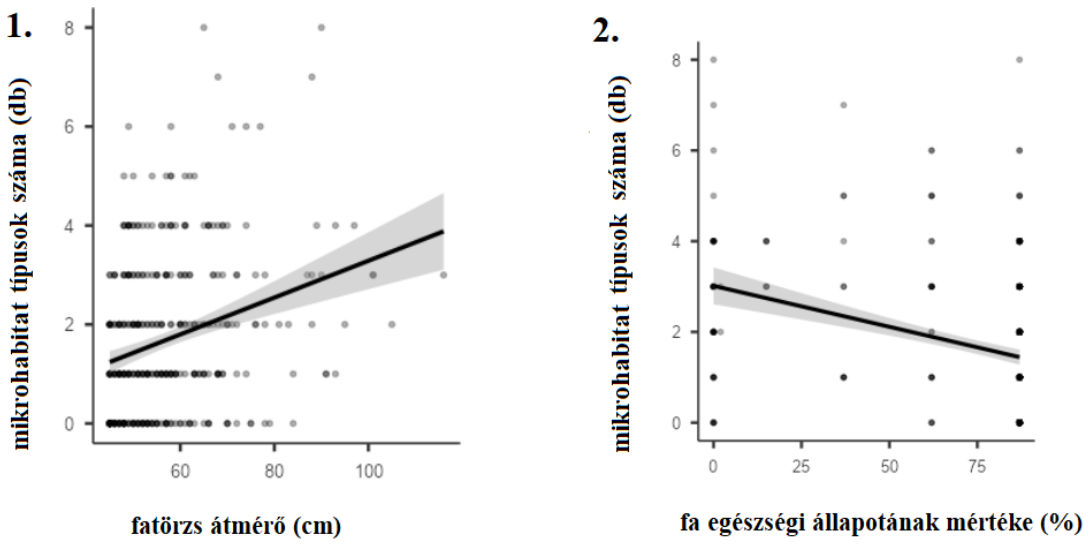
19. ábra: Utánpótlás állomány gyakoriság eloszlása. ***AUJUL:*** *újulati;* ***SUH:*** *suháng korú;* ***RUD:*** *rudas korú;* ***SZAL:*** *szálas korú. Készült: jamovi statisztikai program.*

További adattáblák a mellékletben találhatók.

4.2. Összefüggés vizsgálat

Az öreg fák egyik kiemelkedően fontos szerepe az erdei életközösségekben a biodiverzitás fenntartása sokféle élőhely biztosításával. Az idősebb fák fiatalabb társaikkal ellentétben életkorukból fakadóan több olyan eseményt élhettek át (villámcsapás, viharkárok, fát és faanyagot hasznosító fajok közössége), melyek potenciális élőhelyeket jelentenek az erdei életközösség számára (Woodland Trust, 2009). A terepi felvételezés során előzetesen meghatározott mikrohabitat típusokat (tőodú, üreg a törzsön, gyógyult kéregseb, odú, elváló kéreg stb.) rendeltünk az öreg fákhoz, aszerint, hogy megtalálható-e rajta az adott mikrohabitat vagy sem. Számos kutatás bizonyítja, hogy a mikrohabitatok mennyisége és egyes mikrohabitat típusok előfordulása is növekedik a fa átmérőjének növekedésével, emiatt az adatainkra ugyanezt a tendenciát vártuk (Courbaud, 2017; Paillet, 2019; Regnery, 2013). A regressziós vizsgálat alapján a hipotézis beigazolódott. A regressziós koefficiens pozitív értéket vett fel, a p értéke pedig kisebb, mint 0,001, így a meredekség szignifikánsan eltér nullától, ami azt bizonyítja, hogy van kapcsolat a két

változó között (*20. ábra [1.]*). A 60 centiméter feletti átmérővel rendelkező fák esetén jelentős ez a hatás.



20. ábra: [1.]: Regressziós vizsgálat az átmérők nagysága és a mikrohabitat típusok száma között. Corr:0,278; p<0,001 [2.]: Regressziós vizsgálat a fa egészségi állapotának mértéke és a mikrohabitat típusok száma között. Corr: -0,332; p<0,001. Készült: jamovi statisztikai program.

Az öreg fák akkor is biztosítják a mikrohabitatok sokféleségét, mikor az egészségi állapotuk hanyatlóban van, sőt a mintavételi terület öreg fái esetén szignifikánsan kimutatható a mikrohabitat típusok számának csökkenése ahogy nő az egészségi állapot mértéke, tehát többféle élőhelyet találtunk a kevésbé egészséges és holt faegyedeken (*20. ábra [2.]*). Megvizsgálva az egyes mikrohabitatok százalékos eloszlását a holt és élő faegyedek között, akkor a legtöbb típusnál (tőodú, törzsön keletkező üreg, odú, elváló kéreg, tapló termőtest, farontó hangya, szaproxil kirepülőnyílás és harkály jelenlét nyomai) a holtfák, azon belül pedig az álló holtfák esetén tapasztaltunk nagyobb előfordulást (*3.táblázat*). Hozzá kell tenni, hogy a faállapotok szerinti összehasonlításnál az egyedszám egyenlőtlenül van elosztva. Álló holtfából körülbelül háromszor annyi mintavételi pontot vettünk fel, mint fekvőből, az élő faegyedek száma pedig nyolcszorosa az összes holtfa mennyiségnek. A holtfákhoz tartozó kevés mintavételi pont ellenére egy friss kutatás, mely franciaországi erdőket vizsgálta hasonló eredményre jutott (Paillet, 2019). Az adataik alapján az álló holtfákon 20-30%-kal több mikrohabitat típust találtak, mint élő társaikon. Legjellemzőbb eltérést a kéreghez és harkály vájta odúkhoz, illetve a korhadáshoz (szaproxil) kapcsolódó mikrohabitatok mutatták (törzsüregek, harkály ütötte lyukak, korhadás, gombatermőtest, kéreg karakterisztikák). Ezek közül kiemelték a harkály okozta sérüléseket, melyek az élő fákon alig voltak fellelhetők. Az idősödő, elhaló fákhoz olyan bomlási folyamatok köthetők, melyek újabb és újabb életteret teremtenek a különböző fajok

számára, mint például az elhalt kéreg alatt élő számos rovarlárvának vagy hangyának, melyek a madaraknak, így a harkályoknak is megfelelő táplálékforrást jelentenek (Paillet, 2019). A kutatás további irodalmakat is megjelöl, melyek a mikrohabitat típusok holtfákon lévő gyakoribb előfordulását támasztják alá: Larrieu & Cabanettes (2012), Vuidot (2011).

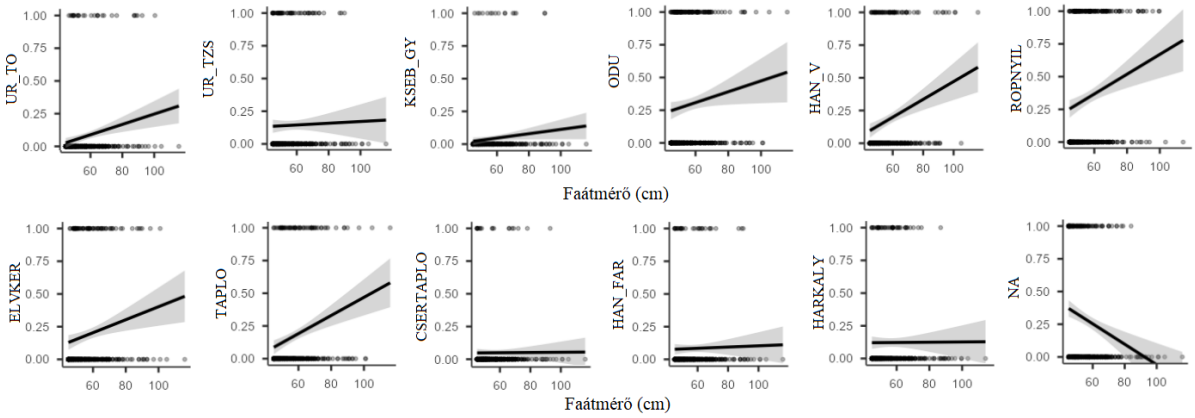
	ÉLŐ	**ÁHF**	**FHF**	**Össz.**
NA	29,4%	3,2%	36,4%	27,5%
UR_TO	6,1%	25,8%	0%	7,5%
UR_TZS	11,1%	45,2%	27,3%	14,3%
KSEB_GY	4,4%	3,2%	0%	4,2%
ODU	27,4%	58,1%	18,2%	29,6%
ELVKER	17,2%	35,5%	27,3%	19,0%
TAPLO	14,3%	48,4%	18,2%	17,1%
CSERTAPLO	5,2%	3,2%	0%	4,9%
HAN_FAR	8,5%	6,5%	9,1%	8,3%
HAN_V	19,8%	0%	9,1%	17,9%
ROPNYIL	30,9%	77,4%	18,2%	34,3%
HARKALY	12,0%	16,1%	9,1%	12,2%

3. táblázat: Mikrohabitat típusok faállapot és összes faegyed szerinti százalékos eloszlása. ***UR_TO****: Tőodú;* ***UR_TZS:*** *Üreg a törzsön;* ***KSEB_GY:*** *Gyógyult kéregseb;* ***ODU:*** *Odú;* ***HAN_V:*** *Vörös hangya-egyéb hangya;* ***ROPNYIL:*** *Szaproxil kirepülőnyílás;* ***ELVKER:*** *Elváló kéreg;* ***TAPLO:*** *Tapló termőtest;* ***CSERTAPLO:*** *Kétalakú csertapló;* ***HAN_FAR:*** *Farontó hangya;* ***HARKALY****: Intenzív harkályjelenlét nyomai;* ***NA:*** *Egyik sem.* ***ELO:*** *élő;* ***AHF:*** *álló holtfa;* ***FHF:*** *fekvő holtfa.*

Érdemes megvizsgálni az egyes mikrohabitat típusok és átmérő nagyságok közötti kapcsolatokat is, amit a „*21. ábra*” szemléltet. Mindegyik mikrohabitat pozitív értéket vett fel a korrelációs koefficiens alapján, viszont egyeseknél ez az érték nullához közelít. A várttal ellentétes, meglepő eredmény született az „intenzív harkályjelenlét” és „üreg a törzsön” mikrohabitatok esetén, melyeknél nem tapasztaltunk megnövekedett előfordulási gyakoriságot az átmérő függvényében, pedig egyéb kutatások alátámasztják a kapcsolatot (Großmann, 2018; Paillet, 2019). Az adatelemzés alapján az alábbi mikrohabitatok függenek leginkább az átmérő nagyságtól: tőodú (Corr:0,178, p<0,001), odú (Corr:0,108, p=0,034), vörös hangya (Corr:0,211, p<0,001), szaproxil kirepülőnyílás (Corr:0,185, p<0,001), elváló kéreg (Corr:0,151, p=0,003), tapló termőtest (Corr:0,219, p<0,001). A továbbiakban a kiemelt mikrohabitatok részletesebb bemutatását végzem el kitérve biológiai jelentőségükre is.

A fák kérge növekedésük során, másodlagos megvastagodásuk következtében vastagszik, az elhalt részek mennyisége felhalmozódik, a kéreg repedések mélyebbé, rusztikusabbá válnak. Habár a növekedési folyamat és a kéreg megjelenése a különböző fafajoknál specifikus, szerepét tekintve univerzálisan a fa védelmét szolgálja klimatikus

hatásokkal, légszennyezettséggel, biotikus kártevőkkel és mechanikai sérülésekkel szemben, emellett mikrohabitatot is „szolgáltat”.



21. ábra: Az egyes mikrohabitat típusok előfordulási gyakorisága a faátmérők szerint. ***UR_TO****: Tőodú (Corr:0,178, p<0,001);* ***UR_TZS:*** *Üreg a törzsön (Corr:0,023, p=0,659);* ***KSEB_GY:*** *Gyógyult kéregseb (Corr:0,098, p=0,055);* ***ODU:*** *Odú (Corr:0,108, p=0,034);* ***HAN_V:*** *Vörös hangya-egyéb hangya (Corr:0,211, p<0,001);* ***ROPNYIL:*** *Szaproxil kirepülőnyílás (Corr:0,185, p<0,001);* ***ELVKER:*** *Elváló kéreg (Corr:0,151, p=0,003);* ***TAPLO:*** *Tapló termőtest (Corr:0,219, p<0,001);* ***CSERTAPLO:*** *Kétalakú csertapló (Corr:0,005, p=0,922);* ***HAN_FAR:*** *Farontó hangya (Corr:0,020, p=0,689);* ***HARKALY****: Intenzív harkályjelenlét nyomai (Corr:0,004, p=0,943);* ***NA:*** *Egyik sem (Corr:-0,207, p<0,001). Készült: jamovi statisztikai program.*

A kéreghez köthető élőlényközösség összetételét nagyban befolyásolja a kéreg struktúrája és a kéreg kémiai jellemzője. Például az idősödő fák kérge növekedésük során egyre lúgosabbá válik, ami kedvező életteret jelent specialista zuzmófajok számára, míg strukturális elemként az elváló kéreg denevérek, madarak számára nyújt búvó-, pihenő- és fészkelőhelyet. Német kutatócsoport a kéreghez köthető mikrohabitatok és a fák méretei közötti összefüggést vizsgálta amerikai duglászfenyők (*Pseudotsuga menziesii var. menziesii*) esetén. Az egyes kéreghez kötődő mikrohabitatok, így az elváló kéreg (bark pocket) tömegessége is szignifikánsan növekedett az átmérő növekedésével (Michel, Winter & Linde, 2011).

Az erdőben található hangyafajok a fákat vagy táplálékforrásként és/vagy fészekhelyként hasznosítják olyan mikrohabitatokhoz kötődve, mint az élő fák odvai, holtfák, tölgymakkok stb. A holtfa jó hőszigetelőképessége és mechanikai védelme miatt lehet előnyös számos hangyafaj számára. A hangyák fontos szerepet töltenek be az erdők életében. Nagy részt vállalnak az erdők tápanyagforgalmában, szerves anyag lebontásának folyamatában, növények terjesztésében, ízeltlábúak ragadozójaként, más állatok táplálékforrásaként és fajok közötti ökológiai kölcsönhatásokban. Az erdei vöröshangyák kiemelt figyelemben részesültek többoldalú erdővédelmi jelentősége miatt. Leginkább Németország, Svájc és Skandinávia fenyveseiben folytak velük kapcsolatban kutatások, melyek eredményei magyarországi viszonylatban csak részben érvényesíthetők. A

nagytermetű erdei vöröshangyák (*Formica rufa* csoport) tuskókon, álló holtfa tövén, vagy fekvő holtfához kötődve készítik talajszemcsékből és növényi maradványokból épülő nagyméretű bolyaikat. A nagy, még élő fákhoz táplálékforrás szempontjából (begyűjthető mézharmat, zsákmányolható ízeltlábúak) kötődnek. A bolyhoz közeli, nagyméretű fák a kedvezők, mivel ezeken jóval nagyobb mennyiségű lehet a táplálék kínálat, mint a fiatal faegyedeken. A vöröshangyák jelentősége a fajgazdag mirmekofil („hangyavendég" vagy „hangyakedvelő") ízeltlábú közösségében is megnyilvánul, melyekkel sajátos kapcsolatot tartanak fenn. A fák egészségi állapotára legfőképp a herbivor rovarok nagymértékű visszaszorításával hatnak (Mikó & Csóka, 2016).

Az odúk átmérő szerinti növekedése egyrészt azzal magyarázható, hogy az öreg fákon méretüknél fogva nagyobb és több odú képes kialakulni, mint a fiatalabb egyedeken, másrészt az idősebb állományban sokkal gyakoribbak a letört ágak helyén vagy egyéb természetes odúk keletkezése, illetve a harkályok több méter magasságba, bizonyos faátmérő megléte mellett vájják odújaikat, amelyeket az idősebb faegyedek biztosítanak (Mag, 2007). Emellett a korhadás mértéke is befolyásolja az odúk kialakulását. Amerikai kutatásban példaként említik a lángvörös füleskuvik (*Otus flammeolus*) odúhasználati szokását. A nyugatabbra fellelhető amerikai fenyő (*Pinus ponderosa*) állomány esetén átlagosan 57,7 centiméter átmérőjű fák odvait hasznosítja, míg az északabbra fekvő állományoknál átlagosan 71,7 centiméter átmérőnél figyeltek meg odúfoglalást. Ez a fajta eltérés a fák eltérő növekedési folyamatival magyarázható, ugyanis az északi állomány esetén ennél a méretnél jelenik meg a korhadás. Az ideális odú olyan fában helyezkedik el, melynek külső, kemény rétege a ragadozók elleni védelmet szolgálja, belül viszont puha, így az odúkészítő madarak a már bomlásnak induló szíjácsot részesítik előnyben. Ezek a feltételek az élő és holt idős fákra jellemzők leginkább. A nagyobb, idős fákon keletkező odúk jelentősége leginkább a költési hálónál jelentkezik. Az idős fák hiányával az elsődleges odúkészítő fajok (harkályok) csökkenő tevékenységével a másodlagos odúlakók (madarak, denevérek, pelék stb.) eltűnhetnek az erdei életközösségből (Bunnell, 2002). A tőodúk ugyanúgy, mint az odúk számos faj számára nyújthatnak élőhelyet, viszont elhelyezkedéséből és kialakulásából adódóan az odúktól eltérő, speciális élettér jellemzi, mint például a sarjeredetű tölgyek bekorhadás révén kialakult talajjal érintkező odúi, melyekben (illetve melyek bizonyos részében) specialista, kifejezetten ritka bogárfajok (pl. kék pattanó, remetebogár) is kizárólagos életteret találnak vagy számos pelefaj számára nyújt tökéletes telelőhelyet, ugyanis minél mélyebben fekvő, lehetőleg a fagyhatár alá

húzódó földalatti járatokat keresik (Korda, 2016). A tőodúkban a talajjal való érintkezés következtében magas a nedvességtartalom és humusszal telítődhet (Kraus, 2016).

Az utolsó két mikrohabitat a faanyagot hasznosítók, korhasztási folyamatokban szerepet játszó élőlénycsoportokhoz kötődnek. A taplógombák a xilofág, vagyis faanyagot bontó gombák csoportjához tartoznak. A taplófajok előfordulási gyakoriságát számos tényező befolyásolja úgy, mint a fák faji besorolása, a holtfák mérete és megjelenési formája, a korhadás állapota. Sebparaziták, sebzéseken, ágcsonkokon keresztül támadják meg a fát. A legtöbb faj a fa pusztulását követően is a törzsön marad és szaprotróf életmódot folytat a holt faanyagon. Az idősebb fákat korukból fakadóan több külső hatás éri, ami sebeket, sérüléseket ejt a fán megtelepedési pontot biztosítva ezáltal a taplógombáknak. A nagy átmérőjű fák megléte, tehát biztosítja a taplófajok sokszínűségét és előfordulási gyakoriságát elősegítve ezáltal a biodiverzitást (Kunttu, 2018; Szabó, 2003). A biológiai sokféleség fenntartását önmagukban a taplógombák is biztosítják, ugyanis élőhelyet- és táplálékforrást biztosítanak számos más élőlény számára. A lignikol gombákhoz köthető élőlényközösségek kutatása terén leginkább a taplók bogárfaunája ismert, ami egyben a leggazdagabb is (Merkl, 2016). A törzsön és vastagabb ágakon fellelhető szaproxilofág rovarok röpnyílás-hálózata járatrendszert jelez a fában. A rovarok járatrendszere a lyukak és üregek összetett rendszere, melyet egy vagy több rovarfaj készít a fatörzsben. A szaproxilofág rovarok a már elhalt fákban, cserjékben és a még élő fák elpusztult részeiben élnek. Azokat a rovarokat, melyek a frissen elhalt fákat vagy farészeket elsőként kezdik meg lebontani, majd járatokat fúrni a faanyagba elsődleges szaproxilofág rovaroknak nevezzük (az elsődleges szaproxilofágok közé gombák is tartoznak). Jelentőségük az erdei életközösségekben felbecsülhetetlen. Nélkülük a faanyagban tárolt szerves anyag nem, vagy sokkal lassabban kerülhetne vissza a talajba, ami a tápanyagkörforgást nagy mértékben lelassítaná. Ezenkívül tevékenységükkel a biodiverzitás fenntartásában is nagy szerepet játszanak, hiszen az aktivitásuk révén kialakított élőhelyeket és emésztésük után visszamaradt faanyagot a másodlagos szaproxilofágok hasznosítják, melyek tevékenységéhez újabb a harmadlagos szaproxilofágok (baktériumok, mikroszkópikus gombák) megjelenése köthető, a humifikációs szakasz során. Ez a lebontási sor nem jönne létre az elsődleges lebontó rovarok nélkül. A nagyobb átmérőjű holtfákhoz (teljes fa vagy idős fákon lévő nagyobb ágak) sokszínűbb és mennyiségileg is nagyobb szaproxil rovaregyüttes kötődik, így a kirepülönyílások előfordulási gyakorisága és mennyisége is növekedik az faátmérő növekedésével. Ez a jelenség egyrészt a nagyobb szubsztráttömeggel magyarázható, másrészt az idős fa korából és méretéből adódóan számos mechanikai sérüléssel vagy más

kórokozó által előidézett egészségromlással rendelkezik, aminek következtében az elsődleges szaproxilofág rovarok bontási felületet találnak az öreg fa felszínén. A nagy hőscincér (*Cerambyx cerdo)* lárvája például az élő, de idős tölgyek kérge alatt kezd el rágni, majd egyre inkább behatol a fa belsejébe kétujjnyi széles járatokat hagyva maguk után. Kirepülőnyílást képző bogarakra további példák a nagytestű díszbogarak (spp. *Dicerca*), a laposorrú ormányos (*Gasterocercus depressirostris*) és a havasi cincér (*Rosalia alpina)* (Csóka & Kovács, 1999; Kraus, 2016; Merkl, 2016).

Correlation Matrix

		BELENOVES	FAGYONGY_DB	HOLT_FOAG	LETORT_FOAG	HAN_FAR	CSERTAPLO	KSEB_GY	TAPLO	ROPNYIL
EGESZSEG	Pearson's r	−0.108 *	0.163 **	−0.369 ***	−0.578 ***	−0.006	0.010	0.005	−0.251 ***	−0.286 ***
	p-value	0.034	0.001	< .001	< .001	0.900	0.842	0.920	< .001	< .001

Note. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

22. ábra: Egyéb mikrohabitat típusok és a fák egészségi állapotának mértéke közötti összefüggés. Készült: jamovi statsiztikai program

Természetvédelmi kezelés alatt álló erdők esetén fontos az öreg fák megfelelő kezelése, melynek egyik komponense az egészségi állapotuk megőrzése vagy másképp fogalmazva egészségi állapotuk romlásának lassítása. Mint ahogy a fentebb lévő bekezdésekben is olvasható az öreg fák haláluk után holtfaként is jelentős szerepet játszanak az erdők életében, viszont az erdő állapotától függően (pl. van-e megfelelő mennyiségű újulat) az öreg fák hosszabb ideig való megtartása, egészségi állapotának javítása segítheti a biodiverzitás fenntartását, az erdőállomány felújítását és az erdőben zajló ökológiai folyamatok megfelelő működését (Lindenmayer, 2017).

A fa egészségi állapotának romlását okozhatják mechanikai sérülések, biotikus kórokozók, vagy egyéb komplexebb betegségek, melyekről számos a fákon megjelenő mikrohabitat árulkodhat (Varga, 2001). A vizsgálat során az egészségi állapot mértékének függvényében az alábbi mikrohabitat típusok kerültek kiértékelésre: fagyöngy, holt főág, letört főág, farontó hangya, csertapló, gyógyult kéregseb, tapló, szaproxil kirepülőnyílás, illetve külön kategóriában a belenövés mértéke, mely szigorúan nézve nem az öreg fához köthető mikrohabitat. Az eredményeket a „22. ábra” táblázata foglalja össze.

A továbbiakban a belenövés mértékének változása kerül részletesebb kiértékelésre. A belenövés mértéke nagyban befolyásolja az egészségi állapot mértékét. A **4.1**. fejezetben ismertetett egészségi állapot és belenövés adatok alapján, habár a mintavételi terület öreg fáinak egészségi állapota túlnyomórészt megfelelő, hiszen a mintavételi pontok 79%-a a legmagasabb 75-100%-os kategóriába került, addig a belenövési adatok 48%-a az 5-25%-os kategóriába tartozik, míg további 37,4% a 0-5% és 25-50%-os kategóriák között oszlik meg, tehát jelentős rizikófaktor a fák egészségi állapotára nézve. A fák kompetíciója a napfényért,

vízért és a talaj tápanyagtartalmáért az alapvető ökológiai kölcsönhatások egyike, ugyanis ezek a források nélkülözhetetlenek a fotoszintézishez és a növekedéshez. A versengés a fa pusztulását is okozhatja, amennyiben nem jut megfelelő mennyiségű tápanyagforráshoz. A természetvédelmi kezelés során az öreg fák körüli területet megtisztítják a káros kompetítoroktól. A napfény, a víz és a talaj tápanyagforrásai könnyebben elérhetővé válnak, melynek következtében a fa lombkoronája és gyökérzete terebélyesedik, javítja a termésképződést (Miller, Stringer & Mercker, 2007).

5. SZAKMÓDSZERTANI FEJEZET

5.1. Bevezetés

Korunkra jellemző globális problémák egyre nagyobb mértéket öltenek és mintegy válasz reakcióként úgy nő az igény a természetvédelmi intézkedések iránt. Az élővilág megőrzése, a biodiverzitás fenntartása, a természetes környezet minőségének javítása kulcsfontosságú lépések egy olyan jövő felé, ami biztosítja a következő generációk számára a minőségi és egészséges életet. Viszont eredmények eléréséhez az oktatás szerepe nélkülözhetetlen. Az idősebb generációk és a társadalmak felelőssége, hogy a fiatalokat felruházzák azzal a tudással, attitűddel és azokkal a készségekkel, melyek eligazítják őket a jelen világ labirintusában és felelősségteljes döntések meghozatalára sarkallják őket. Nélkülözhetetlen, hogy értsék mekkora és milyen hatással van az ember környezet átalakító tevékenysége a bioszféra ökológiai folyamataira, hogy átlássanak komplex rendszereket, fejlődjön a kritikai gondolkodásuk, érzékenyebbek legyenek társadalmi és környezeti problémákkal szemben és tiszteljék, értékként tekintsenek a természetre. Ezen attitűdök kialakításában és a megfelelő tudás megszerzésében a természettudományok oktatása elsődleges. Emellett újabb és újabb nevelési módszerek látnak napvilágot, úgy, mint globális nevelés, környezeti nevelés, fenntarthatóságra nevelés, melyek egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a közoktatáson belül.

A fentebb említett attitűdök, tudás és készségek kialakítását céloztam meg a szakdolgozatom szakmódszertani részével, melyben a természetvédelem fontosságával foglalkozunk az erdei életközösségek ökológiai folyamatokban betöltött szerepének vizsgálatával.

5.2. Irodalom

5.2.1. Az oktatás többszintű szabályozása

Hazánkban az oktatás tartalmi és tantervi szabályozása többszinten érvényesül. A szabályozás legmagasabb szintű dokumentuma a Nemzeti alaptanterv (Nat), melyet a kerettantervek követnek, végül az iskolák ezen dokumentumokra alapozva alakíthatják ki saját helyi tanterveiket. A Nat feladata meghatározni a fejlesztési területeket, nevelési

célokat az iskolai nevelés-oktatás egyes sajátos tartalmi, pedagógiai feladataira, valamint az iskola és más nevelési-oktatási intézmények közötti, az érintett tanulók fejlesztését támogató pedagógiai tevékenységek egymásra épülésére vonatkozó elveket, a kulcskompetenciákat stb. (NAT 2012). A kerettantervek iskolatípusonként meghatározzák a tanítandó tantárgyakat, tartalmakat, azok sorrendjét és óraszámait is a 12. évfolyam végéig kiterjesztve. Felépítésük mindegyik iskolatípusra a következő: az iskolatípusra vonatkozó általános célok és feladatok, fejlesztési területek – nevelési célok; kulcskompetenciák, kompetenciafejlesztés; egységesség és differenciálás; tantárgyi struktúra és óraszámok; tantárgyi követelmények. A szabályozás helyi szintjét az iskolák pedagógiai programja képezi. A pedagógiai program meghatározza az iskolai nevelési programját, illetve az iskola helyi tantervét. A helyi tanterveknek meg kell felelniük a Nat, illetve a központilag meghatározott kerettantervek követelményrendszerének, viszont feladatuk kibővül, hiszen az iskolákban zajló oktatási folyamatok konkrét szabályozását látják el (Kriska & Karkus, 2015).

5.2.2. Az ökológia és a természetvédelem alapelvei a NAT-ban és kerettantervben

A Nat a biológia tantárgyat „Az Ember és Természet” műveltségi területen belül helyezi el. Az alapvető célok közé tartozik, hogy a természeti-technikai környezet megismerése érdekében a tanulónak meg kell ismernie a világot leíró alapvető természettudományos modelleket és elméleteket, azok történeti fejlődését, érvényességi határait, a hozzájuk vezető megismerési módszereket. A fejlesztési feladatokat hét szerkezeti egységbe sorolja:

1. Tudomány, technika, kultúra
2. Anyag, energia, információ
3. Rendszerek
4. A felépítés és a működés kapcsolata
5. Állandóság és változás
6. Az ember megismerése és egészsége
7. Környezet és fenntarthatóság

Az összeállított tematikus tervben leginkább az ökológia és a természetvédelem témaköre jelenik meg, így az óravázlatok összeállításához 3. és 7. pontban foglaltakat vettem alapul, mint például a **szerveződési szintek, hálózatok** címszó alatt található, „Összetett technológiai, társadalmi és ökológiai rendszerek elemzése.”, „A rendszerek egymásba

ágyazottságának felismerése környezetünkben.” vagy **a környezeti rendszerek állapota, védelme, a fenntarthatóság** résznél olvasható, „Természetközeli és leromlott állapotú élőhelyek megfigyelése.”, „Az ember természeti folyamatokban játszott szerepének kritikus vizsgálata. A fogyasztási szokásokkal kapcsolatos ésszerű és felelős szemlélet erősítésével törekvés a tudatos állampolgárrá nevelésre.” A biológia és egészségtan kerettanterv „A” változatában a 9-10. évfolyamon a **Kapcsolatok az élő és élettelen között,** míg a 11-12. évfolyamon a **Gazdálkodás és fenntarthatóság** tematikai egységben taglaltak fontosak úgy, mint például a problémák, jelenségek, gyakorlati alkalmazások, ismeretek részben megjelenő „Milyen kölcsönhatások kapcsolják össze az együtt élő fajokat?”, illetve fejlesztési követelményként meghatározott „A fenntartható gazdálkodás biológiai feltételeinek megfogalmazása.”. A biológia és egészségtan kerettanterv „B” változatában mindkét téma a 11-12. évfolyam tematikájában szerepel (NAT 2012).

Az ökológia tudományának nagy szerepe van a természetvédelmi szemlélet kialakításában. Az ökológiai szemlélet a természetvédelmi nevelés fundamentuma, viszont ökológiai szemléletről csak az ökológiai ismeretek és azok alkalmazásának tükrében beszélhetünk. A megfelelő ökológiai világkép kialakítása már a közoktatásban megkezdődik. Az ökológiai ismereteket az életkori sajátosságokat szem előtt tartva témakörök kialakításával teszik könnyebben tanulhatóvá és értelmezhetővé (egyed alatti és egyed feletti szerveződési szintek, populációk és életközösségek stb.). Viszont a tantárgyi diszciplinák mellett a nevelési területek bevonása és alkalmazása is szükséges a megfelelő ökológiai szemlélet elsajátításához. Ahogy az előbbiekből is látszik a természetvédelmi nevelés pedagógiailag és szakmai ismeretekben is interdiszciplinárisan komplex terület. A tantermi természetvédelmi nevelés megvalósítása is lehetséges és szükséges, viszont emellett a tanulmányi kirándulásoknak, erdei iskoláknak személyiségformáló, felelősségtudat kialakítását segítő hatása van (Papp, 1984). Ezen alapulnak az erdőpedagógia módszerei is.

5.3. Tematikus terv bemutatása

Az általam összeállított tematikus terv követi a szakmai kutatásomhoz felhasznált ismeretanyag fontosabb elemeit igazodva a Nat és a kerettantervek által meghatározott követelményrendszerhez. Az ismeretanyaghoz tartozó feladatok összeállításánál törekedtem

a diákok minél sokrétűbb kompetenciáinak fejlesztésére. Az órák alapvetően jelenléti oktatásra lettek tervezve, de egy kis átalakítással távoktatás során is megvalósíthatók.

A tematikus tervem három alkalomból (egységből) áll, melyek mindegyike dupla órára vonatkozik. A blokkokra való felosztás az átláthatóságot szolgálja, viszont átültethető 45 perces órákra is, ugyanis a feladatok úgy vannak kitalálva, hogy kisebb szünetekkel (itt. értendő például hétfői és szerdai 45 perces órák közötti időtartam) is teljesíthető legyen.

A tanulási-tanítási egység témája, a hazai erdei életközösségek védelme. Az első blokkban a természetvédelem fontosságára, feladataira és céljaira koncentrálunk. A tanegység kezdéseként ráhangoló kérdést (Mi a természetvédelem feladata?) kapnak a „mentimeter" nevű alkalmazás segítségével, melyre digitálisan a számítógépük vagy mobiljuk segítségével tudnak csatlakozni. A mentiméter szófelhőként ábrázolja a beküldött válaszokat, így minden diák véleménye egyidejűleg, de anonim módon jelenik meg a projektor kivetítőjén vagy az okostáblán. Ezután frontális oktatás során a diákok válaszát is felhasználva összegyűjtjük a természetvédelem fontosabb céljait és feladatait, a természetvédelem jelentőségét. Ezután kitérünk a védett területek szükségességére, felsorolva és definiálva a védett területek típusait (természetvédelmi terület, tájvédelmi körzet, nemzeti park), mellette megemlítve a Natura2000-es területeket is. Az első egység zárásaként kooperatív csoportmunkában dolgozzák fel az erdők ökoszisztéma szolgáltatásait, vagy más néven az ökológiai folyamatokban játszott szerepüket. Az osztályt három fős csoportokba osztjuk. A tagok mindegyike saját feladatlapot kap tudományos szövegrészlettekkel, melyek az erdők különböző ökológiai szerepéről szólnak. A szövegrészletek elolvasását és értelmezését követően egy közös értelmező, egyszerűsítő és összefoglaló ábrát készítenek az erdők ökológiai szerepének szemléltetésére. Ez a fajta megoldás a mozaik és a rakd össze kooperatív technikákhoz hasonlít leginkább. A kooperatív feladatok során az alábbi alapelveknek kell teljesülniük:

- Párhuzamos (egyidejű) interakciók: a diákok minél többször tudják kicserélni a gondolataikat egymással.
- Építő egymásrautaltság, kölcsönös egymásra hatás (interdependencia): a csoport sikere az egyének sikere. Az egyik diák fejlődéséhez társul a másik diák fejlődése.
- Egyéni és közös felelősség: a csoport csak úgy tudja elérni a célját, ha az egyének felelősséget vállalnak saját feladataik elvégzésére.
- Egyenlő arányú részvétel: Az aktivitás a csoporttagok között egyenlően van elosztva.

A tanulók sokkal érintettebbek a pozitív egymásrautaltság következtében, ezáltal aktívabbak és motiváltabbak lesznek. Nagyban segíti az egyéni és közös felelősség kialakulását, de ugyanakkor a számonkérés lehetőségét is. Állandó együttműködés, kölcsönös támogatás áll fenn a csoport tagjai között, egymást és a csoport érdekeit is figyelembe veszik. A feladat során gyakorolják az empátiát, toleranciát, és a kölcsönös bizalmat, fejlődik a tanulók szociális érzékenysége társaik iránt (Orbán, 2009).

Az ábrák készítésénél a szövegben olvasottak szűrése, a lényegkiemelés, az egyszerűsítés és egyfajta modellalkotás nélkülözhetetlen. Miután az ábrák elkészültek, a tanulóknak lehetőségük van egymás munkájának értékelésére, kedves üzenetek hagyására, kommentálására. Az ábrák az asztalon maradnak, míg a csoporttagok asztalról asztalra járva egymással beszélgetve tekintik meg az elkészült munkákat. A kommenteket „post-it" -re vagy az ábra hátuljára írják. Ezt követően a tanulók visszaülnek eredeti helyükre, megkeresve a saját csoportjukat, majd az egyik csoport (akár felszólításra, akár megkérdezve, hogy van-e önként jelentkező) bemutatja az ábrájukat a többieknek. Kérdéseket, kiegészítéseket követően frontális előadás során összefoglaljuk vázlatosan is a tanultakat, illetve kiegészítjük az erdők és az emberi társadalmak kapcsolatával, az erdők kulturális szerepével. Az első blokk összefoglalással, kérdések megválaszolásával ér véget.

A második blokk teljes mértékben egy mini projektfeladatra épül. A projektfeladat igénybe veszi a digitális készségeket, a kreativitást, illetve a kutatás alapú tanulás is részét képezi. A projektfeladat kiadása előtt beszélgetünk kicsit a témáról ráhangolódás gyanánt. Körkérdésként az alábbi kérdések hangzanak el: „Mit tudtok a vágásos erdőgazdálkodásról?"; „Mit jelenthet?"; „Hogyan néz ki a vágásos üzemmóddal kezelt erdő?"; „Ezzel szemben mit jelenthet a természetközeli erdőgazdálkodás?"; „Hogyan néz ki a természetközeli erdőgazdálkodással kezelt erdő?" stb. A diákok előzetes tudásaik alapján megválaszolják a kérdéseket. Ezután párokba osztjuk a diákokat. A feladat infografika készítése, mely bemutatja a vágásos és a természetközeli erdőgazdálkodás által kezelt erdők közötti különbséget. A feladat részletes leírása a mellékletben megtalálható. A feladat elkészítésére az egész dupla óra rendelkezésre áll. A projektfeladat megvalósításához előkészületekre van szükség, ugyanis az infografikát célszerű számítógép segítségével elkészíteni, így a csoportok számára megfelelő mennyiségű digitális eszköz biztosítása elengedhetetlen. A projektmódszer irodalma folyamatosan bővül. A projekt egy olyan sajátos közeget biztosít a tanulás számára, melyben a tanulók nem is érzik, hogy tanulnak. A tanulói kreativitásra és fantáziára épít, a diákok lehetőséget kapnak irányítani saját tanulási folyamataikat, hiszen a projektfeladat megvalósításához meg kell tervezniük a munka

menetét, a hatékony feladatkiosztást, a határidőket stb. A projekt egy olyan komplex munkaforma, mely során számos más módszer megjelenhet: holisztikus szemlélet, komplex készségfejlesztés, kooperáció és a tanulói autonómia fejlesztése, differenciálás, rugalmas tervezés (Verók & Vincze, 2011). A feladat elvégzéséhez kutatást kell végezniük, az információkat források felhasználásával megbízható adatokkal kell alátámasztaniuk. A kutatásalapú tanulás biztosítja a tanulók számára, hogy átéljék a tudásalkotás folyamatait. Tanulócentrikus folyamat, a diákokat hozzásegítik az önálló és önszabályozó tanulás alkalmazásához. A tudományos gondolkodás elősegítője. A módszer főbb állomásai:

- kutatásra alkalmas kérdések megfogalmazása
- hipotézisek megfogalmazása
- kutatás
- adatelemzés
- konklúzió

A tanuló azáltal, hogy aktívan vesz részt a feladatban, saját tudása megkonstruálását segíti elő (Adorjánné, 2014; Pedaste, 2015). Az infografikák bemutatására az óra végén vagy a következő blokk elején van lehetőség.

A harmadik blokk már sokkal konkrétabb példákon keresztül – az idős fákhoz kötődő populációs kölcsönhatások vizsgálatával – közelíti meg az erdők fontosságát, mégpedig a biodiverzitás fenntartását helyezve a középpontba. Az előző blokkban kapott eredmények szépen mutatják a természetközelibb erdők diverzebb élőlényközösségét. Az óra elején tisztázzuk a biodiverzitás fogalmát és példákon keresztül szemléltetjük az élővilág különböző szerveződési szintjein megfigyelhető sokféleséget (genetikai diverzitás – pl. egy nyúlpopuláción belül az egyedek génkészletében fellelhető különbségek; taxondiverzitás – pl. a préri életközösséget számos faj jellemzi: prérifarkas, villásszarvú antilop, prérikutya stb.; ökológiai diverzitás – pl. biomok: trópusi esőerdő, tajga, tundra stb.) (Standovár & Primack, 2001). A természetes erdők elemei közül az idős fákat kiemelve vizsgáljuk a biodiverzitásban betöltött szerepüket. A diákok feladatlap segítségével ismerhetik meg az idősebb fákhoz kötődő élőlényközösségeket három fontosabb populációs kölcsönhatáson keresztül: a korhadás fázisaihoz kapcsolódó szaproxil élőlényközösségek kapcsolata; költési háló; egyéb táplálkozási hálózat. A problémafeladat gráf formájú kapcsolati hálókat tartalmaz, a találkozási pontban üres körökkel. Az öreg fához kötődő fajok számozással az ábrák alatt felsorolva találhatók. A számokat a megfelelő karikába kell beírni, majd megnevezni a populációs kölcsönhatás típusát. A problémafeladatot mindenki egyénileg

oldja meg. Ezt követően viszont párokba rendeződnek és egymás megoldásait ellenőrzik le. Ha van eltérés, akkor első körben önállóan egymásra támaszkodva próbálják megfejteni a helyes megoldást, majd közösen is leellenőrizzük. A továbbiakban azt vizsgáljuk, hogy mi történik, ha valamelyik faj kiesik a kölcsönhatási hálózatból, illetve van-e olyan faj, mely helyettesíteni tudja az ökológiai szerepét. A problémafeladat mintája Fazekas György és Szerényi Gábor Problémafeladatok biológiából című feladatgyűjteményből származik (Fazekas & Szerényi, 2004). A feladatgyűjtemény az Országos Tanulmányi Verseny (OKTV) úgynevezett problémafeladatait gyűjtötte össze. Probléma minden olyan szituáció, mely cselekvésre késztet, s melyben nem azonnal adott, milyen megoldási stratégiát, algoritmust kell alkalmazni. Kognitív erőfeszítést igényelnek, hiszen mindig valamilyen feszültséget, ellentmondást, megoldatlanságot jelentenek. A problémamegoldás folyamatakor fejlődik a tanulók a probléma konkrét témájához tartozó tudásterülete, illetve a metakognitív tudásrendszerükön belül az a részterület, mely a problémamegoldással általában kapcsolatos. Ez a folyamat általánosságban segíti megszerezni azt a tudást és képességet, mely a természettudományú problémák könnyebb megoldását eredményezi. A problémamegoldó feladatoknál az alábbi követelményekre, elvi alapokra kell figyelni: megfelelő mennyiségű tudás megszerzése, problémacentrikus tanítás, átfogó, komplex problémák felvetése, gyakran alkalmazzunk nyílt végű, illetve többféle módon is megoldható problémákat, sőt olyan feladathelyzeteket, melyekben nincs is megoldás, célravezető a problémamegoldás csoportos formája, melyben a tanulóknak van lehetősége önálló elméletek, magyarázó rendszerek alkotására (Adorjánné, 2014).

A megvitatás után az alábbi kérdésre: „Miért fontos fenntartani a biodiverzitást?” a feladat alapján összefoglaljuk válaszainkat, majd egyéb jelenségekkel is kiegészítjük (pl. kórokozók tömegesen elszaporodásával kialakuló járvány fékezése, előfordulási gyakoriságának csökkentése). A maradék időben a Nagy Fafilm című dokumentumfilmből nézünk meg egy részletet (www[8]). A videóban látottak megvitatása után összefoglaljuk az egész tanulási-tanítási egység főbb mozzanatait és a tanultakat: természetvédelem fontossága, erdők ökológiai és kulturális szerepe, a biodiverzitás megőrzésének fontossága, a fák szerepe az erdei életközösségekben. Búcsúzóul arra kérem a diákokat, hogy iskola után, aki teheti menjen el egy közeli parkba vagy zöld területre, válasszon ki egy neki tetsző fát és ahogy a japánok mondják „shinrin-yoku”, csak élvezze a társaságát.

A tematikus terv táblázatos összefoglalása és a feladatok részletes leírása a mellékletben található.

5.4. Összefoglalás

A tematikus tervem összeállításánál igyekeztem figyelembe venni a téma többszintű globális és lokális, illetve szerveződési szintek szerinti mélyebb értelmezését is. Foglalkozunk az erdők bioszférában betöltött szerepéről, de ugyanakkor megvizsgáljuk az erdők egyetlen elemének, az öreg fáknak erdei életközösségekben betöltött szerepét. Beszéltünk az emberi környezetátalakító tevékenység globális környezeti problémákat okozó hatásáról, de ugyanakkor az itthoni természetvédelmi gyakorlatról, megfelelő erdőgazdálkodásról is szó esett. A feladatok kiválasztásánál elsődleges célom volt a kreativitás fejlesztése, a motiváció támogatása és a sokrétű interakció kialakítása nem csak diák-tanár, hanem diák-diák között is. Emellett az önálló munka és önálló tanulásszervezés is többször megjelent a munkafolyamat során.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálával tölt el, hogy a szakdolgozatom elkészítéséhez folyamatos segítséget és támogatást kaptam témavezetőmtől és konzulens tanáromtól.

Elsőként köszönöm Standovár Tibornak az odafigyelését és érdeklődését, ami végül megerősített a szakdolgozati témám választásában. Köszönöm továbbá, hogy folyamatos visszajelzésével, szakmai tudásával, megbízhatóságával segítette munkámat és terelgetett afelé, hogy megfelelő minőségű szakmai munka jöhessen létre.

Köszönöm Horváth Somának azt a mérhetetlen időt és energiát, mellyel támogatta munkámat. Köszönöm a türelmét és odafigyelését a terepi felvételezés betanítása során, mely megalapozta a tanulási folyamatomat. Köszönöm továbbá a folyamatos szakmai támogatást, ötleteket, mellyel nem csak segítette a szakdolgozatom elkészülését, de hatalmas motivációforrást is jelentett.

Szeretném megköszönni Szekeres Péternek, a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság erdészeti referensének is, hogy a párhuzamos munkák során együttműködve segítették kutatásomat.

Végezetül pedig köszönöm Nyárády Mariannak, hogy segítségért fordulhattam hozzá a szakmódszertani rész összeállításában.

7. IRODALOMJEGYZÉK

Adorjánné, F., M., Makádi, M., Nagy, L., Nahalka, I., Radnóti, K., & Wagner, É. (2014). A problémamegoldás alapjai és szerepe a termsézettudományos tanulási folyamatban. In: Radnóti, K. (Ed.) *A természettudomány tanítása. Szakmódszertani kézikönyv és tankönyv.* Mozaik Kiadó, Szeged.

Ambrus, A. & Kenyeres, Z. (2016). Indikátor lepke- és egyenesszárnyú-fajok megőrzése az erdőkhöz kötődő tartósan fátlan élőhelyeken. In: Korda, M. (Ed.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*, Tanulmánygyűjtemény (pp. 215–226). Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.

Baranyai, Zs. & Fehér, B. (2014). *A HUDI20040 Gödöllői-dombság peremhegyei kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület fenntartási terve*. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.

Bidló, A. & Szűcs, P. (2014). 18. A holtfa szerepe az erdőállományok anyagforgalmában és talajfejlődésében. In: *A holtfa. Silva naturalis - A folyamatos erdőborítás elméleti alapjainak és gyakorlati megvalósításának sorozata (Vol. 5)*. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 175-188.

Bölöni, J., Molnár, Zs., & Kun, A. (2011). *Magyarország élőhelyei. Vegetációtípusok leírása és határozója. ÁNÉR 2011.* MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót.

Bölöni, J. & Ódor, P. (2014). *21.1.* A holtfa mennyisége a mérsékelt övi erdőkben. In: *A holtfa. Silva naturalis - A folyamatos erdőborítás elméleti alapjainak és gyakorlati megvalósításának sorozata (Vol. 5)*. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 203-217.

Bunnell, F., L.,Wind, E., Boyland, M. & Houde, I. (2002). *Diameters and Heights of Trees with Cavities: Their Implications to Management.* USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-181.

Csivincsik, Á. (2018). *A szarvasmarha-gümőkór erdei rezervoárjának vizsgálata.* PhD értekezés. Állatorvostudományi Egyetem Egzotikusállat- és Vadegészségügyi Tanszék, Budapest.

Courbaud, B., Pupin, C., Letort, A., Cabanettes, A., Larrieu, L., & Börger, L. (2017). *Modelling the probability of microhabitat formation on trees using cross-sectional data*. Methods in Ecology and Evolution. Volume 8, Issue 10 (pp.1347–1359). doi: 10.1111/2041-210X.12773

Csóka, Gy. & Ambrus, A. (2016). Erdei fa- és cserjefajok szerepe a herbivor rovarok fajgazdagságának fenntartásában. In: Korda, M. (Ed.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*, Tanulmánygyűjtemény (pp. 155–192). Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.

Csóka, Gy. & Lakatos, F. (Ed.) (2014). *A holtfa. Silva naturalis - A folyamatos erdőborítás elméleti alapjainak és gyakorlati megvalósításának sorozata (Vol. 5)*. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron.

Demény, K. (2007). *A Gödöllői-dombság általános bemutatása*. In: Tájökológiai Lapok (pp. 213-223). Budapesti Műszaki Főiskola Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar Környezetmérnöki Intézet, Budapest.

Dövényi, Z. (Ed.) (2010). *Magyarország kistájainak katasztere*. Második, átdolgozott és bővített kiadás (pp. 29-34, 705-709). MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest.

EEA Report (2016). *European forest ecosystems, State and trends.* European Environment Agency, Copenhagen, Denmark. doi:10.2800/964893

Estók, P. & Görföl, T. (2016). Denevérek az erdei életközösségekben. In: Korda, M. (Ed.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*, Tanulmánygyűjtemény (pp. 311–322). Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.

FAO (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings*. Rome, Italy. doi:10.4060/ca8753en

FAO Hungary (2020). *Global Forest resources Assessment 2020, Report, Hungary.* Rome, Italy.

FAO & UNEP (2020). *The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people.* Rome. doi:10.4060/ca8642en

Fazekas, Gy. & Szerényi, G. (2004). *Problémafeladatok biológiából*. Középiskolások részére. Hatodik, bővített kiadás. Scolar Kiadó, Budapest.

Fekete, G. & Varga, Z. (2006). *Magyarország tájainak növényzete és állatvilága* (pp. 258-273). Természetesen Alapítvány, Budapest.

Fersch, A. (1995). *A természetvédelmi nevelésről: Nemzeti parkok stratégiája a természetvédelmi szemléletformálásban*. In: Iskolakultúra (pp.150-153), 5(3-4) Elérés forrása: http://www.iskolakultura.hu/index.php/iskolakultura/article/view/29901

Forest Europe (2020). *State of Europe's Forests 2020*. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe - FOREST EUROPE, Liaison Unit Bratislava.

Frank, T. (2018). Min múlik a tölgyesek fajgazdagsága? In: Előd, R. & Lichter, K. (Ed.), *Az élettel teli tölgyesekért* (pp. 8-9). A Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság újsága, 14. évfolyam 2. szám, 2018. nyár, Budapest.

Großmann, J., Schultze, J., Bauhus, J. & Pyttel, P. (2018). *Predictors of Microhabitat Frequency and Diversity in Mixed Mountain Forests in South-Western Germany*. Forests, 9, 104. doi:10.3390/f9030104

Juhász-Nagy, P. (1993). *Az eltűnő sokféleség (A bioszféra-kutatás egy központi kérdése)* (pp. 28-38). Scientia Kiadó, Budapest.

Kalla, Zs. (2014). *Társasélet Fáy András közegében.* In: A Kazinczy Ferenc Társaság évkönyve. 24. kötet (pp. 337-344). Kazinczy Ferenc Társaság, Széphalom.

Kapocsy, Gy. (1993). *Nemzeti parkjaink.* Officina Nova, Békéscsaba.

Koncz, P. (2018). Min múlik a tölgyesek fajgazdagsága? In: Előd, R. & Lichter, K. (Ed.), *Az élettel teli tölgyesekért* (pp. 6). A Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság újsága, 14. évfolyam 2. szám, 2018. nyár, Budapest.

Korda, M. (Ed.) (2016). *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*, Tanulmánygyűjtemény. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.

Kraus, D., Bütler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A., & Winter, S. (2016). *Catalogue of tree microhabitats – Reference field list*. Integrate+ Technical Paper. 16p.

Kriska, Gy. & Karkus, Zs. (2015). *A biológia tanításának elmélete és gyakorlata* (pp. 17-34). ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.

Kunttu, P., Junninen, K., Kulju, M., & Kouki, J. (2018). Major Wood-Decay Fungal Groups Have Distinct Occurrence Patterns on Woody Substrates. *Baltic Forestry* 24(2) (pp. 164-180).

Kutszegi, G. & Papp, V. (2016). Erdőgazdálkodási javaslatok a nagygombák funkcionális és faji sokféleségének megőrzésére. In: Korda, M. (Ed.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*, Tanulmánygyűjtemény (pp. 33-56). Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.

KvVM (2006). *KvVM Természetvédelmi Hivatal Fajmegőrzési Tervek, Osztrák sárkányfű (Dracocephalum austriacum)* (p.3.). Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Természetvédelmi Hivatal, Budapest.

Larrieu, L. & Cabanettes, A. (2012). *Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in subnatural montane beech-fir forests.* Canadian Journal of Forest Research. Volume 42, number 8 (pp.1433–1445). doi: 10.1139/x2012-077

Lindenmayer, D. (2017). *Conserving large old trees as small natural features*. Biological Conservation 211 (pp. 51-59)

Mag, Zs. (2007). *Faállomány hatása a költő madárközösségre őrségi erdőkben. Diplomamunka.* ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék.

NAT (2012). 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet

Merkl, O. (2016). A szaproxilofág bogarak (*Coleoptera*) szerepe a holtfa lebontásában. In: Korda, M. (Ed.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*, Tanulmánygyűjtemény (pp. 129-154). Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.

Michel, A., Winter, S. & Linde, A. (2011). *The effect of tree dimension on the diversity of bark microhabitat structures and bark use in Douglas-fir (Pseudotsuga menziesii var. menziesii).* Canadian Journal of Forest Research. doi: 10.1139/X10-207

Mikó, Á. & Csóka, Gy. (2016). A hangyák szerepe a magyarországi erdei ökoszisztémákban. In: Korda, M. (Ed.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*, Tanulmánygyűjtemény (pp. 109-128). Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.

Miller, G., W., Stringer, J., W., & Mercker, C., D. (2007). Technical guide to crop tree release in hardwood forests. Publication PB1774. Knoxville, TN: University of Tennessee Extension. 24 p.

Orbán, J. (2009). A kooperatív tanulás: szervezés és alkalmazás. Pécs.

Paillet, Y., Debaive, N., Archaux, F., Cateau, E., Gilg, O., & Guilbert, E. (2019). *Nothing else matters? Tree diameter and living status have more effects than biogeoclimatic context on microhabitat number and occurrence: An analysis in French forest reserves.* PLoS ONE 14(5): e0216500. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216500

Papp, J. (1984). Az ökológia szerepe a helyes környezet- és természetvédelmi szemlélet kialakításában. In: *Módszertani közlemények*, (24) 3. (pp. 140-144.)

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L., Jong, T., Riesen, S., Kamp, E., Manoli, C., Zacharia, Z. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. Educational Research Review. Volume 14. (pp. 47-61)

Regnery, B., Paillet, Y., Couvet, D., Kerbiriou, C. (2013). *Which factors influence the occurrence and density of tree microhabitats in Mediterranean oak forests?* Forest Ecology and Management. Volume: 295 (pp.118–25). doi: 10.1016/j.foreco.2013.01.009

Sódor, M. (2000). Idős facsoportok és fák szerepe az erdőben; a hagyásfacsoportok és a hagyásfák jelentősége. In: Frank, T. (Ed.), *Természet - erdő - gazdálkodás* (pp. 116-121). Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület, Eger.

Standovár, T. (Ed.) (2012). *Erdők a Világban, Európában és Magyarországon*. Erdészeti Lapok, CXLVII. évfolyam 1. különszám. Országos Erdészeti Egyesület, Budapest.

Standovár, T. & Primack, R. (2001). *A természetvédelmi biológia alapjai* (pp. 35-57, 83-130). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Szabó, I. (2003). *Erdei fák betegségei* (pp.56-137). Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.

Tamás, J. (2001). *A feketefenyvesek telepítése Magyarországon, különös tekintettel a dolomitkopárokra*. In: Természetvédelmi közlemények 9. évfolyam (pp.75-86). Magyar Biológiai Társaság, Budapest.

Thompson, I., Mackey, B., McNulty, S., Mosseler, A. (2009). *Forest Resilience, Biodiversity, and Climate Change. A synthesis of the biodiversity/ resilience/ stability relationship in forest ecosystems* (pp. 39-43) Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.

Thompson, I., Okabe, K., Parrotta, J., Brockerhoff, E., Jactel, H., Forrester, D., & Taki, H. (2014). Biodiversity and ecosystem services: lessons from nature to improve management of planted forests for REDD-plus (pp. 2614-2616). *Biodiversity and Conservation* 23:2613–2635. doi: 10.1007/s10531-014-0736-0

Tímár, G. (2016). A jelenlegi erdőgazdálkodási módok áttekintése. A hagyományos és újszerű erdőgazdálkodás útjai, alapvető hatásai és természetvédelmi szempontú javításának lehetséges irányai. In: Korda, M. (Ed.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*, Tanulmánygyűjtemény (pp. 11–30). Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.

Tímár, G. (2016). Erdei mikroélőhelyek és védelmük lehetőségei az erdőgazdálkodás során. In: Korda, M. (Ed.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*, Tanulmánygyűjtemény (pp. 533–548). Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.

Tóth, M. (2015). Bálványfa a Fóti-Somlyó Természetvédelmi Területen – egy sikeres kezelési tevékenység rövid története. In: Csiszár, Á. & Korda, M. (Ed.) *Özönnövények visszaszorításának gyakorlati tapasztalatai* (pp. 159-164). Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.

Tóth, V. (2014). 17. A holtfán történő felújulás jelentősége az erdőkben. In: *A holtfa. Silva naturalis - A folyamatos erdőborítás elméleti alapjainak és gyakorlati megvalósításának sorozata (Vol. 5).* Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 169-174.

Vancsura, R. & Gencsi, L. (1992). *Dendrológia, Erdészeti növénytan II*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Varga, F. (Ed.) (2001). *Erdővédelemtan (pp.21-28).* Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest.

Verók, A. & Vincze, B. (2011). *A projektmódszer elmélete és gyakorlata* (pp.47-54). Médiainformatikai kiadványok, Eger.

Vuidot, A., Paillet, Y., Archaux, F., Gosselin, F. (2011) *Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats*. Biological Conservation. Volume 144, Issue 1 (pp.441–450). doi: 0.1016/j.biocon.2010.09.030

Woodland Trust (2009). *Ancient tree guide 6: The special wildlife of trees.* The Woodland Trust, Autumn Park, Grantham, Lincolnshire.

WWF (2016). *Magyarország legidősebb erdei*. WWF Magyarország, Budapest.

WWF (2017). *Holtfa – az élő erdőkért. Az öreg fák és a holtfa természetvédelmi illetve erdészeti szerepe*. WWF Magyarország, Budapest.

Zölei, A. & Selmeczi Kovács, Á. (2016). Erdei élőhelyek madárvilágának helyzete és kezelési javaslatok – különös tekintettel a közösségi jelentőségű fajokra. In: Korda, M. (Ed.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*, Tanulmánygyűjtemény (pp. 281–310). Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.

Honlapok:

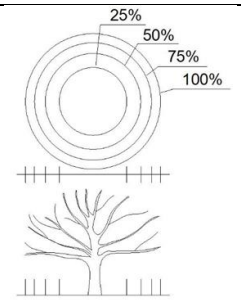
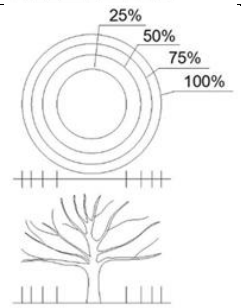
www$_0$: https://www.citatum.hu/szerzo/Jane_Goodall/2 Utolsó elérés: 2021.04.15.
www$_1$: https://www.worldwildlife.org/habitats/forest-habitat. Utolsó elérés: 2021.04.07
www$_2$: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52008DC0645&from=EN. Utolsó elérés: 2021.04.07
www$_3$: https://termeszetvedelmikezeles.hu/adatlap-natura2000?showAll=0&id=1960 Utolsó elérés: 04.24.
www$_4$: https://www.terra.hu/fak/html/quercus.pubescens.html Utolsó elérés: 04.24.
www$_5$: https://www.dunaipoly.hu/hu/helyek/vedett-teruletek/adonyi-termeszetvedelmi-terulet/foti-somlyo-tt. Utolsó elérés: 2021.04.07
www$_6$: http://anp.nemzetipark.gov.hu/print.php?pg=menu_2836&nyelv=0 Utolsó elérés: 2021.04.10
www$_7$: http://evfaja.okotars.hu/fa/2015/bataszek-legoregebb-faja-telepules-buszkesege Utolsó elérés: 2021.04.13.
www$_8$: https://www.youtube.com/watch?v=mHctCJRtX40 Utolsó elérés: 2021.04.28.

MELLÉKLETEK

1. melléklet: Űrlap

Az alábbi táblázat az élő fa opció esetén megjelenő feladattípusokat tartalmazza megjelenési sorrendben:

Sor-szám	Kategória	Feladat típusa	Feladat	Választási lehetőség	Feladathoz tartozó Kép	Feladathoz tartozó zárójeles megjegyzés
1.	Helymeg-határozás	Adatbeviteli mező	Fa azonosítója	Nincs	Nincs	Átlagolt GPS pont neve
2.	Alapadatok	Egyszeres választás	Fafaj	Molyhos tölgy	Nincs	
				Kocsánytalan tölgy		
				Cser		
				Virágos kőris		
				Egyéb fafaj		Megjegyzésbe!
			Fa típus	Élő		
				Holt-álló		
				Holt-fekvő		
			Fa eredete	Mag		
				Tősarj		Pl. látszik az anyafa tuskónyoma
				Sarjcsokor		Min. 2 fa egy tőről
				Nem megállapítható		
3.	Dendrometriai adatok	Adatbeviteli mező	Átmérő	Nincs	Nincs	130 cm-en, egész cm, csonkolva, csak >44 cm
			Magasság			0,5 m pontosság
			1.koronasugár			Sz.vonalra merőlegesen fölfelé, 0,5 m
			2.koronasugár			Sz.vonallal párhuzamosan ~ dél felé, 0,5 m
			3.koronasugár			Sz.vonalra merőlegesen lefelé, 0,5 m
			4.koronasugár			Sz.vonallal párhuzamosan ~ észak felé, 0,5 m

4.	Mikroélőhelyek	Többszörös választás „egyik sem” opcióval	Mikrohabitatok	Tőodú	Nincs	Talajjal érintkezik
				Üreg a törzsön		Sekély, min. tenyérnyi, háncs kilátszik
				Gyógyult kéregseb		Min. tenyérnyi
				Odú		
				Elváló kéreg		Min. tenyérnyi
				Tapló termőtest		
				Kétalakú csertapló		Cseren folyás
				Farontó hangya		Fekete
				Egyéb hangya		
				Szaproxil kirepülőnyílás		
				Intenzív harkályjelenlét nyomai		
				Egyik sem		
		Egyszeres választás	Fagyöngy-fertőzöttség	Nincs		
				1		
				2-5		
				6-		
5.	Főágak	Egyszeres választás	Holt főág	Van	Nincs	Eredési helyen > a törzsátm. 1/3-a
				Nincs		
			Letört főág	Van		Eredési helyen > a törzsátm. 1/3-a
				Nincs		
6.	Egészségi állapot Koronavetület (m2) =*	Egyszeres választás képpel	Egészségi állapot – a korona életben lévő része	0-5%		
				5-25%		
				25-50%		
				50-75%		
				75-100%		
7.	Belenövés Koronavetület (m2) =*	Egyszeres választás képpel	Belenövés- a korona belenövéssel terhelt része	0-5%		Belenövés: eléri a korona talpát
				5-25%		
				25-50%		
				50-75%		
				75-100%		
8.	Utánpótlás állomány (500 m2 területre	Egyszeres választás	Újulati utánpótlás	Nincs	Nincs	0-2,5 m
				1		
				2-5		
				6-		

	értendő, r=12,62 m)		Van-e magas újulati egyed ebből	Van		0,5m-2,5 m
				Nincs		
			Suhángkorú utánpótlás	Nincs		2,5 m-10 cm
				1		
				2-5		
				6-		
			Rudas korú utánpótlás	Nincs		10-20 cm
				1		
				2-5		
				6-		
			Szálas korú utánpótlás	Nincs		20-30 cm
				1		
				2-5		
				6-		
9.	Megjegyzések	Adatbeviteli mező			Nincs	
10.	Ellenőrzés	Adatbeviteli mező	Fa azonosítója		Nincs	GPS pont
11.	Fotó-dokumentáció	-	-	-	-	-

*=a program automatikusan megadja

A holt fák opcióhoz tartozó plusz feladatok:

Feladat típusa	**Feladat**	**Választási lehetőség**	**Feladathoz tartozó zárójeles megjegyzés**	**Opció, melyre megjelenik a feladat**
Egyszeres választás	Korhadtság	1-friss	Skála	Holt-álló; Holt-fekvő
		2-kéreg hiányzik<10-20%-on, kés 1 cm-re hatol bele		
		3-Kéreg hiányzik 20-50%-on, kés 2-3 cm-re hatol bele		
		4-Kéreg hiányzik, kör keresztmetszetű, erősen korhadt		
		5-Földön fekvő, keresztmetszete ovális, erősen korhadt		
		6-Földön fekszik, szinte egy a talajszinttel, majdnem „humifikált”		
Egyszerű választás	Fekvő holtfa hossza	1-4 m		Holt-fekvő
		4-8 m		
		8< m		

2.melléklet: Adattáblák

Átmérők százalékos eloszlása

Frequencies of D13

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
45	34	8.8 %	8.8 %
46	19	4.9 %	13.8 %
47	20	5.2 %	19.0 %
48	25	6.5 %	25.5 %
49	22	5.7 %	31.2 %
50	19	4.9 %	36.1 %
51	20	5.2 %	41.3 %
52	15	3.9 %	45.2 %
53	16	4.2 %	49.4 %
54	11	2.9 %	52.2 %
55	13	3.4 %	55.6 %
56	11	2.9 %	58.4 %
57	16	4.2 %	62.6 %
58	16	4.2 %	66.8 %
59	6	1.6 %	68.3 %
60	9	2.3 %	70.6 %
61	10	2.6 %	73.2 %
62	7	1.8 %	75.1 %
63	9	2.3 %	77.4 %
64	3	0.8 %	78.2 %
65	8	2.1 %	80.3 %
66	9	2.3 %	82.6 %
67	4	1.0 %	83.6 %
68	9	2.3 %	86.0 %
69	6	1.6 %	87.5 %
70	7	1.8 %	89.4 %
71	2	0.5 %	89.9 %

Frequencies of D13

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
72	5	1.3 %	91.2 %
74	3	0.8 %	91.9 %
75	2	0.5 %	92.5 %
76	3	0.8 %	93.2 %
77	1	0.3 %	93.5 %
78	3	0.8 %	94.3 %
79	1	0.3 %	94.5 %
81	1	0.3 %	94.8 %
83	1	0.3 %	95.1 %
84	2	0.5 %	95.6 %
87	1	0.3 %	95.8 %
88	3	0.8 %	96.6 %
89	1	0.3 %	96.9 %
90	2	0.5 %	97.4 %
91	2	0.5 %	97.9 %
93	2	0.5 %	98.4 %
95	1	0.3 %	98.7 %
97	1	0.3 %	99.0 %
101	2	0.5 %	99.5 %
105	1	0.3 %	99.7 %
116	1	0.3 %	100.0 %

Egészség és belenövés

Descriptives

Descriptives

	EGESZSEG	BELENOVES
N	385	385
Missing	11	11
Mean	73.2	21.7
Median	87	15
Standard deviation	29.3	22.8

Frequencies

Frequencies of EGESZSEG

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
0	42	10.9 %	10.9 %
2	2	0.5 %	11.4 %
15	6	1.6 %	13.0 %
37	10	2.6 %	15.6 %
62	22	5.7 %	21.3 %
87	303	78.7 %	100.0 %

Frequencies of BELENOVES

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
0	11	2.9 %	2.9 %
2	90	23.4 %	26.2 %
15	185	48.1 %	74.3 %
37	54	14.0 %	88.3 %
62	20	5.2 %	93.5 %
87	25	6.5 %	100.0 %

Utánpótlás állomány

Frequencies of UPOTL_AUJUL

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
0	175	45.5 %	45.5 %
1	42	10.9 %	56.4 %
3	67	17.4 %	73.8 %
10	101	26.2 %	100.0 %

Frequencies of UPOTL_MUJUL

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
0	313	81.3 %	81.3 %
1	72	18.7 %	100.0 %

Frequencies of UPOTL_SUH

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
0	255	66.2 %	66.2 %
1	60	15.6 %	81.8 %
3	52	13.5 %	95.3 %
10	18	4.7 %	100.0 %

Frequencies of UPOTL_RUD

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
0	197	51.2 %	51.2 %
1	75	19.5 %	70.6 %
3	94	24.4 %	95.1 %
10	19	4.9 %	100.0 %

Frequencies of UPOTL_SZAL

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
0	172	44.7 %	44.7 %
1	72	18.7 %	63.4 %
3	130	33.8 %	97.1 %
10	11	2.9 %	100.0 %

3. melléklet: Tematikus terv

Blokk	A téma blokkokra bontása (80 perc)	Didaktikai feladatok	Fejlesztési területek (attitűdök, készségek, képességek)	Ismeretanyag (fogalmak, szabályok stb.)	Módszerek, munkaformák	Szemléltetés, eszközök
1.	természetvédelem feladatai, céljai az erdők védelmének fontossága	ráhangolódás, előzetes ismeretek felelevenítése, célkijelölés, ismeretanyag bővítése és rögzítése	információkezelés és feldolgozás érzékenyítés a társadalmakat is érintő globális problémák felé felelősségérzet elősegítése kreativitás fejlesztése	„Mi a természetvédelem feladata?” a természetvédelem céljainak és feladatainak meghatározása védett területek típusai és jellemzésük, példákkal: • természetvédelmi terület • tájvédelmi körzet • nemzeti park Natura2000 területek Miért fontosak erdeink védelme? (ökoszisztem szolgáltatások)	digitális alkalmazás frontális **1. feladat* (csoportmunka)**	mentimeter.com feladatlap ábrakészítéshez: papír, toll, ceruza post-it
2.	Erdőgazdálkodási módszerek közötti különbség	ismeretanyag bővítése kutatás alapú tanulás motiváció	információkezelés és feldolgozás kreativitás fejlesztése kooperáció fejlesztése problémamegoldás	véghasználati erdők és természetes erdők közötti különbség. természetes erdők elemei: • idős fák • holtfa • több mikroélőhely • stb.	frontális **2. feladat* (projekt)**	Digitális eszköz, számítógép
3.	Idős fák szerepe a biodiverzitás fenntartásában	ismeretanyag bővítése jelenségek elemzése előismeretek felidézése	kritikai gondolkodás fejlesztése problémamegoldás	Biodiverzitás fogalma (erdei életközösségek) Populációs kölcsönhatástípusok felelevenítése Az öreg fák szerepe a biodiverzitásban • mennyiségileg és minőségileg is nagyszámú élőhely biztosítása • az idős fához kötődő fajok kölcsönhatás hálózata • erdők stabilitása • erdődinamika • stb.	frontális **3.feladat* (probléma-feladat)**	feladatlap filmrészlet

*A részletes feladat leírás a 4.mellékletben található.

4.melléklet: Feladat leírások

1. feladat

Osszátok ki egymás között a kapott szövegeket és olvassátok el figyelmesen! A szövegek mindegyike egy-egy erdők nyújtotta ökoszisztéma szolgáltatást mutat be. A feladat második része olyan közösen készített magyarázó ábra összeállításából áll, mely szemléletesen mutatja be az erdők bioszférában betöltött szerepét.

1.csoporttag

A vízvisszatartás az egyik legfontosabb szabályozó ökoszisztéma-szolgáltatás, mely szerepet játszik az áradások megelőzésében, tiszta vizet biztosít és enyhíti az aszályos időszakokat. Az erdei ökoszisztémák a felesleges csapadékvizet felszívják, és ezáltal megakadályozzák az áradás okozta károkat. Ez a tudás nélkülözhetetlen ahhoz, hogy hatékonyabb szabályzatokat és irányelveket alkossunk, mely kezelni tudja a klímaváltozás és a szélsőséges időjárás következményeit. Az EEA által szolgáltatott víz mennyiség adatbázis alapján 287 részmedence, több mint 65 000 vízgyűjtőhellyel rendelkezik.

A magasan erdővel borított vízgyűjtők 30%-kal több vizet tartanak vissza, mint az alacsonyabb erdőborítású medencék. A kontinentális régiókban van a legnagyobb vízvisszatartás, az atlanti és mediterrán régiókban alacsonyabb a vízvisszatartási potenciál

2.csoporttag

A mérsékelt és boreális erdők egyaránt kritikus szerepet játszanak az éghajlat módosításában és kontrollálásában. Az ilyen típusú erdők erősen befolyásolják a felszíni klímát a középső és a felső szélességi fokú területeken, valamint hatással vannak a trópusok éghajlatára is. Ezáltal jelentős éghajlatváltozás következhet be az erdők pusztításával (jelentős fakitermelésnek köszönhetően), hiszen a szárazföldi ökoszisztémák hatásai máshogy oszlanak el a Földön. Az éghajlat és talaj változása befolyásolja az adott terület vegetációját, ami pedig a földfelszíni folyamatokra hat. A mérsékelt égövi régiókban történt erdőirtás hűvösebb hőmérsékletet eredményezett az albedóban bekövetkező változások révén.

3.csoporttag

Mind az erdők, mind az erdőtalajok létfontosságú szerepet játszanak az éghajlatváltozás csökkentésében. Az elmúlt évtizedekben Európa erdei, beleértve az erdőtalajokat is jelentős

mennyiségű szén-dioxidot vontak ki a légkörből. Az éves szén megkötése a becslések szerint 0,72 Pg az európai régióban, ami az emberi tevékenységek által előidézett éves szén-dioxid-kibocsátás 9% -a. Az erdei talajok rendelkeznek a legnagyobb szénkészlettel (több mint 50%), míg a föld feletti biomassza (vagyis a fák) a szén majdnem 30% -át nyeli el.

Szövegek forrása: EEA Report (2016).

2. feladat

Készítsetek infografikát, mely bemutatja a tarvágás és a természetes erdőgazdálkodás által kezelt erdők közötti különbséget! Legalább egy statisztikai adat szerepeljen rajta!

Segítő kérdések:

- Mi jellemző az erdők fáinak korára?
- Melyek azok az erdőelemek, melyek az egyiknél megtalálhatók, a másiknál nem?
- Magyarország területén melyik erdőgazdálkodás dominál?

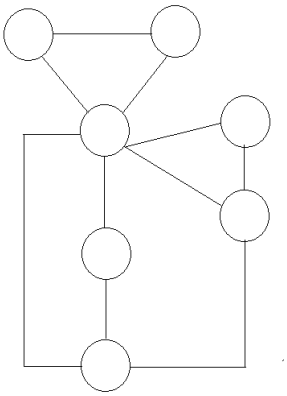
Mi az az infografika? Ezen linkek segítségével tudsz róla tájékozódni:

- https://www.hogyankell.hu/Infografik%C3%A1t_k%C3%A9sz%C3%ADteni
- https://www.usernet.hu/infografika-keszites

3. feladat

Az ábra a felsorolt fajok közötti populációs kölcsönhatásokat mutatja. Írd a számokat a megfelelő körbe. A vonalakra írd rá a populációs kölcsönhatás típusát.

1. nagy fakopáncs
2. nagy pele
3. örvös légykapó
4. kék cinege
5. erdei fülesbagoly
6. nagy hőscincér
7. nagy szarvasbogár



JEGYZÉKEK

Ábrajegyzék

1. ábra: Az erdők aránya és térbeli eloszlása klimatikus régiók szerint – 2020. Forrás: FAO (2020). 11
2. ábra: Erdőterület növekedés és csökkenés éves mértéke évtizedekre bontva, 1990-2020. Forrás: FAO (2020). 11
3. ábra: Éves nettó erdőterület változás évtizedekre és régiókra bontva,1990-2020. Forrás: FAO (2020). 12
4. ábra: Európa potenciális természetes vegetációjának főbb típusai. Forrás: Standovár (2012). 13
5. ábra: Az öreg fák mikroélőhelyeinek sokszínűsége. Forrás: Woodland Trust (2009). ... 15
6. ábra: Pannon molyhos tölgyesek elterjedési térképe. Forrás: MÉTA program, www.novenyzetiterkep.hu. 21
7. ábra: A Fóti-Somlyón belüli mintavételi terület elhelyezkedése kistájhatárokon Magyarország kistájkataszterei alapján. Készült: QGIS térinformatikai program. 25
8. ábra: Fóti-Somlyó élőhelytérképe a mintavételi terület megjelölésével. A címkézés az Á-NÉR kategóriák rendszerét követi. Készült: QGIS térinformatikai program. 26
9. ábra: A Fóti-Somlyó fokozatos izolációját követhetjük nyomon az 1700-as évektől napjainkig. [1] Első Katonai Felmérés (1763-1787); [2] Második katonai felmérés (1819–1869); [3] Harmadik Katonai Felmérés (1869-1887); [4] Magyarország katonai felmérése 1941; [5] Fóti-Somlyó 2021-es műholdképen Forrás: mapire.eu; Google Maps. 29
10. ábra: A terepi adatgyűjtő alkalmazás kérdéstípusai: adatbeviteli mező, egyszeres választás, egyszeres választás képpel, többszörös választás „egyik sem” opcióval. A piros csillag a kötelező feladatokat jelöli. Készült: mobiltelefon képernyőfotó funkciója. 32
11. ábra: Felvillanó hibaüzenet, mely továbblépéskor jelenik meg abban az esetben, mikor egy kötelezőként jelölt feladatra nem érkezik válasz. Készült: mobiltelefon képernyőfotó funkciója. 32
12. ábra: Mintavételi pontok ábrázolása a QGIS programban. **CS**: csertölgy; **FF:** fekete fenyő-egyéb fafaj; **KTT:** kocsánytalan tölgy; **MOT:** molyhos tölgy; **VK**: virágos kőris. Készült: QGIS térinformatikai program. 35
13. ábra: Fafajok (1.) és fatípusok (2.) darabszám szerinti és százalékos megoszlása. **CS**: csertölgy; **FF:** fekete fenyő-egyéb fafaj; **KTT:** kocsánytalan tölgy; **MOT:** molyhos tölgy; **VK**: virágos kőris; **ELO:** élő; **AHF:** álló holtfa; **FHF:** fekvő holtfa. Készült: jamovi statisztikai program. 36
14. ábra: A holtfák fafaj szerinti eloszlása. **CS**: csertölgy; **FF:** fekete fenyő-egyéb fafaj; **KTT:** kocsánytalan tölgy; **MOT:** molyhos tölgy; **VK**: virágos kőris. **ELO:** élő; **AHF:** álló holtfa; **FHF:** fekvő holtfa. Készült: jamovi statisztikai program. 37
15. ábra: Holtfák korhadtsági állapotuk szerinti eloszlása holtfatípusok szerint is feltüntetve. **1**-friss; **2**-kéreg hiányzik<10-20%-on, kés 1 cm-re hatol bele;**3**-Kéreg hiányzik 20-50%-on, kés 2-3 cm-re hatol bele; **4**-Kéreg hiányzik, kör keresztmetszetű, erősen korhadt; **5**-Földön fekvő, keresztmetszete ovális, erősen korhadt; **6**-Földön fekszik, szinte egy a talajszinttel, majdnem „humifikált” Készült: jamovi program. 37
16. ábra: [1.] Átmérő (D13) gyakoriság és denzitás. [2.] Átmérő (D13) gyakoriság és denzitás fafaj szerinti eloszlása. **CS**: csertölgy; **FF:** fekete fenyő-egyéb fafaj; **KTT:**

kocsánytalan tölgy; **MOT:** molyhos tölgy; **VK**: virágos kőris Készült: jamovi statisztikai program. 38
17. ábra: Egészségi állapot mértékének gyakoriság eloszlása. Készült: jamovi statisztikai program. 39
18. ábra: Belenövés mértékének gyakoriság eloszlása. Készült: jamovi statisztikai program. 39
19. ábra: Utánpótlás állomány gyakoriság eloszlása. **AUJUL:** újulati; **SUH:** suháng korú; **RUD:** rudas korú; **SZAL:** szálas korú. Készült: jamovi statisztikai program. 40
20. ábra: [1.]: Regressziós vizsgálat az átmérők nagysága és a mikrohabitat típusok száma között. Corr:0,278; p<0,001 [2.]: Regressziós vizsgálat a fa egészségi állapotának mértéke és a mikrohabitat típusok száma között. Corr: -0,332; p<0,001. Készült: jamovi statisztikai program. 41
21. ábra: Az egyes mikrohabitat típusok előfordulási gyakorisága a faátmérők szerint. **UR TO**: Tőodú (Corr:0,178, p<0,001); **UR_TZS:** Üreg a törzsön (Corr:0,023, p=0,659); **KSEB_GY:** Gyógyult kéregseb (Corr:0,098, p=0,055); **ODU:** Odú (Corr:0,108, p=0,034); **HAN_V:** Vörös hangya-egyéb hangya (Corr:0,211, p<0,001); **ROPNYIL:** Szaproxil kirepülőnyílás (Corr:0,185, p<0,001); **ELVKER:** Elváló kéreg (Corr:0,151, p=0,003); **TAPLO:** Tapló termőtest (Corr:0,219, p<0,001); **CSERTAPLO:** Kétalakú csertapló (Corr:0,005, p=0,922); **HAN_FAR:** Farontó hangya (Corr:0,020, p=0,689); **HARKALY**: Intenzív harkályjelenlét nyomai (Corr:0,004, p=0,943); **NA:** Egyik sem (Corr:-0,207, p<0,001). Készült: jamovi statisztikai program. 43
22. ábra: Egyéb mikrohabitat típusok és a fák egészségi állapotának mértéke közötti összefüggés. Készült: jamovi statsiztikai program 46