

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR
ERDŐMŰVELÉSI ÉS ERDŐVÉDELMI INTÉZET
ERDŐVÉDELEM TANSZÉK

DIPLOMAMUNKA

Holt faanyag mennyiségi és minőségi felmérése az Erdőanyai-völgyben

*Qualitative and quantitative assessment of dead wood
in the 'Erdőanyai-völgy'*

Készítette: Kálmán Kristóf

Sopron

2020

DIPLOMATERV FELADAT

A diplomadolgozat címe: Holt faanyag mennyiségi és minőségi felmérése az Erdőanya-völgyben (Qualitative and quantitative assessment of dead wood in the 'Erdőanya-völgy')

A diplomadolgozat készítő neve: KÁLMÁN KRISTÓF erdőmérnök mesterszak egységes osztatlan képzést végző hallgató

A diplomadolgozatot kiadó intézet: Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet

Intézeti konzulens: Prof. dr. Lakatos Ferenc egyetemi tanár

Üzemi konzulens: Némedy Zoltán erdőmérnök, erdészetvezető, Pílisi Parkerdő, Visegrádi Erdészet

Részletes feladat

1. Indokolja meg témaválasztását, vázolja célkitűzéseit.
2. Ismertesse a vizsgált terület természeti és gazdálkodási viszonyait. Térjen ki a területen korábban, illetve jelenleg is folyó kutatási munkákra.
3. Mérje fel a területen található álló, illetve holt fákat, jellemezze azok minőségi paramétereit.
4. Eredményei alapján értékelje a területen előforduló holt fa jellemzői, annak erdőgazdálkodásban, erdővédelemben betöltött szerepét.
5. Kapott eredményei alapján adjon javaslatot a jövőre nézve.


A dolgozat terjedelme nem korlátozott.

A diplomadolgozat az ilyen jellegű munkákkal szemben támasztott formai kívánalmaknak megfelelően készítse el, és adja be 2 példányban (+CD-n) a 2019/2020 tanév tanulmányi rendjében meghatározott időre.


A gyűjtött adatokat az intézeti konzulensnek való bemutatási határidővel egyidejűleg összeállítást megelőzően 2019. december 31.

Sopron, 2019. november 25.

Jóváhagyom:


Prof. dr. Bidló András
dékán




Prof. dr. Lakatos Ferenc
egyetemi tanár, intézetigazgató


Dr. Jánoska Ferenc
szakfelelős

Szerzői nyilatkozat

Alulírott KÁLMÁN KRISTÓF (neptun kód: F5ZEQC) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a HOLT FAANYAG MENNYISÉGI ÉS MINŐSÉGI BECSLÉSE AZ ERDŐANYAI-VÖLGYBEN című:

diplomamunka

(a továbbiakban: dolgozat) **önálló munkám**, a dolgozat készítése során betartottam a *szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv.* szabályait, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében¹.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt illetve a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg**.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Soproni Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat**.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Kijelentem, hogy a dolgozatot más szakon – más felsőoktatási intézményre vonatkozóan is – nem nyújtottam be.

Sopron, 2020. április 20.



Kálmán Kristóf

¹ **1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1)** A mű részletét - az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven - a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára - a cél által indokolt terjedelemben - szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást - a szerző nevével együtt - fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Kivonat

Holt faanyag mennyiségi és minőségi felmérése az Erdőanyai-völgyben

Jelen dolgozatban a Pilisi Parkerdő Zrt. Visegrádi Erdészeténél található Erdőanyai-völgy holtfa ellátottságát vizsgáltam. A fekvő holt faanyag mérése vonal menti, az álló holt faanyagé mintaterület alapú mintavétellel történt (ÓDOR 2005). A vizsgálat céljai voltak a völgy holtfa viszonyainak, valamint azok mennyiségi és minőségi mutatóinak megismerése. Ezekből következtetéseket vontam le, és javaslatokat tettem a további kezelésre. Összesen 195 mintaponton történt holtfa felmérés, amely 22 erdőrészletet érintett. Átlagosan 36,56 m³/ha holtfa volt a területen. A felmért holt faanyag döntő hányada fekvő holtfa volt, a legtöbb 5-10 cm átmérővel. A leggyakoribb korhadási fázis a 3. volt. Az álló holtfák 55 %-a álló magas törzscsonk volt. Kocsánytalan tölgy, bükk és közönséges gyertyán adta a holt faanyag nagy részét. A gerincközeli, meredek oldalakon több, míg a völgy láb felé kevesebb volt a holtfa mennyisége. A terület speciális erdőgazdálkodási, természetvédelmi, kutatási helyzetét jól jelzi a holtfa mennyisége is. Az Erdőanyai-völgy holtfa ellátottsága az európai gazdasági erdők átlagos holtfa mennyiségénél jóval nagyobb, megközelíti az európai felhagyott erdők holtfa viszonyait. Elmondható, hogy a folyamatos erdőborítást célzó erdészeti eljárások kedvezően hatnak a holtfa minőségére és mennyiségére.

Abstract

Qualitative and quantitative assessment of dead wood in the 'Erdőanyai-völgy'

In my thesis I have analyzed the lying and standing dead wood in Erdőanyai-valley of Pilisi Parkerdő co. ltd. I estimated the quantity and quality of lying dead wood by the line intercept method. For the snag (standing dead wood) I used sampling circle method (ÓDOR 2008). The aims of this thesis were to assess the quantitative and qualitative properties of dead wood in the valley, and to make suggestions about the forest management for the future. The accumulated amount of dead wood in the valley was 36,56 m³/ha. Most of the dead wood was lying, with 5-10 cm in diameter. 55 % of the standing dead wood was a broken snag. The most common species for dead wood were sessile oak-, beech and hornbeam. The amount of dead wood was higher close to the ridge, and lower near the valley. The quantity and quality of dead wood in the Erdőanyai-valley is higher than in managed forests and approaches the levels found in abandoned forests. Furthermore it can be seen, that the continuous forest cover methods positively affect the quality and quantity of dead wood.

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	1
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	2
2.1. A HOLTFA ÉS KIALAKULÁSA	4
2.2. A HOLTFA MEGJELENÉSI FORMÁI	6
2.2.1. Álló holtfa típusok	7
2.2.2. Fekvő holtfa típusok	9
2.2.3. Egyéb holtfa típusok	11
2.3. A HOLTFA LEBOMLÁSI FOLYAMATAI	11
2.4. A HOLT FAANYAG JELENTŐSÉGE	15
2.5. A HOLTFA MENNYISÉGE, MINŐSÉGE ERDEINKBEN	19
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	21
3.1. VIZSGÁLATI TERÜLET ISMERTETÉSE	21
3.1.1. Visegrádi-hegység	21
3.1.1.1. Geológia és tájhasználat	21
3.1.1.2. Éghajlat és vízrajz	22
3.1.1.3. Növényzet	23
3.2. PÍLISI PARKERDŐ ZRT.	25
3.2.1. Folyamatos erdőborítás és a holtfa	26
3.2.2. Visegrádi Erdészet	27
3.3. A HOLTFA FELMÉRÉS MÓDSZERTANA	29
3.3.1. Fekvő holt faanyag becslése	29
3.3.2. Álló holt faanyag becslése	32
3.3.3. Korhadási fázisok meghatározása	34
3.3.4. A terepi adatgyűjtés (Epicollect5 mobiltelefonos applikáció)	35
3.3.5. A terepi adatgyűjtés eszközei	37
3.4. KIÉRTÉKELÉS MÓDSZERTANA	38
4. EREDMÉNYEK	39
4.1. A HOLTFA ÖSSZESÍTETT MENNYISÉGE	39
4.2. A FEKVŐ HOLTFA	45
4.2.1. A fekvő holtfa mennyisége	45
4.2.2. A fekvő holtfa minősége	47
4.2.2.1. Fafaj szerinti megoszlása	47
4.2.2.2. Átmérő szerinti megoszlása	47
4.2.2.3. Korhadási fázis szerinti megoszlása	49
4.3. AZ ÁLLÓ HOLTFA	51
4.3.1. Mennyisége	51
4.3.2. Minősége	52
4.3.2.1. Fafaj szerinti megoszlás	52
4.3.2.2. Megjelenési forma szerinti megoszlás	52
4.4. HOLTFAHOZ KÖTHETŐ VÉDETT ÉS NATURA 2000 JELÖLŐ FAJOK	54
5. EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA	57
6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	61
7. ÖSSZEFOGLALÁS	64
8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	66
9. IRODALMI HIVATKOZÁSOK	67
9.1. INTERNETES FORRÁSOK:	74
10. MELLÉKLETEK	75
11. ÁBRAJEGYZÉK	80

1. Bevezetés

Erdeinkben a holt faanyag jelenléte vagy annak hiánya a múltban is nagy hangsúlyt kapott szakmai körökben. Napjainkban az erdő közjóléti, rekreációs funkciójának növekedése és a társadalom növekvő igénye a „*vadregényes*” erdőkép iránt, a holtfát egy új szerepbe helyezi.

Az ember hatása környezetére az utóbbi néhány ezer évben vált igazán jelentőssé, tevékenységei kiterjedtek az erdőállományokra, így az annak részét képező holtfára is. Az évszázados múltra visszatekintő erdőgazdálkodásban korábban az ideális erdő az egyenes, hengeres, ágiszta és egészséges fák összességét jelentette. Az ilyen faegyedekből álló állományok erdőképét tekintették szépnek, ennek megfelelően kezelték az erdőket.

Európában jellemző volt, hogy az erdőgazdálkodók nem tulajdonítottak jelentőséget a holtfának, sőt nemkívánatos elemként tekintettek rá. Magyarországon még néhány évtizeddel korábban is szakmai elvárás volt a „*száradék*” erdőből történő eltávolítása (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).

Ha a szélsőségeket vizsgáljuk a holtfával kapcsolatban, általában azt tapasztaljuk, hogy egyesek szerint minden holt faanyagot el kell távolítani, mivel azok fertőzési gócpontok lehetnek. Mások szerint mindent ott kell hagyni, hiszen a holtfa az erdő része, emeli annak fajgazdagságát. Feltételezhető, hogy az igazság a két nézőpont között található és sok esetben összetettebb helyzettel találkozunk (LAKATOS 2006).

A közelmúltban azonban a holt faanyag megítélése nagyot változott. Napjainkban a holtfát, mint az erdő immunrendszerét emlegetjük és a tartamos erdőgazdálkodás, a fenntarthatóság egyik fontos pillérének tekintjük. (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).

A szemléletváltás üteme, nem azonos erdőgazdálkodók, természetvédők, biológusok, ökológusok körében. A holtfa mennyisége, minősége erdeinkben vitákat szül az ellentétes nézőpontot képviselő felek között. Ezért is érzem szükségserűnek a téma körüljárását, főként egy olyan területen, amely nem csak a Pilisi Parkerdő Zrt. örökerdő-gazdálkodása „*alapkövének*” tekinthető, hanem országos viszonylatban is a folyamatos erdőborítás egyik legkorábbi előfutára. A kutatásom fő célkitűzései az Erdőanyai-völgy holtfa viszonyainak (*mennyiségi és minőségi*) megismerése, a folyamatos erdőborítás és a holtfa mennyisége közötti összefüggések feltárása, valamint javaslattétel a további gazdálkodói beavatkozásokra, amelyek segíthetnek egy holtfában gazdagabb, erdőgazdálkodói szemmel is értékes állomány fenntartásában.

2. Szakirodalmi áttekintés

A holtfa és a hozzá kötődő élőlények szerepe az erdő ökoszisztémájában a közelmúltban vált elfogadott és kutatott témává. A holtfával kapcsolatos szemléletváltás egyre nagyobb teret hódít az erdőgazdálkodásban is. A tudományos élet, az erdőökológiai és természetvédelmi célú vizsgálatok aktuális témájává vált. Erdőtermészetességi vizsgálatok alapját képezi.

Ennek megfelelően az 1990-es évektől a holtfával, a korhadó faanyaggal, valamint ezek biológiai jelentőségével foglalkozó publikációk száma jelentős növekedésnek indult. Az elmúlt évtizedekben, több száz tanulmány foglalkozott a holtfa mennyiségével, keletkezésével, lebomlásával és a biológiai sokféleség megőrzésében betöltött szerepével (ÓDOR 2018).

A XX. század elején a holtfa felhasználása szinte kizárólag a tűzifaként történő elégetést jelentette. Az európai erdőkben a holt faanyag mennyisége ugrásszerűen megnőtt a második világháborút követően. Főként a kevésbé intenzív erdőgazdálkodásnak és az alacsonyabb faigénynek köszönhetően, a háború után ez természetesen átfordult (SPEIGHT 1989).

Kezdetben a kutatások a holtfához kötődő élőlényekre, vagy egyes szűkebb élőlény csoportra összpontosítottak és csak közvetve érintették a lebomló erdei faanyagot. Például FEHÉR ÉS ORBÁN (1981) az idős, korhadó fák mohaközösségeit vizsgálta.

Többek is felhívták a figyelmet, hogy a holtfa eltávolítása az erdőből negatívan hat a lignicol nagygombák, valamint a szaproxilofil rovarok fajdiverzitására (SIPPOLA ÉS RENVALL (1999); PENTTILA ÉS MTSAI (2004); GOOD ÉS SPEIGHT (1996); ÓDOR ÉS MTSAI. (2004). Szinte minden erdőökológiával foglalkozó szak-, és tankönyv tartalmaz olyan fejezeteket, amelyekben a holtfa erdőben betöltött fontos szerepét taglalják (PETERKEN 1996, THOMAS ÉS PACKHAM 2007).

A holtfa denevérek életében betöltött szerepét vizsgálta például DOBROSI (1994). Később CSÓKA, DOBROSI ÉS FRANK (2000) a holtfákat, mint gerincesek élőhelyeit vizsgálták. A holtfa odúlakó madarak életében betöltött szerepéről, összefoglaló munkákat adott közre például, CSÓKA (2000), ÓNODI ÉS WINKLER (2014). Míg KAPPES ÉS MTSAI (2006) a holtfákhoz köthető puhatestűeket vizsgálta. STOKLAND ÉS MTSAI. (2012) a holtfák biodiverzitásban betöltött szerepéről készített átfogó és nagyon részletes munkát.

A holtfa biodiverzitásban és erdőtermészetességben betöltött szerepét hangsúlyozza HAHN ÉS CHRISTENSEN (2004); CSÓKA ÉS MTSAI. (2000); CSÓKA ÉS MTSAI. (2001); MACIUCA ÉS ROIBU (2012); FRANK (2014); FRANK ÉS SZMORAD (2014).

Az idős fák és facsoportok nélkülözhetetlen szerepét emelik ki SÓDOR ÉS MTSAI. (2001). A korhadó faanyag szerepét elemezte TÓTH (2010) az erdők természetességének kérdéskörében.

Később többen is vizsgálták a gazdasági és a védett, nem faanyagtermelés céljából kezelt erdők holtfa kínálatát. (ÓDOR ÉS MTSAI (2006). Az erdőgazdálkodással és az erdei biodiverzitással foglalkozó könyvekben is sok említés történik a holtfáról, mint például FRANK ÉS SZMORAD (2014), vagy KORDA (2016) munkájában.

Az európai erdők holt faanyaggal kapcsolatos információit tartalmazza JONSSON ÉS KRUYSS (2001) által szerkesztett esettanulmány gyűjtemény, amely főként a boreális éghajlat erdeivel foglalkozik.

Az erdőben található holtfa mennyiségi és minőségi kérdéseit vizsgálták HARMON ÉS MTSAI (1986); MULLER ÉS LIU (1991); FORRESTER ÉS RUNKLE (2000); CHRISTENSEN ÉS MTSAI. (2005); ÓDOR (2005); BÖLÖNI ÉS ÓDOR (2014).

Az elsősorban gyakorlati szakembereknek szóló, holtfával kapcsolatos munkák közül kiemelendő a World Wide Fund (WWF) gondozásában született kötet, amely BOBIEC ÉS MTSAI (2005) munkája, magyar nyelvű kivonatát DUDLEY ÉS MTSAI (2017) adták közre.

A holtfával kapcsolatos ismereteket remekül összefoglaló munkát szerkesztett CSÓKA ÉS LAKATOS (2014). A több szerző munkáját tartalmazó kötet, széleskörűen, mindenre kiterjedően foglalkozik a holtfával és a hozzá köthető élőlényekkel.

A legfrissebb holtfával foglalkozó tanulmányok egyike VÍTKOVÁ ÉS MTSAI (2018) munkája, amely a holtfa erdőgazdálkodáson belüli helyzetét és kezelését taglalja.

Az erdei holtfa mennyisége az 1990-es évektől általános növekedésnek indult. Ez valószínűleg a fenntartható, folyamatos erdőborítást segítő erdőgazdálkodási eljárások elterjedésének köszönhető. Elmondható, hogy átlagosan több holtfa van erdeinkben, mint 100 évvel ezelőtt (FOREST EUROPE 2011).

2.1. A holtfa és kialakulása

A holtfa erdeink sajátos helyzetű és nélkülözhetetlen fontosságú erdőszerkezeti eleme, az erdei ökoszisztéma része. Élő- és bűvőhely, táplálék. A holtfa kulcsszerepet játszik a biológiai sokféleség megőrzésében, az erdő anyag- és energiaforgalmában, a termőhelyek stabilitásának megőrzésében (DUDLEY ÉS MTSAI 2006).

Holtfának nevezzük az elhalt, már nem élő fákat. Ennél természetesen sokkal összetettebb és átfogóbb kifejezéssel állunk szemben, amelyet érdemes körültekintően megvizsgálni. A holtfa megjelenik a törvényi szabályozásban is, általános előírás a hektáronkénti 5 m³ álló és fekvő holtfa visszahagyása.

Elmondható tehát, hogy holtfának nevezzük az elhalt fákat (*fekvő, álló, tuskó*), valamint a még élő fákon található elhalt részeket (*gallyak, ágak, elhalt gyökerek*) (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014). A holtfára gyűjtőfogalomként tekint BARTHA ÉS OROSI (2004), szerintük különböző fafajú, méretű, mennyiségű, térbeli eloszlású, korhadtságú, megjelenésű és elhelyezkedésű elhalt farészek összegzője a holtfa. HARMON ÉS SEXTON (1996) arról is beszél, hogy a földfelszín alatt, valamint az erdő talajban található elhalt fákat és részeit is holtfának kell tekinteni, nem csak a felszínen álló, vagy fekvő holtfát. Egyes szerzők a még élő fa, holt részeit nem tekintik holtfának (MERGANICOVÁ ÉS MTSAI. 2012).

A faegyedek pusztulása életciklusuk bármely szakaszában bekövetkezhet természetes úton, öregkorban csak ritkán. Jellemzőbb, hogy a fa pusztulását betegségek, abiotikus és biotikus károsítók, az egyedek közti versengés vagy fakivágás okozza (BARTHA 2014).

A fák és azok részeinek elhalását okozó tényezőket három fő kategóriába sorolhatjuk, az emberi tevékenységhez köthető antropogén tényezők (*fakitermelés, „holtfagyártás”, környezetszennyezés*), az abiotikus tényezők (*vihar- és jégkárok, klimatikus tényezők*) és végül a biotikus tényezők (*vadkár, rovarkárok, kórokozók, kompetíció*). A faegyedek végleges elhalását általában több tényező együttes hatása okozza, ezek a hatások fafajonként eltérőek lehetnek. Szintén fontos szerepe van a faegyedek, állományok életkorának is. Fiatal korban főként az egyedek közötti versengés okozza a mortalitást, ilyenkor az alászorult egyedek elhalása, az állományok öngyérülése jellemző. Időskorban a károsítók, vagy viharok pusztítják el a faegyedeket (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014). A kezelt erdőkben emberi hatások fokozott hangsúlya figyelhető meg. Elmondható, hogy a legnagyobb mortalitási tényező a hazai erdőkben a fakitermelés (BARTHA 2014).

Erdőművelési tevékenységek is okozhatják a holtfák kialakulását, a közelítési károk, a rosszul megválasztott beavatkozások (*pl. az állományok túlzott megbontása*) vagy a mikroklimatikus viszonyokban okozott változások.

A vadállomány hatása az erdőre, szorosan kapcsolódik az emberi tevékenységekhez, a vadgazdálkodáshoz. Itt az erdei nagyvad szerepe kiemelendő, amely rágásával, hántásával közvetlen, vagy közvetett úton járul hozzá a fapusztuláshoz (LAKATOS ÉS MOLNÁR 2009).

De nem csak a célzott emberi beavatkozások okozhatják faegyedek, állományok pusztulását. A közvetett hatások szerepe is igen fontos, a nem megfelelően kiválasztott célállományok, a termőhelyi optimumtól eltérő telepítések hozzájárulnak a fák egészségi állapotának leromlásához, ezzel elősegítik az egyéb tényezők belépését, majd a pusztulást (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).

Ugyanakkor kiemelendő, hogy az elmúlt ötven évben az abiotikus károk esetén növekvő trend figyelhető meg. Az abiotikus károkat vizsgálva, a legnagyobb mennyiségű holtfa általában a hótörések és viharkárok következtében alakul ki (HIRKA ÉS CSÓKA 2010).

Az abiotikus károk mellett fontos szerep jut a biotikus tényezőknek is a holtfák kialakulásában. Ezek, az általában fogyasztó szervezetek, ízeltlábúak, gerincesek, gombák, baktériumok eltérő arányban és fajösszetételben, de minden erdőállományban jelen vannak. Az egészséges állományok faegyedei többnyire eltűrik jelenlétüket, nagyobb mértékű fapusztulást olyan esetekben okozhatnak, ha bizonyos környezeti tényezők miatt a faegyedek egészsége romlik, vagy a fogyasztó szervezetek a szokottnál nagyobb számban jelennek meg a területen. Tömeges szaporodás léphet fel például elegyetlen állományokban, a táplálék nagymértékű jelenléte miatt. Faállományok egészségét ronthatják a fent említett abiotikus károk (*aszály, vihar*) mellett a nem optimális termőhelyi körülmények, antropogén hatások vagy ezek összessége (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).

A holtfák kialakulásának ugyancsak fontos eleme az időbeni lefolyás. A korábban említett három fő tényező csoport (*abiotikus, biotikus, antropogén*), mindegyike időben mérhető pusztulási folyamatot idéz elő. Ez a folyamat lassú, vagy gyors lefutású lehet. Gyors lefolyásúnak tekinthetjük azokat, amelyek egy vegetációs időszak alatt okozzák a fa pusztulását. Példa erre az erdőtűz vagy a viharkárok okozta széldöntés. Abiotikus károk (*pl. aszály*) és azokat követő biotikus tényezők együttesen is okozhatnak gyorsabb lefolyású pusztulást, amely így hetek alatt mehet végbe (*szúk, díszbogarak*). Kórokozók szintén okozhatják a fák gyorsabb lefolyású elhalását (*pl. Chalara fraxinea Kowalski et al. 2006*).

A lassabb lefolyású pusztulás általában biotikus tényezőkhöz köthető. Ezek a folyamatok igen lassúak lehetnek, akár több évtized pl. a nagy hőscincér (*Cerambyx cerdo*) több nemzedéke okozhatja a fa végleges elhalását (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).

2.2. A holtfa megjelenési formái

A holt faanyag erdeinkben fontos szerepet tölt be, mivel rendkívül változatos megjelenési formái lehetnek, amellyel számos speciális élőhely, úgynevezett mikrohabitat kialakulásához járulhat hozzá. Megjegyzendő, hogy a holtfa elhelyezkedése, környezete, mikroklimatikus viszonyai jelentősen befolyásolják a lebomlási folyamatokat, így a belőle kialakuló mikroélőhelyeket is (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).

Sok esetben a még élő fákon megjelenő elhalt részek töltenek be fontos szerepet a mikroélőhelyek képzésében, ugyanakkor a faegyed még nem nevezhető holtfának. Számos faj (zengőlegyek (*Syrphoidea*), bogarak (*Coleoptera*), denevér (*Chiroptera*) fajok, odúlakó madarak, fakorhasztó gombák) kötődik az ilyen, általában idős, nagyméretű fákhoz, melyeken megjelennek a különböző elhalt részek (DUDLEY ÉS MTSAI 2006).

Élő fák elhalt részeinél beszélhetünk: tükörfoltokról, törzsüregekről, bekorhadó ággöcsről, korhadó és üreges gyökfőről és gyökerekről, odúkról, kéregleválásokról, elhalt ágakról és törzsrpedésekről (SZMORAD ÉS MTSAI (2013).

A teljes egészében elhalt fák esetében praktikusán két fő csoportot szokás elkülöníteni, álló és fekvő holtfákat. Az álló fák esetében, holtnak tekinthetjük azt az egyedet, amelynek víz- és tápanyagszállítása megszűnt, koronaágain és törzsén két egymást követő vegetációs időszakban sincsenek élő lomblevelek, fenyők esetén tűk (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).

Álló holtfák esetén megjelenő formák az elhalt koronás fa-, (*amit „lábonszáradt”-nak is neveznek*), az álló magas törzscsonkok, az álló alacsony törzscsonkok, tuskók, fennakadt törzsek, ágak.

Mivel a mintavétel során vizsgáltam a holt faanyag megjelenését, minőségét így a fent felsorolt formákat röviden ismertetem SZMORAD ÉS MTSAI (2013) tipológiája alapján.

2.2.1. Álló holtfa típusok

Elhalt koronás fáról beszélhetünk, ha az elpusztult faegyed ágai még megtalálhatók rajta, kezdetben a vékonyabb ágak, majd később a kéreg és a vastag ágak is lehullanak a fáról. Az ilyen holtfa fontos madárfészkelő, denevér és kisemlős búvóhely, szaproxilofág rovarok élőhelye.

Kidőlt, fennakadt törzsek, ágak speciális esetet képeznek, de még nem nevezhetők fekvő holtfának. Általában széldöntések, hótörések, jégtörések következtében keletkeznek. Esetleg a helytelen döntési irány megválasztásával, vagy a döntés irányítás nem megfelelő kivitelezésével is fennakadhatnak faegyedek.

Álló magas törzscsonkok, amelyek kialakulhatnak lábonszáradt fák ágvesztésével is. Ezek 1 m-nél magasabbak, rajtuk odvak, kéreg leválások találhatók. Kialakulásuk másik gyakori módja a korhasztógombák (pl. *Fomes fomentarius*, *Innonotus nidus-pici*) általi fertőzések (1. ábra).



1. ábra: Idős fa kéregleválással és rajta *Fomes fomentarius*

(Forrás: Szerző fotója)

Álló alacsony törzscsonkok (2. ábra) a magas törzscsonkok lebomlásával, szétesésével létrejövő 1 m-nél alacsonyabb elhalt csonkok. A tuskóktól könnyen elkülöníthetők, eltérő a kialakulásuk módja és az ott kialakuló mikrohabitatok köre is.



2. ábra: Alacsony törzscsonk (Forrás: Szerző fotója)

Fakitermelés, fadóntás következtében visszamaradó **tuskók** szerepe is jelentős. Xilofág rovaroknak, hangyáknak élőhelyet, kétéltűeknek, hüllőknek, kisemlősöknek bújóhelyet, korhasztó gombáknak aljzatot jelentenek (5. ábra).

Kedvező erdőgazdálkodói gyakorlat, hogy a keletkezett vágástéri mellékterméket a tuskókra „*ráhúzzák*”, összegyűjtik így jól láthatóvá téve a tuskó helyét és létrehozva új mikroélőhelyeket (3. *ábra*).



3. *ábra*: Tuskóra helyezett ágkupacok Visegrádon (Forrás: Szerző fotója)

2.2.2. Fekvő holtfa típusok

A holtfák másik nagy csoportja a fekvő holtfák. Ezek a hétköznapi értelemben is holtnak, elszáradtnak nevezett, az erdő talaján található fák, farészek, ágak, gallyak, fragmentumok. A fekvő holtfák esetében is felállíthatunk néhány csoportot, megjelenésük alapján.

A földön fekvő holtfák keletkezése kötődhet abiotikus, biotikus vagy antropogén okokhoz. Méretük és korhadtsági fokuk meghatározzák az erdő életközösségében betöltött szerepüket. Az ilyen, általában vastagabb, földön fekvő törzsek nagy mennyiségű vizet tudnak vissza tartani, „*szivacsként*” működve.

Fekvő holtfa méretei alapján határozzák meg ökológiai szerepüket, ezek szerint megkülönböztetünk vékony holtfát (*fine woody debris – FWD*) és vastag holtfát (*coarse woody debris – CWD*) (4. ábra). A két csoport közti határvonal nehezen értelmezhető, hazánkban az erdővédelmi mérő- és megfigyelő rendszerben (EMMRE) végzett felméréseknél például a 10 cm-es átmérő jelenti a határt vékony és vastag holtfa között (KOLOZS 2009).



4. ábra: Vékony fekvő holtfa (bal), vastag fekvő holtfa (jobb)
(Forrás: Szerző fotója)

Sajátos kategóriája a fekvő holtfáknak a gyökértányérral kifordul, elhalt törzs. A kifordult gyökerek helyén egyedi mikroélőhely jön létre, valamint a talajhoz még kapcsolódó gyökerek miatt a kidőlt fa lassabban pusztul így keletkeztetve holtfát.

Az erdők kezelése során a kidöntött fákon, visszahagyott tuskókon kívül is keletkeznek holt faanyagok, ezeket vágástéri mellékterméknek (*korábban vágástéri hulladék*) nevezzük.

Vizesélőhelyeken, az egyébként is különleges helyzetűnek tekinthető holtfa még speciálisabb szerepet tölt be az erdő életében. Nedves, vizes környezetben elhelyezkedő holtfák szaporodó-, és ívóhelyek lehetnek. Vízfolyások felduzzasztásával újabb vizes élőhelyeket hozhatnak létre, egyfajta gátként funkcionálva. Sok esetben ezt a folyamatot az eurázsiai hód (*Castor fiber*) is segítheti.

2.2.3. Egyéb holtfa típusok

A felszín alatti elhalt gyökerekben a lebomlási folyamatok a felszíntől eltérően mennek végbe. Más környezeti viszonyok mellett, sajátos mikrohabitatok alakulnak ki, ezekhez kötődik például a nagy szarvasbogár (*Lucanus cervus*) lárvája is.

2.3. A holtfa lebomlási folyamatai

A holtfák kialakulásának számos módja ismert, hasonlóan bonyolult több tényező (*abiotikus, biotikus*) által befolyásolt folyamat a holtfák lebomlása is.

A lebomlási folyamat bizonyos szakaszai már a fa életében lezajlanak. Az élő fa egyes részeiben megindulnak, később kiterjedve a fa egészére. Ezen folyamatok tevékeny részét képezik bizonyos rovarfajok, szaprotróf gombák. Sok esetben a pusztuló fán megjelenő díszbogarak (*Buprestidae*), szúk (*Scolytinae*), cincérek (*Cerambycidae*), fadarazsak (*Siricidae*) fertőzési kaput nyithatnak a szaprofita vagy parazita gombáknak.

A rovarok aktívan is hozzájárulhatnak a gombák terjedéséhez, vektorként terjeszthetik azokat. Ilyenek például a szú fajok (*Ips spp.*) által hordozott kékülést okozó gombák (*Ceratocystis fajok*), vagy az elmúlt évtizedekben súlyos problémát jelentő szil szíjácsszúk (*Scolytus spp.*) által terjesztett „szilfavész” okozó gombafajok (*Ceratocystis ulni*, *C. novoulmi*). Esetenként a gombák meg is könnyíthetik a faanyag emésztését a rovarok számára. Akár maga a gomba is táplálékká válhat (*xilomycetofág tápalkozás*). A lebomlási folyamat kezdeti szakaszában van kiemelt szerepe a fent említett rovaroknak, gombáknak (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).

A szaprotróf gombák végzik a holt faanyag egyharmadának lebontását. (JAKUCS 1996). A lebontást végző gombafajok jellemzően már a fa élő szíjácsában megtalálhatóak látens szaporítóképleteikkel, de csak a szíjács víztartalmának csökkenésével, vagyis a fa pusztulásával aktiválódnak és kezdik meg a faanyag lebontását (BODDY 2001).

Az elpusztult fa szerves anyagait enzimeik segítségével lebontják. Ezt a folyamatot alapvetően háromféle lebontási, korhasztási típusba sorolhatjuk: fehér-, barna- és lágykorhasztás. ezen esetekben a növényekben található fontos strukturális alkotóelemek (*cellulóz, hemicellulóz és lignin*) bomlása az eltérő.

A fehérkorhadás esetén, mindhárom fent említett összetevő lebomlik, elsőként a lignin így a cellulóz fehéres, puha struktúrájú anyaga marad csak vissza és bomlik le legkésőbb (STOKLAND ÉS MTSAI 2012).

Fontosabb fehérkorhasztó gombák például a gyűrűs tuskógomba (*Armillaria mellea*), a bükkfatapló (*Fomes fomentarius*), a gyökérrontó tapló (*Heterobasidion annosum*) vagy a lepketapló (*Trametes versicolor*) (5. ábra) (FOLCZ ÉS PAPP 2014).



5. ábra: *Trametes versicolor* tuskón (Forrás: Szerző fotója)

A barna, vagy vörös korhadás (6. ábra) esetében elsősorban a cellulóz bomlik le, a lignin marad vissza, tömbös szerkezetű, vörös/barna színű anyagot hátrahagyva (SCHWARZE 2007).

Néhány gyakori vöröskorhasztó gombafaj: labirintus tapló (*Deadela quercina*), sárga gévagomba (*Laetiporus sulphureus*), pincegomba (*Coniophora puteana*), nyírfatapló (*Piptoporus betulinus*) (FOLCZ ÉS PAPP 2014).



6. ábra: Vörös korhadás (Forrás: Szerző fotója)

A lágykorhadás, ahogy neve is mutatja, a növényi sejtfalat szilárdságát csökkenti, a faanyag felpuhul, lágyul (SCHWARZE 2007). Az így korhadt faanyag színe is barna, viszont állaga szivacsos, puha. A másik két típushoz viszonyítva, a lágykorhadás kevésbé oxigénigényes, ezért jellemzően nedves, vizes körülmények között játszódik le (ÓDOR 2018). Lágykorhasztó például a szilfavész (*Ophiostoma ulmi*, Melin és Nannf. 1934, *O. novo-ulmi*, Brasier 1991).

A gombák mellett a baktériumok is részt vesznek a lebontási folyamatokban a lignin és a cellulóz bontásával. Az általuk végzett lebontási folyamat azonban jóval lassabban megy végbe, mint a gombák esetében, így a fehér- és vöröskorhasztó gombák mellett jelentőségük csekély (ÓDOR 2018).

A pusztuló fában ezt követően döntően a szaproxilofág rovarok és azok lárvái kerülnek előtérbe. Ezek jellemzően a kéreg alatt, a fatest külső részében fejlődnek (*pl. cincérek, díszbogarak*) megnyitva más lebontó szervezeteknek a fatestet. A korábban említett első és második stádiumban a lebomló faanyag még kemény, fizikai aprózódása a rovarok és lárváik tevékenységére korlátozódik. Később a megjelenő gombák korhasztásának köszönhetően a növényi sejtfal szétesik, megjelennek más talajlakó mikroorganizmusok, és az erős rágókkal nem rendelkező ízeltlábú fajok is (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).

A lebomlás különböző szakaszaiban más-más fajok, fajegyüttesek figyelhetők meg. Ezt befolyásolhatja a faegyed pusztulását kiváltó tényező is (*árvíz, tűz, vihar*). Alapvetően elmondható, hogy a lebomlási folyamat előrehaladtával a generalista fajok aránya nagyobb, mint a specialistáké (STOKLAND ÉS MTSAI 2012).

Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a holtfák aprózódását nem csak a lebontásban közreműködő rovarok, gombák okozzák. Különböző madár (*pl. Picidae*) és emlős (*vaddisznó, borz*) fajok, vagy akár az ember is segítheti a holtfa fizikai szétesését (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).

Egy elpusztult fa teljes lebomlása (*humuszá alakulása*) hosszú folyamat. Néhány évtől, több évtizedig is tarthat. Függ a fafajtól (*lágylombos fajok általában gyorsabban, míg a keménylombos fajok lassabban*), a pusztulást kiváltó tényezőktől, a klimatikus és mikroklimatikus viszonyoktól, a holtfa méretétől és a lebontásban résztvevő szervezetektől, fajoktól (BOBIEC ÉS MTSAI 2005).

A holt faanyag korhadási fázisai, azok megítélése a terepi munkálataim szerves részét képezték. Az általam alkalmazott hatfázisú rendszert (ÓDOR AND STANDOVÁR (2003), ÓDOR AND VAN HEES 2004) az anyag és módszertan fejezetben részletesen ismertetem.

2.4. A holt faanyag jelentősége

A holtfa egyik legfontosabb jelentősége a hozzá kapcsolódó fajokban rejlik. A holtfához kötődő specialista fajok nagy arányát magyarázza a tény, hogy korábban jelentős mennyiségben és változatos minőségben állt rendelkezésre elhalt faanyag az erdőkben. Így ehhez számos faj alkalmazkodott. A holtfa szolgálhat táplálékként és bújóhelyként is egyaránt, a hozzá kötődő fajokat szaproxilofil vagy szaproxil fajoknak nevezzük (CSÓKA 2014).

A holtfát táplálékként hasznosító fajokat, átfogóan holtfa-táplálékközöségnek nevezhetjük. Ezek között találhatunk olyanokat, amelyek a holtfát táplálékforrásént közvetlenül hasznosítják: gerinctelenek (*ízeltlábiák, puhatestűek, ikerszelvényesek, ászkák, férgek*), makrogombák, mikroorganizmusok és a holtfán megtelepedő edényes növények. A holtfát fogyasztó állatokat nevezzük szaproxilofágoknak. Beszélhetünk a holtfát közvetve hasznosító élőlényekről is. Ilyenek például a holtfát fogyasztó gerinctelenek predátorai.

Szaprotrof (*holtfát fogyasztó*) gombák fogyasztói és szaprotrof mikroorganizmusok antagonistái. Fontos kapcsolat állhat fenn, bizonyos gerinctelenek és gombák között is. A rovarok jelentős része a gombák által „előemésztett” cellulózt fogyasztja, így nekik feltétel a gomba jelenléte. Számos olyan faj is előfordulhat a holtfákhoz kapcsolódóan, amelyek nem obligát módon kötődnek az elhalt faanyaghoz (CSÓKA 2014).

A holtfát, mint életteret hasznosítják a faodvasító hangyák (*Camponotus spp.*), amelyek a fák szíjácsában a korai pászták mellett alakítják ki járataikat, így biztosítva csatornát a különböző gomba fajoknak. A hangyák a szaproxil táplálékhálózatban, mint ragadozók töltenek be fontos szerepet (ÓDOR 2018).

A holtfa specialisták fennmaradása, tehát az elhalt fák meglétéhez köthető. Így az erdőben található holt faanyag mennyisége és minősége kihat az azt fogyasztó szervezetek létére is, de nem csak ebben rejlik jelentősége.

A holtfa megjelenési formái fejezetben említett, holtfához köthető mikroélőhelyek is számos faj számára létfontosságúak. A kialakult mikrohabitátokat használhatják telelőhelyként, bújóhelyként, fészkelő- és szaporodóhelyként is. Ebben az esetben nem beszélhetünk olyan szoros kapcsolatról, mint a specialisták esetében, de számukra is ugyancsak fontos a holtfa jelenléte. Megfelelő holtfa hiányában például a denevérek képesek megtelepedni másutt is, de ez egyfajta kényszer-helyzetnek tekinthető (DOBROSI 1994).

A holt faanyag szerepe az erdőben élő és fészkelő madárközösségek szempontjából sem elhanyagolható. Az elsődleges odúlakó harkályok szerepe létfontosságú a teljes holtfához köthető madárközösségek szempontjából, hiszen az általuk készített odúkat tudják később a másodlagos odúlakók (pl. galambok, légykapók) fészkelésükhöz felhasználni. A holtfában gazdag erdőkben a harkályok állománysűrűsége és fajgazdagsága nagyobb (ÓDOR 2018). Az odúlakók szempontjából az idős, nagyméretű jellemzően álló holtfáknak van létfontosságú szerepe (7. ábra). Ezek a famatuzsálemek, biotópfák növelik az odúkínálatot. Erdővédelmi szempontból is fontosak lehetnek a holtfához köthető madarak, melyek fő táplálékaik a lepkehernyók, rovarlárvák. Ezáltal csökkenteni tudják lombfogyasztással okozott kár mértékét (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).



7. ábra: Odvas álló holtfa (Forrás: Szerző fotója)

A holtfa, a korhadó elhalt faanyag az erdei növények életében is fontos tényező. A korábbiakban már említett főként a korhadó faanyag belsejében lejátszódó folyamatokhoz a gerinctelenek és a gombák köthetők, ugyanakkor a holtfán növények és egyéb élőlények is élhetnek, amelyek azt sok esetben csak aljzatként használják (ÓDOR 2014).

A holt faanyag zuzmók életében betöltött szerepe is kiemelendő. Esetükben a gombapartner főként az aszkuszos gombákhoz (*Ascomycota*) tartozik, az algapartner legtöbbször zöldalga (*Chlorophyta*). A holtfákat nemritkán tömegesen borítják mohák is, ezek jellemzően májmohák (*Marchantiophyta* vagy *Hepatophyta*) vagy lombosmohák (*Bryophyta*) (ÓDOR 2014).

Az edényes növények és a holtfa kapcsolata erdőökológiai szempontból nem elhanyagolható. A holtfán megjelenő edényes növények főként a következő három törzsbe sorolhatók: a páfrányok (*Monilophyta*), a fenyőfélék (*Pinophyta*), valamint a zárvatermők (*Magnoliophyta*) törzsébe (PODANI 2007).

A holtfához köthető növények két fő funkcionális egysége a fásszárú növények, főként azok újulata, valamint a lágyszárúak. Megfigyelhető, hogy egyes fafajok nagyobb valószínűséggel csíráznak korhadó faanyagon, mint a talajon. Ez az úgynevezett „*dajkafa*” (*nurse log*) jelenség. Főként túlevelű fafajok esetében beszélhetünk erről, így a magashegységi és boreális zónában található túlevelű erdők jellemzője (HARMON ÉS MTSAI 1986). Hazánkban elsősorban a gyakran bolygatott talajokon, vagy elárasztott ártéri területeken találkozhatunk dajkafákkal (*ligeterdők*, *láperdők*), mivel a holtfa biztosabb aljzatot jelenthet a felújuláshoz. A lágyszárúakat vizsgálva, főként a már puha a korhadás későbbi szakaszában lévő holtfákon telepsznek meg erdei lágyszárú fajok (ÓDOR 2014).

A holtfa másik, a korábban említettekkel szorosan összefüggő jelentősége, hogy hosszú távú tápanyagraktározóként funkcionál az erdő életében. Fontos nitrogén- és foszforforrás lehet, valamint a korhadó faanyag sajátos fiziológiai tulajdonságai miatt környezetében nedvesebb és párásabb mikroklímát hoz létre. A keletkezésétől függően (*döntés*, *dőlés*, *törések*) a holtfa környékén gyakran a fényviszonyok is kedvezhetnek egyéb növények megtelepedésének (STANDOVÁR ÉS MTSAI 2006).

A holtfák tehát fontos szerepet játszhatnak az erdő felújulásában is: a rájuk hulló magok kicsíráznak, a megjelenő csemeték sokszor egy vonal mentén, egymás mellett jelennek meg (*lineáris felújulás*). A holtfákhoz köthető egyéb mikroélőhelyek is fontos szerepet játszhatnak az erdő felújulásában, ezt azonban abiotikus, biotikus és egyéb az újulatot, vagy a holtfát érintő tulajdonságok is befolyásolhatják (TÓTH 2010).

Az erdőállományok anyagforgalmában és a talajfejlődésben is jelentős szerepe van a holt faanyagnak. Az erdei ökoszisztémák elengedhetetlen szerkezeti eleme, és fontos a szén és tápelem-körforgalomban is a holtfa (CSÓKA ÉS MTSAI 2001).

A holtfa lassú lebomlása miatt jelentős széntartó kapacitással rendelkezik, ezáltal hozzájárulhat a légköri széndioxid szint csökkentéséhez (DUNGER ÉS MTSAI 2009).

A talajra, illetve a talajba kerülő korhadó, elhalt növényi maradványok nagymértékben hozzájárulhatnak a talajképző folyamatokhoz, a talajfejlődéshez, a talaj anyagáramlásához. A holtfa és a hozzá kötődő organizmusok nagy szerepet játszanak az erdőben lezajló biológiai folyamatok fennmaradásában, ezért nélkülözhetetlen az ökoszisztéma alapvető működése szempontjából. Segíthet a talajerózió csökkentésében, javíthatja a talaj tápanyag tartalmát, szerkezetét (DUDLEY ÉS MTSAI 2004). A holt faanyag védheti a fennmaradó állományt a legördülő kövektől, szikláktól is, meredek vagy nagy esésű termőhelyeken (LACHAT ÉS MTSAI 2013).

Vízfolyások közelében a holtfa stabilizálhatja a partot, mederlépcsőként funkcionálhat. Élőhelyeket és szaporodási helyeket hozhat létre, különböző halfajok és más vízi élőlények számára. Nagyobb vízfolyások mentén elősegítheti a természetes kanyarulatfejlődést (GRIBOVSZKI ÉS MTSAI 2014).

A holtfa az erdő immunrendszere, rendkívül fontos szerepet tölt be az erdő egészségének fenntartásában, megőrzésében. Az elhalt faanyag különböző formái segíthetnek a tömegesen fellépő kártevők természetes ellenségeik életfeltételeinek biztosításában, ezáltal hozzájárul a biotikus károk enyhítésében. A holtfához kötődő gerinctelenek, madarak, denevérek, emlősök nagy szerepet játszhatnak az erdővédelmi problémák mérséklésében, az erdők egészségi állapotának javításában (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).

A természetes folyamatok működésében és az erdővédelmi problémát okozó rovarok populációinak csökkentésében is nagy szerepe van a holtfának és a hozzá kötődő élőlényeknek. Az erdei holt faanyag javítja az erdő egészségi állapotát, ökológiai és természetvédelmi szempontból, valamint erdővédelmi szempontból is kívánatos (CSÓKA ÉS LAKATOS 2014).

Fontos megjegyezni azonban, hogy bizonyos esetekben az erdei holtfa káros hatással lehet az erdő állapotára. A pusztulófélben lévő, vagy frissen elpusztult fák fertőzési források is lehetnek. Belőlük kiindulva további fák, facsoportok is fertőződhetnek. Kiemelendő, hogy ez a jelenség a frissen elpusztult faanyaghoz köthető. És ahhoz, hogy azon található-e olyan károsító vagy kórokozó, amely potenciális veszélyt jelenthet a környező faállományra. Általában azonban, ezek a frissen elpusztult fák csak nagy kiterjedésű, elegyetlen fenyőállományokban jelentenek problémát (LAKATOS 2006).

2.5. A holtfa mennyisége, minősége erdeinkben

Az elhalt, korhadó faanyag mennyiségét különböző viszonyok között vizsgálhatjuk, tömeg vagy térfogat alapján, darabszámát tekintve, esetleg területegységre vonatkoztatva. Leggyakrabban egy adott minimum átmérőnél vastagabb holtfák területegységre (ált. 1 ha) vonatkoztatott térfogatát, vagy tömegét határozzák meg (HARMON ÉS MTSAI 1986).

A holtfa mennyisége meghatározó fontosságú egy adott erdőállományban, hiszen hatással van a hozzá kapcsolódó élőlények, életközösségek összetételére és tömegességére is. A két fő holtfa megjelenési formát, a fekvő és álló holtfát, általában külön eljárással mérik fel. Az álló holtfa mennyiségét jellemzően területalapú mintavétel segítségével állapítják meg. Míg a fekvő holtfa esetén általánosan elfogadott eljárás a vonal menti mintavétel, a módszer előnye, hogy sokkal gyorsabb, mint a terület alapú. (BÖLÖNI ÉS ÓDOR 2014).

A holtfa mennyiségét az erdőben számos tényező befolyásolhatja, ahogy azt a korábbi fejezetekben láthattuk. Erdeinkben alapvetően a keletkezés és a lebomlás sebessége határozza meg a holtfa mennyiségét, a mérsékelt övi erdők számottevő része emberi kezelésben van, így itt az emberi hatás a meghatározó a holtfaviszonyok tekintetében. Általánosan elmondható, hogy a rendszeresen kezelt erdőkben a holtfa mennyisége alacsonyabb, mint azon állományokban, amelyekben a természetes folyamatok a meghatározók és az erőteljes emberi hatás nem érvényesül (BÖLÖNI ÉS ÓDOR 2014).

A fent leírtakat figyelembe véve, a mérsékelt övi erdők holtfa mennyiségének ismertetésekor, az emberi hatások erősségének függvényében három fő csoportot különböztetnek meg BÖLÖNI ÉS ÓDOR (2014) munkája alapján. Így elkülöníthetjük az őserdő jellegű erdők, kezelt erdők és felhagyott erdők holtfa mennyiségét.

Az őserdő jellegű erdők tekintetében Európában főként bükk állományokat, valamint luc- és erdeifenyő uralta állományokat vizsgáltak. CHRISTENSEN ÉS MTSAI (2005) az európai bükk őserdőket vizsgálták, ahol az álló holtfa 50-70 m³/ha, a fekvő 110-140 m³/ha, az összes holtfa 160-200 m³/ha körül alakult. Elmondható, hogy az összes holtfa harmada álló holtfa volt. Hazánkban két bükkös őserdőnek, valamint referencia állománynak tekinthető területen a holtfa mennyisége a következőképpen alakult. A Kékesen az összes holtfa 106 m³/ha volt, míg a bükki Őserdő Erdőrezervátumban 175 m³/ha (BÖLÖNI ÉS ÓDOR 2014). A lucfenyő uralta állományokban a holtfa összes mennyisége 140-170 m³/ha volt (SANIGA ÉS SCHÜTZ 2002; JANKOVSKY ÉS MTSAI 2004), amelynek 30-40%-a fekvő holtfa, skandináv lucosokban ennél valamivel kevesebb 100-130 m³/ha volt (LINDER ÉS MTSAI 1997).

Tölgyes őserdők holtfa viszonyairól kevesebb adat áll rendelkezésre, ezek alapján elmondható, hogy a lengyelországi és a romániai vizsgálatok is $130 \text{ m}^3/\text{ha}$ -ban állapították meg az összes holtfa mennyiségét (BOBIEC 2002; PETRITAN ÉS MTSAI 2012). Szlovákiai adatok szerint cser- és korcsánytalan tölgy állományokban az összes holtfa átlagosan $55 \text{ m}^3/\text{ha}$ volt (SANIGA ÉS SCHÜTZ 2002).

Általánosan kimondható az őserdő jellegű állományok holtfa ellátottságáról, hogy nagy változatosságot mutat. Üde erdőkben a föld feletti összes faanyag 20 %-át meghaladja, száraz állományokból kevés adat áll rendelkezésre (BÖLÖNI ÉS ÓDOR 2014).

Őserdő jellegű állományokban több holtfára irányuló kutatással találkozunk, a kezelt erdők holtfa viszonyainak jellemzésére kevesebb felmérést találni. Kijelenthető, hogy a kezelt erdők holtfa mennyisége alul marad az őserdő jellegű erdőállományokhoz képest fellelhetőeknek. Európában főként bükkösökről és fenyvesekről áll rendelkezésre holtfa mennyiséggel kapcsolatos adat. Ezek rámutatnak, hogy az álló és fekvő holtfa együttes mennyisége átlagosan nem haladja meg a $25 \text{ m}^3/\text{ha}$ -t. A főként gazdasági szemlélettel kezelt bükkösökben az álló holtfa aránya magasabb, míg az összesített mennyiség 5%-alatt marad. Tölgyes állományokban a holtfa mennyisége átlagosan nem haladja meg a $15 \text{ m}^3/\text{ha}$ -os értéket (BÖLÖNI ÉS ÓDOR 2014).

A hazai kezelt és felhagyott kocsánytalan tölgy és cser állományok holtfa mennyisége átlagosan $11 \text{ m}^3/\text{ha}$, amelynek 64%-a fekvő holtfa. A vizsgált területek között nagy eltérés nem mutatkozott (*Északi-középhegység, Pilis-Visegrádi-hegység, Börzsöny, Bükk*), a Mátrában a holtfa mennyisége hektáronként a 24 m^3 -t is elérte. Elmondható, hogy a hazai kezelt erdőkben található holtfa mennyisége az összes föld feletti faanyag 5 %-át csak kevés esetben haladja meg (BÖLÖNI ÉS ÓDOR 2014). Hazai gazdasági tölgyes állományokat vizsgálta BENCSIK (2015), aki $7\text{-}8 \text{ m}^3/\text{ha}$ értéket kapott.

A magyarországi erdők holtfa viszonyaira irányuló Egyesített Erdészeti Monitoring adatai alapján az összes fekvő holtfa 82,7 %-a lombos ($5789,3 \text{ 1000 m}^3$), 17,0 %-a fenyő ($1191,3 \text{ 1000 m}^3$), 0,3% pedig nem megállapítható. Ha országosan a holtfa fatérfogat erdőtársulások szerinti eloszlását vizsgáljuk, 20,4 %-os értékkel kiemelkednek az akácok, 10,2 % az erdeifenyvesek, 8,8% a kocsányos tölgyesek, 8,4% a cseresek és 7,7% a bükkösök aránya (NÉBIH ERDÉSZETI IGAZGATÓSÁG, ERDŐLELTÁR 2010-2014).

Az Egységes Erdészeti Monitoring keretében történő felmérés szerint a magyar erdőkben $19,5$ millió m^3 az összes holtfa mennyisége, amelyből 53% álló és 35% fekvő holtfa, míg a tuskók aránya 12% (KOLOZS ÉS SOLTI 2014).

3. Anyag és módszer

3.1. Vizsgálati terület ismertetése

3.1.1. Visegrádi-hegység

A vizsgálati terület az Északi-középhegység nagytájon a Visegrádi-hegység kistájban helyezkedik el (DÖVÉNYI 2010). Egyes szerzők szerint a Dunántúli-középhegység nagytáj része (HALÁSZ 2005). A kistáj Komárom-Esztergom és Pest megye közigazgatási területén fekszik, területe 216 km² (DÖVÉNYI 2010).

3.1.1.1. Geológia és tájhasználat

Felszínének 55%-a hátság típusú középhegység, 15%-a alacsony középhegységi fennsík, 30%-a pedig alacsony domblábi hátság és lejtők típusába sorolható. A tszf-i magasság 140 és 699 m közötti. A völgsűrűség a nagytáji átlag feletti, 3,8 km/km² értékkel. Főként a kistáj É-i és K-i részein jelentős az erózió, ugyanakkor a domborzati adottságok az erdőgazdálkodási és a rekreációs célú hasznosításnak kedveznek. Ennek megfelelően a legnagyobb aránnyal az erdő művelési ág képviselteti magát a területhasználatok tekintetében, ahogy ez az 1. táblázat is látható. (ÁDÁM ÉS MTSAI 2010).

1. táblázat: Visegrádi-hegység területhasznosítása

(forrás: BECSE ÉS MEZŐSI 2010)

Sorszám	Típus	%	Hektár
1.	lakott terület	5,4	1165,6
2.	szántó	4,8	1042,5
3.	kert	5,1	1109,0
4.	szőlő	0,6	132,0
5.	rét, legelő	4,0	861,3
6.	erdő	79,9	17285,7
7.	vízfelszín	0,2	41,7

A hegység mai formáját 14-15 millió évvel ezelőtt érte el, a közép-miocén vulkanikus folyamatai révén. Ekkor jellemzőek voltak a mélységben megszilárduló telérvázak, lakkolitok, valamint a robbanásos kitörések során keletkezett törmelékek (ÁDÁM ÉS MTSAI 2010).

A hegység egy úgynevezett, kettős kalderás vulkán lepusztulásának eredménye, a külső kalderaperemen található a legmagasabb része a Dobogókő (BIDLÓ ÉS BERKI 2005). Egy nagyobb (10 km átmérőjű), majd egy kisebb (5-6 km átmérőjű) rétegvulkán beszakadásával alakultak ki a hegység mai képét meghatározó kalderák (ÁDÁM ÉS MTSAI 2010).

A vulkáni tevékenység andezites és dácitos jellegű volt. A hegység életében sokáig nem volt tapasztalható üledékképződés, majd körülbelül 1,5 millió éve jelentős lösz lerakódás volt tapasztalható, ennek eredményeképp alakult ki, hazánk egyik legfontosabb löszszelvénye a Basaharc (ÁDÁM ÉS MTSAI 2010).

A terület talajviszonyait tekintve, 97 %-ban vályogos szövetű, többletvízhatástól független, andeziten kialakult ranker és barna erdőtalajokkal találkozunk. A barna erdőtalajok nagyobb arányú kialakulását a meredek lejtőkön jelentkező erózió, anyagmozgások gátolták (BIDLÓ ÉS BERKI 2005).

3.1.1.2. Éghajlat és vízrajz

A magasabban fekvő területek a hűvös-mérsékeltlen nedves, az alacsonyabban fekvő részek a mérsékeltlen hűvös-mérsékeltlen nedves éghajlati típushoz tartoznak. K-i és Ny-i szegélyeken a mérsékeltlen száraz éghajlati típus is megjelenik (AMBRÓZY ÉS KONKOLYNÉ 2010).

Az évi napsütéses órák száma meghaladja az 1900-at, amelyből 760-780 nyáron, 180-190 óra télen valószínű. 500 m tszf-i magasság felett (a hegység kb. 5%-a) télen a 200 órát is meghaladhatja (AMBRÓZY ÉS KONKOLYNÉ 2010).

A Visegrádi-hegységről elmondható, hogy a tél hideg a nyár mérsékeltlen hűvös (BIDLÓ ÉS BERKI 2005). A hegység legmagasabb pontján az évi középhőmérséklet nem haladja meg a 8 °C-ot, míg a hegység lábánál 9-10 °C közötti. A tenyészidőszakban 14 és 16 °C között alakul. 500 m magasság felett, a 10 °C középhőmérsékletet meghaladó napok száma 166 (ápr. 25-okt. 10.), másútt eléri a 180 napot (ápr. 12.-okt. 10.). A fagymentes időszak hossza 175-180 nap közötti, az utolsó fagy átlagosan ápr. 18-22. közé esik. A téli abszolút minimum hőmérséklet 16 °C, a nyári abszolút maximum hőmérséklet 30-32 °C közötti, a Dobogókőn 29 °C (AMBRÓZY ÉS KONKOLYNÉ 2010).

A térség csapadékviszonyait vizsgálva, elmondható, hogy az évi csapadékösszeg a heglábi részeken 580 mm, míg a magasabb térszíneken elérheti a 750 mm-t is. Ebből 320-420 mm hullik a tenyészidőszakban. A hótakarós napok száma átlagosan 35-40 nap, hótakaró vastagsága 25-40 cm közötti átlagosan (AMBRÓZY ÉS KONKOLYNÉ 2010).

Az uralkodó szélirány ÉNy-i, a magasabb térszíneken a szélesebbesség 4-4,5 m/s, a völgyekben 3 m/s alatt marad. Az átlagos csapadékmennyiség és a potenciális evapotranspiráció hányadosaként számított ariditási index 0,94-1,18 között alakul (AMBRÓZY ÉS KONKOLYNÉ 2010).

A Visegrádi-hegység vízgyűjtő területe Esztergomtól Szentendrőig terjed, a térség kis mellékpatakjait a Dunába vezetve. A legnagyobb vízfolyások a Szentlélek-patak (16 km; 40,5 km²; 0-19 m³) és a Bükkös-patak (16 km; 39,2 km²; 0-24 m³). A patakok hóolvadáskor és a nyári záporok idején sem okoznak az árterületen árvízvédelmi problémát. A terület vízellátottsága időszakos, ahogy az itt található legtöbb forrás is (SOMOGYI 2010). Ugyanakkor a Visegrádi Erdészet területén 12 darab olyan foglalt forrás található, amely aszályos időszakban sem apad el.

3.1.1.3. Növényzet

A Visegrádi-hegység növényzetének különleges voltát jelzi, hogy önálló flórajárást alkot. A *Visegradense* flórajárás a Dunántúli-közéhegységet foglalja magába, északi-északkeleti határa a közép-dunai flóraválasztó vonal. Így a flórajárásba sorolható, a nagymarosi Ördöghegy, a Naszály, a Hegyes-tető és a Szentmihály-hegy is (WEB 1).

A hegység földani felépítése ugyan eltér a Pilistől, de élővilágában sok hasonlóságot mutat. A heglábi részeken hosszú évszázadokon keresztül szőlőket és gyümölcsösöket műveltek, majd ezeket a múlt század elejétől fokozatosan felhagyták. A felhagyott területeken megindult a sztyepesedés, itt árvalányhaj (*Stipa spp.*) és csenkesz (*Festuca spp.*) fajok jelentek meg. Néhol az igazi ritkaságnak számító magyar zörgőfü (*Crepis pannonica*) is megjeleik (WEB 3).

A korábban említett, körülbelül 1,5 millió évvel ezelőtt lerakódott lösztakarónak köszönhetően sok ritka növény találja meg itt életterét. A löszös heglábakon és platókon él például, a Kárpát-medencében védett reliktumfaj, a gumós macskahere (*Phlomis tuberosa*) (WEB 3).

A területen több kárpáti és kontinentális faj is megjelenik például a pirosló hunyor (*Helleborus purpurascens*), a délnyugatról származó szubmediterrán magyar gurgolya (*Seseli leucospermum*) és a nyugat-balkáni pofók árvacsalán (*Lamium orvala*). Ezek a fajok is Visegrádi-hegység átmeneti jellegét mutatják. (WEB 2).

Az erdőtársulásokat tekintve, a délies kitétséggű és alacsonyabb térszínű tetőkön cseres-tölgyeseket (6,1%) találunk zonális erdőtársulásként, gyertyános-tölgyesek (31,6%) zonálisan csak a magasabb tetőkön, fennsíkokon jelenhetnek meg, valamint az északi oldalakon és völgyekben. Ez a társulás előfordulhat extrazonálisan is, ezen élőhelyeken jelenhet meg a korábban említett *Lamium orvala* is (KIRÁLY ÉS MTSAI. 2010). A kocsánytalan tölgyesek (35,5%) aránya ugyancsak jelentős.

A bükkösök (6,7%) szintén meghatározzák a hegység arculatát, bennük ritkán a kocsánytalan tölgy is elegyedik a felső szintben. A törmelékletőkön és a sziklás hegygerinci részeken a plasztikus gyökérzetű fajok jelennek meg. Ezek a területeken a hársak és a juharok a jellemzőek. A melegebb délies kitétséggű oldalakon a virágos kőris a meghatározó (KIRÁLY ÉS MTSAI. 2010).

A Visegrádi-hegység területén sok természeti értékkel találkozhatunk. A kultúrreliktumnak tekinthető szentendrei rózsza (*Rosa sancti-andreae*) mellett körülbelül 40-60 védett faj található a térségben (KIRÁLY ÉS MTSAI. 2010). Például a kornistárnics (*Gentiana pneumonanthe*) vagy a homoki cickafark (*Achillea ochroleuca*) (WEB 3).

Sajnálatos módon az özönfajok is képviseltetik magukat, a legjellemzőbb fásszárú faj a mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*) és a gyalogakác (*Amorpha fruticosa*), a lágyszárúak közül a selyemkóró (*Asclepias syriaca*) és a tájidegen őszirózsa-fajok (*Aster spp.*) okoznak problémát (KIRÁLY ÉS MTSAI. 2010).

A térségről, mint erdészeti tájról elmondható, hogy a tájat klímaregionális erdőtársulások természetszerű erdei uralják. A korábban már említett bükkösök, gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, kocsánytalan tölgyesek és cseresek alkotják a táj fő erdőtársulásait. Erdőgazdálkodási szempontból kiemelkedő jelentősége van a természetvédelmi, gazdasági és közjóléti funkcióknak és ezek összhangjának. Ennek megfelelően az örökzöld gazdálkodásnak, szálalásnak és fokozatos felújítógazdálkodásnak nagy hagyományai vannak a területen, a vágásos üzemmód területaránya elenyésző. A Visegrádi-hegység 96%-án őshonos fafajú állományok találhatók, a kultúrerdők jelenléte csekély mértékű (KOLOSZÁR 2005).

3.2. Pilisi Parkerdő Zrt.

A Pilisi Parkerdő Zrt. kezelésében állnak a főváros tágabb környezetének állami erdei. Az 1969-es alapítású részvénytársaság a kezdetek óta nagy hangsúlyt fektet az erdők oly módú kezelésére, amely a szakmai elvárások mellett, az erdők turisztikai és kulturális szerepét is csorbítatlanul biztosítja (WEB 4).

A Zrt. a Pilisi Állami Parkerdőgazdaság jogutódjaként jött létre 1994-ben. Azóta is egyedüli parkerdőgazdaság az országban. Alapítása óta az ember és a természet együttélésének biztosítása és kölcsönös harmóniájának kialakítása, fenntartása volt a fő célkitűzés (ZAMBÓ 2016).

Az erdőgazdaság 65 ezer hektáros területet kezel, 10 erdészettel. A faállománnyal borított állami erdőterület 58 051 ha. A kezelt terület részét képezi a Gödöllői-dombság, a Gerecse egy része, a Pesti- és a Csepeli-síkság egyes részei, a Pilis, a Visegrádi- és a Budai-hegység. (ZAMBÓ 2016).

A Pilisi Parkerdő gazdálkodásában kiemelt szerepet kap a folyamatos erdőborítást biztosító örökerdő-gazdálkodás, amelyet 2002-től üzemi méretekben folytatnak. A kezelt erdőterületek jelentős részén, közel 22 ezer hektáron valósulnak meg olyan erdőművelési rendszerek és beavatkozások, amelyek által az erdő tájképi jellege nem sérül. Az erdőklíma folyamatos marad, a horizontális és vertikális erdőszerkezet változatossága, a vegyeskorúság, az elegyesség megmarad. Emellett a famatuzsálemek és a holtfa is kiemelt figyelmet élvez (WEB 10.)

Az erdőgazdaság által kezelt erdők 37,7%-a átmeneti, örökerdő, vagy faanyagtermelést nem szolgáló üzemmódban van, míg 62,3% vágásos. A Pilis, Visegrádi-hegység erdeit tekintve a vágásos erdők aránya már alacsonyabb, alig 50% feletti. A holtfa felmérés által érintett, Visegrádi Erdészet területén az örökerdő üzemmód 452 ha-t, az átmeneti 1293 ha-t, míg a faanyagtermelést nem szolgáló erdők 419 ha-t tesznek ki. A vágásos erdők az erdészet területének 44,4%-át teszik ki, amely 1727 ha-t jelent (WEB 10).

A Parkerdő mindennapjait meghatározza a térség turisztikában betöltött kiemelkedő szerepe is. Évente 25 millió látogató fordul meg a Zrt. működési területén. Kedvelt turisztikai célpont a Prédikálószeréki-kilátó, a Makovecz Imre-kilátó és a Pilisi Bioszféra Rezervátum is (WEB 7).

A természetvédelem szerves részét képezi a Pilisi Parkerdő tevékenységi körének. Ennek bizonyítéka a korábban említett természetközeli módszerekkel történő gazdálkodás és a Pilisi Bioszféra Rezervátum, amely 1981-óta foglalja össze a Pilis védett és fokozottan védett területeit (WEB 8).

Az erdőgazdaság kezelésében álló állami erdők 65 %-a természetvédelmi oltalom alatt áll és részét képezi a Duna-Ipoly Nemzeti Parknak, a Budai Tájvédelmi Körzetnek vagy a Gödöllői Tájvédelmi Körzetnek. Az erdőállományok jelentős hányada a NATURA 2000 hálózat része, összesen 41.464 ha (ZAMBÓ 2016).

A Zrt. vadgazdálkodási tevékenységei is az erdők ökológiai egyensúlyának megőrzésére, valamint minőségi vadállomány fenntartására irányulnak (WEB 9).

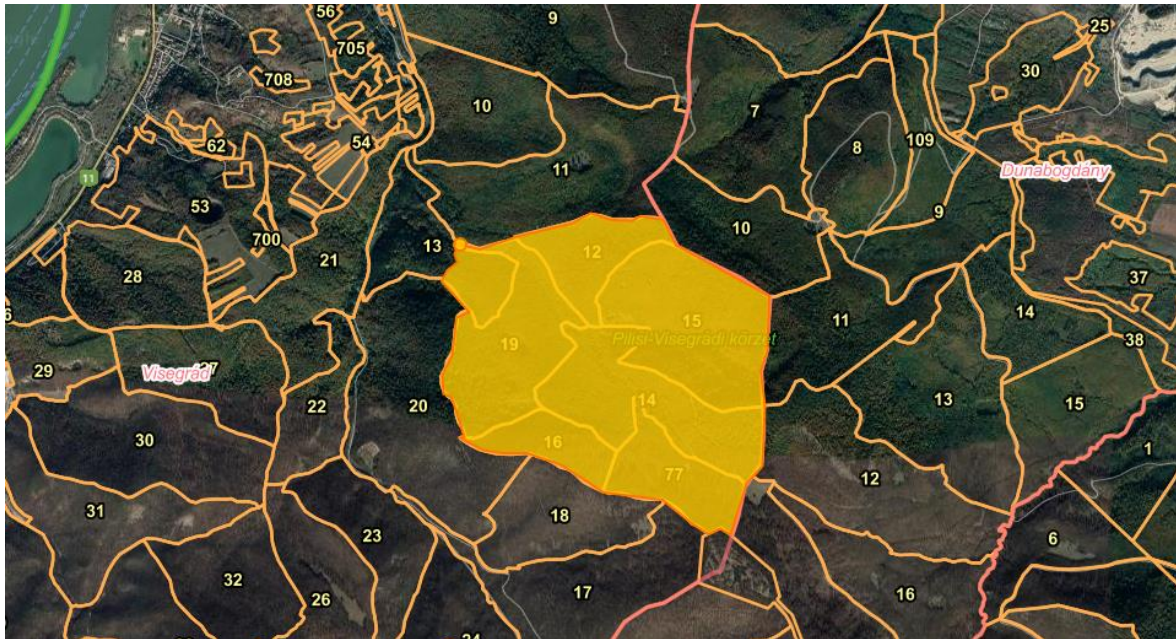
3.2.1. Folyamatos erdőborítás és a holtfa

A folyamatos erdőborítást biztosító erdőgazdálkodás és annak eszközei jól harmonizálhatók egyéb természetvédelmi, ökológiai célokkal. A szálankénti és csoportos beavatkozásokon alapuló erdőkezelés változatos szerkezetet és élőhelyet biztosít. A korábban említett, az erdő természetessége szempontjából fontos, vastag, odvas, korhadó fekvő és álló holtfák is jelen vannak az ilyen állományokban. Sőt az örökerdők holtfa mennyisége általában magasabb a vágásos erdőkénél (CSÉPÁNYI 2016).

A holtfa mennyiségét, valamint az élőhelyek diverzitását különböző elvek alkalmazásával növelhetjük, amelyek sok esetben kapcsolódnak az örökerdő-gazdálkodás egyéb alapelveihez is. Például, a lábonszáradt elhalt fák meghagyásával (*ha utat, turistautat, műszaki létesítményt nem veszélyeztet*), vagy a „*túltartott*” famatuzsálemek védelmével. Fakitermeléssel érintett területen, néhány vastagabb, rosszabb minőségű törzsdarab, vagy koronarész visszahagyásával (CSÉPÁNYI 2016).

3.2.2. Visegrádi Erdészet

Visegrád és a Dunakanyar (8. ábra) a hazai természetjárás és turizmus egyik legkedveltebb helyszíne. Évente 3-5 millió ember keresi fel a Visegrád környéki erdőket, kirándulás, túrázás, kikapcsolódás céljából. A Dunakanyar, a Visegrádi Fellegvár, az Apátkúti-völgyben fekvő Bertényi Miklós Fűvészkert és a páratlan természeti értékekkel rendelkező erdők kedvelt turistacélpontok (WEB 6).



8. ábra: A vizsgálati terület elhelyezkedése (Forrás: www.erdoterkep.nebih.gov.hu)

A Pilisi Parkerdő Zrt. gazdálkodásában ma már meghatározó jelentőséggel bíró folyamatos erdőborítást biztosító eljárások szempontjából is fontos helyszín Visegrád. A Parkerdő alapító vezérigazgatója dr. Madas László (1920-2009) erdőmérnök, elsőként a Visegrádi Erdészet területén végzett örökerdő-gazdálkodással kapcsolatos és a Pro Silva elveken alapuló kutatásokat (CSÉPÁNYI 2016).

A Visegrád 77/A erdőrészlet a hazai örökerdő-gazdálkodás korai előfutára. Madas László és munkatársai, 1954-ben a Visegrád 77/A erdőrészlet, akkor 100 éves bükkösére egy harminc évre szóló fatermesztési tervet készítettek, amelyet az „Ígéretes fákra” alapoztak.

Az állományokat nem termelték le 100-120 éves korukban, hanem a „javafákat” tovább gondozták, majd a faállományt fafaj, vastagság és minőség szerint csoportosították. Az így kapott eredményeket kiegészítették Pressler-fúróval vett csapok adataival, majd a koronaátmérő és a mellmagassági átmérő viszonyainak ismeretében megtervezték a fakitermelés ütemét.

A kitermelhető fák mennyiségét, a távlati élőfakészlet és növedék adatokat, valamint a felújult terület nagyságát. Így megvalósult a folyamatos erdőborítás, a megfelelő újulat fejlődés és kialakult egy természetközelibb gazdálkodás (CSÉPÁNYI 2016).

Az Erdőanyai-völgy bükkösei ma is büszkén viselik Madas László munkásságának nyomát és az általa kitaposott ösvényen haladnak a Parkerdő szakemberei napjainkban is (WEB 10).

Az elmúlt 50 év alatt az Erdőanyai szálalóvölgyben az egyes értékes fák átlagos fatérfogata a háromszorosára nőtt, 1,8 m³-ről 5,5 m³-re, valamint a terület 40 %-a természetes úton felújult. Elmondható, hogy az itt alkalmazott módszerek a Pilisi Parkerdő más erdészeteinél is a szakmai munka meghatározó elemeivé váltak (CSÉPÁNYI 2016).

A Visegrádi erdészet erdőállományainak kora 30,5%-ban 50 év alatti, 45%-ban középkorú (51-100 év) állomány, míg 30% időskorú (MAGASSY 2016).

A Visegrádi Erdészet területén évente 13-14 ezer m³ faanyagot termelnek ki (WEB 11), melynek során kíméletes technológiai eljárásokat igyekeznek alkalmazni. Ilyen technológia lehet például a (9. ábra) közelítő-csúszda is, vagy a fogatos és kötélpályás közelítés is.



9. ábra: Közelítő-csúszda Visegrádon (forrás: Szerző fotója)

3.3. A holtfa felmérés módszertana

A holtfa felmérésére alkalmazott különböző módszerek általánosan elfogadott célkitűzései, hogy a vizsgált területen található holt faanyag térfogatát, átmérő és korhadási fázis szerinti megoszlását megismerjük. Ugyanakkor fontos, hogy az eljárás megfelelően pontos becsléssel szolgáljon, hatékony és megismételhető legyen (ÓDOR 2005).

A fentiek fényében, a holt faanyag felmérésére az ÓDOR (2005) által kidolgozott, holtfával kapcsolatos vizsgálatokban széleskörben elterjedt és elfogadott szisztematikus felmérési módszertant használtam a saját adatgyűjtésem során is. A továbbiakban a terepi felmérés során alkalmazott eljárásokat, valamint azok elméleti és gyakorlati hátterét ismertetem. A holtfa felmérés során, a 209 hektáros vizsgálati területen összesen 195 db felvételi pont került kijelölésre, amelyek mindegyike egy 1 hektáros mintaterületet képvisel.

3.3.1. Fekvő holt faanyag becslése

A fekvő holtfa felméréséhez vonal menti mintavételt (*line intercept sampling*) alkalmaztam. A módszert WARREN ÉS OLSEN (1964) dolgozta ki a vágástéren visszamaradó apadék mennyiségének becslésére. Később az eljárás elveit, matematikai összefüggéseit és gyakorlati alkalmazhatóságát VAN WAGNER (1968) foglalta össze.

A vizsgálat során az előre meghatározott pontokra felállva, azokból adott irányba, adott hosszúságú vonalat húzunk, majd rögzítjük azon fekvő holtfák átmérőjét, amelyet a vonal metsz. Itt jellemzően csak egy minimum átmérőt meghaladó fák kerülnek rögzítésre, esetemben ez a minimum átmérő 5 cm volt. Fontos, hogy a mért és rögzített átmérő arra a pontra vonatkozik, ahol a vonal metszi az adott fát. Az így kapott átmérő adatokat felhasználva, az alábbi képlet (1.) segítségével a területre vonatkoztatott térfogat kiszámolható.

$$V = \frac{\pi^2 \sum d^2}{8L}$$

(1.)

Ahol, V az egységnyi területre eső térfogat, d a fák átmérője és L a vonal hossza. Az alkalmazás során az L és d mértékegysége meg kell, hogy egyezzen. Később a területre vonatkoztatott térfogatot is ebben a mértékegységben kapjuk meg. Tehát, ha a választott mértékegység méter, akkor a térfogat m^3/m^2 , amelyet 10.000-el szorozva megkapjuk V értékét m^3/ha -ban (VAN WAGNER 1968).

A módszer alkalmazása során az egydimenziós vonal az általa metszett fákból kétdimenziós felületeket metsz ki, merőleges esetén kört, egyébként ellipszist, amelyeket a felületen kiterítve térfogatként értelmezhetünk. A fa és a vonal által bezárt szöggel a felület fordítottan, a metszési valószínűség egyenesen arányos (*merőleges helyzetnél a legnagyobb a metszési valószínűség*). Ezt felhasználva, valamint feltételezve, hogy a fák dőlésiránya véletlenszerű, a felülethez tartozó térfogat a vonal hosszának és az összes átmérőnek a függvénye. A fák nem egyenletes dőlésirányából származó hiba csökkenthető, ha három egymással 60° -ot bezáró, egy pontból kiinduló vonallal végezzük a felmérést (VAN WAGNER 1968).

A Bükki Őserdő magterületén végzett elővizsgálatok eredményei alapján, a fekvő holtfa felvételezésére 60 m hosszú vonallal, 100 m-es rácshálóban (*hektáronként egy felvételi pont*) végzett felvétel elegendő lehet. A fák nem véletlen dőlésirányából származó hiba csökkentésére, 3 db egy pontból induló, 20 m hosszú vonallal dolgozunk, amelyek egymással 60° -os szöget zárnak be. Így megállapítható, a felvételi pont vonzáskörzetére vonatkoztatva a fekvő holtfa darabszáma, térfogata és ezek alapján az átmérő szerinti megoszlása. (ÓDOR 2005).

Az általam terepen végzett felvételezés általános gyakorlata a fentiek fényében, a következőképpen zajlott. Az előre kijelölt 100 m-es rácsháló pontjait térkép és GPS segítségével felkerestem, ott iránytű segítségével meghatároztam az északi irányt. Ezt követően mérőszalag segítségével kijelöltem 3 db 20 m hosszú vonalat (10. ábra), az elsőt északi irányba, majd a többit 60°-os és 120°-os irányba eltérve északról.



10. ábra: 20 méter hosszú felvételi vonal (Forrás: Szerző fotója)

Ezután átlaló segítségével megmértem minden olyan fát, amelyet a vonal metszett. Az átmérőt (*cm*) ott mértem, ahol a vonal metszette a fát, majd az értékét feljegyeztem. A fa nem került feljegyzésre, ha az átmérő nem haladta meg az 5 cm minimum átmérőt.

Az adatrögzítés során a 3 db vonalat gyakorlati megfontolásból elkülönítettem, de követve a kidolgozott módszertant, a feldolgozásnál egységesen kezeltem, egy 60 m-es vonalnak tekintve azokat. Abban az esetben, ha egy fát több vonal is metszett, azokat külön adatként rögzítettem.

Később a kiértékelés során pontonként kiszámítottam a 60 m-es vonalra vonatkozóan a holtfa felületre vonatkoztatott térfogatát (m^3/ha), 100 m-re vonatkoztatott darabszámát, a térfogat átmérő osztályok szerinti megoszlását, valamint a korhadási fázisok szerinti megoszlását, ezekről részletesen az eredmények fejezetben olvashatunk.

3.3.2. Álló holt faanyag becslése

Az álló holtfák jellemzően különböző magasságban eltört csonkok, így felületükre vonatkoztatott térfogatuk becslésére a csak vastagságon, illetve a felvevő ponttól mért távolságukon alapuló szögszámláló módszerek nem megfelelőek.

Felületre vonatkoztatott térfogat és egyedszám becslésére a kör alakú minterületen alkalmazott, mintaterület alapú mintavétel ajánlott. Így az előre kijelölt mintapontok körül adott távolságon belül található álló holtfák kerülnek felmérésre. A mintaterület adott sugara 20 m, a mintába kerülés feltétele egy minimális mellmagassági átmérő (*ha a facsonk ennél alacsonyabb, akkor minimális felső átmérő*) és egy minimális magasság elérése (ÓDOR 2005).

A fák térfogatát több mérés alapján, az alábbi képlet (2.) segítségével számolhatjuk. A fákat itt csonka kúpként kezeljük.

$$V = \frac{\pi(r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)h}{3}$$

(2.)

Ahol V a csonka kúp fa térfogata, h a fa magassága, r_1 az alsó sugár, r_2 a felső sugár.

Facsonk esetén a térfogatot két csonka kúp alapján számoljuk, megadva a facsonk sugarát az alapjánál, mellmagasságnál (1,3 m) és a tetején. Valamint mérjük a facsonk magasságát. A felső sugár a (3.) képlet szerint kiszámolható (ÓDOR 2005).

$$r = \frac{K \times DV}{100} \quad (3.)$$

Ahol, r a sugár (mértékegysége megegyezik a vízszintes távolsággal), K a tükrös relaszkópból leolvasott érték (a távolságot úgy megválasztva, hogy a 2-es sáv szélességénél kisebb legyen), DV a vízszintes távolság (ÓDOR 2005).

A koronás elhalt fák esetén a felső átmérő mérés nem szükséges, a magasságot addig a pontig mérjük, amíg a csúcshajtás szélessége már csak körülbelül 5 cm. És így 5 cm-es átmérővel számolunk, az ebből adódó hiba elhanyagolható (ÓDOR 2005).

A rácsháló pontjait a fekvő holtfa felmérésnél leírtak szerint felkerestem. A felvételi pontokon mérőszalag segítségével kijelöltem a pont 20 m sugarú körét és felmértem a mintakörbe eső minden olyan álló holtfát, amely magassága elérte a minimum 0,5 m-t, mellmagassági átmérője (vagy felső átmérője) meghaladta az 5 cm átmérőt.

Ezután mérőszalaggal mértem a facsonk területét (11. ábra) a talaj szintjében mérve (gyökérlábak kihagyásával), a mellmagassági (1,3 m) területét, mindkét esetben cm pontossággal, a kapott értékeket feljegyeztem.



11. ábra: Kerületmérés álló holtfa esetén (Forrás: Szerző fotója)

Ezt követően a felső sugár méréséhez leolvastam *K* értékét Bitterlich-féle tükrös relaszóp segítségével, és mértem a vízszintes távolságot. Végül meghatároztam a fa magasságát Suunto pm-5/1520 famagasságmérő segítségével. A koronás elhalt fáknál felső átmérőt nem mértem, a magasságot annál a pontnál határoztam meg, ahol a vezérhajtás átmérője körülbelül 5 cm-re csökkent.

3.3.3. Korhadási fázisok meghatározása

A korhadó faanyag állapotának terepi meghatározására különböző korhadás fázisokat különíthetünk el. A különböző rendszerek egymástól eltérhetnek, főként abban, hogy a fák milyen tulajdonságai alapján történik az egyes fázisok meghatározása (ÓDOR 2005).

Az általam használt 6 fázisú korhadási rendszer (ÓDOR ÉS STANDOVÁR 2003, ÓDOR ÉS VAN HEES 2004) hazai és nemzetközi kutatásokban is széleskörűen alkalmazott. Előnye, hogy terepen könnyedén és jól alkalmazható. Az egyes korhadási fázisokat az 2. táblázat tartalmazza. Az egyes fázisok szemléltető ábrái a 1. Mellékletben megtekinthetők.

2. táblázat: Korhadási fázisok és jellemzőik (forrás: ÓDOR 2005)

Korhadási fázis	Kéreg	Ágak	Faanyag puhasága	Faanyag felülete	Fa és talaj határa	Ø alakja
1	intakt, csak foltonként hiányzik, borítása >50%	megvannak	kemény, kés 1-2 mm-re hatol	sima, többnyire kéreggel fedett	éles	kör
2	hiányzik, vagy borítása <50%	csak 3 cm-nél vastagabbak	kemény, kés max. 1 cm-re hatol	sima	éles	kör
3	hiányzik	hiányzik	kezd puha lenni, kés 1-5 cm-re hatol	sima, vékony repedések	éles	kör
4	hiányzik	hiányzik	puha, kés 5 cm-nél mélyebbre hatol	vastag repedések, kis darabok hiányoznak	éles	kör vagy ellipszis
5	hiányzik	hiányzik	puha, kés 5 cm-nél mélyebbre hatol	nagyobb darabok hiányoznak	részben elmosódott	lapos ellipszis
6	hiányzik	hiányzik	puha, kés 5 cm-nél mélyebbre hatol	faanyag megjelenése szigetszerű, humifikálódott	elmosódott	teljesen lapos vagy lapos ellipszis

A korhadó faegyedek besorolása a különböző korhadási fázisokba sokszor szubjektivitással terhelt. Ennek okai, hogy különböző szempontok alapján különböző fázisokba sorolható egy fa, olykor a fa eltérő részei más-más fázisba tartozik. Ez utóbbit az általam is alkalmazott mintavételi eljárás kiküszöböli, hiszen a fázisok meghatározása ott történik, ahol a vonal metszi az adott korhadó holtfát (ÓDOR 2005).

Az eltérő szempontok alapján történő esetlegesen hibás korhadási fázisba sorolás néhány gyakorlati terepi felmérés során alkalmazott elv segítségével minimalizálható. Ilyen lehet például a fa puhasága. Az 1-2-3-as fázisok esetén elsőként a fa puhaságát állapítjuk meg (*a korhadó faanyag puhaságát egyes gombafajok befolyásolhatják: pl. Pyrenomyces, Eutypa fajok*), ha a fa kemény akkor megvizsgáljuk a rajta található kérget és az alapján soroljuk az 1. vagy 2. fázisba. Ha a fa helyenként kemény, helyenként puha, akkor 3. fázis, ha egészében puha, akkor 4. fázis.

Bizonyos fafajok esetében a kéreg jelenléte nem mérvadó (*pl. közönséges nyír - Betula pendula*), ilyenkor a fa puhasága a döntő. A fa puhaságát terepen a késhegy behatolásának mértékével állapítottam meg.

A 4. fázistól felfelé haladva, a faanyag már puhának tekinthető, így a 4-5-6 fázisok közötti besoroláshoz a fa keresztmetszetét és annak alakját kell megvizsgálni. A 4. fázisba sorolhatjuk azon fákat, amelyek keresztmetszete még kör alakúnak tekinthető, élesen elhatárolható a környezetétől. Az 5. fázisba tartoznak azok, ahol a fa keresztmetszete ellipszis, kisebb-nagyobb részek hiányoznak belőle, a fa körvonalai, határai helyenként nehezen láthatók, de a talajból még kiemelkedik. A 6. fázisban a fa már alig emelkedik ki a talajból, a fa és a talaj határa elmosódott, nagyobb részek már eltűntek belőle (ÓDOR 2005).

A terepi felmérés során, ha a különböző szempontok alapján nagyon eltérő fázisokba lehetett csak besorolni az adott fát, akkor egyfajta köztes megoldásra törekedtem.

3.3.4. A terepi adatgyűjtés (*Epicollect5 mobiltelefonos applikáció*)

A fent megismert felvételezési módszertan mellett a terepi adatfelvételezés egyik legfontosabb eleme volt egy *Android* operációs rendszeren futó adatgyűjtő mobiltelefonos applikáció, amely gyorsabb és pontosabb adatrögzítést tett lehetővé, valamint az adatok későbbi feldolgozását is megkönnyítette.

Az *Epicollect5* egy olyan mobil webes adatgyűjtő és rögzítő alkalmazás, amellyel regisztráció után létrehozhatunk saját projekteket, melyeket teljes mértékben személyre szabhatunk. Később a felvett adatokat megtekinthetjük, szerkeszthetjük, importálhatjuk.

A terepi munka során három projektet hoztam létre eltérő paraméterekkel. A fekvő holtfa esetében a projekt változói a következők voltak: A mintapont száma, az átmérő, a korhadási fázis, a fafaj és egy megjegyzés rovat. A fekvő holtfa felmérésére szolgáló projektből egy szemléltető kép alább látható (12. ábra).

Az álló holtfa esetében hasonlóan jártam el, a módszertanból adódóan itt más paraméterek kerültek megadásra. A harmadik projektben a felmérés során egyeléssel megtalált védett, Natura 2000 jelölő, vagy egyéb szempontból érdekes rovarfajok kerültek feljegyzésre.

Az *Epicollect5* megkönnyítette a terepi adatrögzítést, hiszen a papír alapú feljegyzésnél gyorsabb adatfelvételt tett lehetővé. A projekten belül az előre megadott paramétereket csak be kellett gépíteni az alkalmazásba.



Transzekt (szám/vonal)	7b
Atmero (cm) fekv.	18
Korhadási fázis	3
Fafaj	B
Megjegyzés	No answer given

12. ábra: *Epicollect5* egy felvételi jegyzőkönyve (Forrás: Szerző fotója)

A későbbi adatfeldolgozás során az alkalmazásból az adatokat a kívánt formátumban importáltam, így rögtön excel fájlként tudtam azokat kezelni. A szoftverből kinyert, az adatokat tartalmazó excel adattábla nem volt rögtön használható formátumban, ugyanakkor így is nagyban megkönnyítette a további feldolgozást, hogy nem kellett papírról a számítógépre felhordani a felvett terepi adatsorokat.

3.3.5. A terepi adatgyűjtés eszközei

A holtfa felmérés elengedhetetlenül szükséges eszközeinek egy részét, már korábbi fejezetekben felsoroltam. Most ezen eszközöket részletesen felsorolom (13. ábra).

- 1.: *Bitterlich-féle tükrös relaszkóp*: a felső átmérő méréséhez.
- 2.: *Trimble Juno 3B*: a mintapontok GPS-es felkereséséhez, tájékozódáshoz.
- 3.: *Térkép a vizsgálati területről*: a tájékozódáshoz.
4. *Nagyméretű átlaló*: a fekvő holtfák átmérő méréséhez.
5. *20 méteres mérőszalag*: felvételi vonalak kijelöléséhez, álló holtfák kerület méréséhez, távolság meghatározásához felső átmérő mérés esetén
6. *Suunto PM-5/1520 famagasságmérő*: álló holtfák és facsonkok magasság méréséhez
7. *Okostelefon és Epicollect5 applikáció*: adatok gyűjtéshez, fotók készítéséhez.
8. *Kés*: korhadási fázisok megállapításához.



13. ábra: Felvételezés során használt eszközök

3.4. Kiértékelés módszertana

A kiértékelés során a fent említett képletek segítségével minden felvételi pontra meghatároztam az elhalt faanyag mennyiségét (m^3/ha), valamint a teljes vizsgálati területre a viszonyított átlagos (*számtani közép*) összesített mennyiséget, a fekvő és álló holt faanyagot együtt kezelve.

A kapott adatokat mintapont és erdőrészlet szinten vizsgáltam. Az összesített mennyiségi adatot összehasonlítottam az európai erdőkben mért szakirodalmi eredményekkel. Fafaj és faállomány típus szinten is vizsgáltam a holtfa felmérés eredményeit. Ezután a fekvő és álló holtfa adatokat külön kezeltem. Megvizsgáltam azok mennyiségi és minőségi mutatóit. A felvett fekvő holtfát átmérőosztályokba soroltam és megállapítottam a különböző átmérőosztályok arányait, az egész mintaterületre és az egyes felvételi pontokra viszonyítva.

Az átmérő osztályok mellett, a terepen megállapított korhadási fázisok alapján megállapítottam a legnagyobb arányban előforduló korhadtsági szintet és azok százalékos arányait is vizsgáltam. A vizsgálat során egyeléssel előkerült védett fajokat felsoroltam, röviden ismertettem azok kapcsolatát a holtfával. A kiértékelés során a diagramok elkészítéséhez Microsoft Excel programot használtam.

4. Eredmények

4.1. A holtfa összesített mennyisége

Az adatgyűjtés során 1917 db fekvő és 101 db álló holtfa került felmérésre. A módszertan sajátosságai miatt, a felmért fekvő holtfa darabszámban többször mért faegyedek is lehetnek.

A teljes vizsgálati területre megállapított átlagos hektáronkénti holtfa mennyiség $36,56 \text{ m}^3/\text{ha}$, az álló és a fekvő holtfa együttesen adja az összes holtfát. Az összesített holtfa adatok szórása $34,08 \text{ m}^3/\text{ha}$, míg mértani közepe $30,55 \text{ m}^3/\text{ha}$ volt. A minta módusza $12,05 \text{ m}^3/\text{ha}$ mediánja $25,46 \text{ m}^3/\text{ha}$.

A legtöbb holtfa a 174-es felvételi ponton volt, $262,74 \text{ m}^3$, ezt követte a 7-es felvételi pont $202,61 \text{ m}^3$ -rel (14. ábra). A legkevesebb holtfa, a 18-as ponton volt $3,19 \text{ m}^3$, a 87-es ponton alig több $3,29 \text{ m}^3$. Ezen két mintapontokon a felvételezés során nagyon kevés, kis átmérőjű fekvő holtfát találtam és egyetlen álló holtfa sem esett a 20 méter sugarú felvételi körbe.



14. ábra: 174-es mintapont holtfa viszonyai (Forrás: Szerző fotója)

Ha a holtfa eloszlását fatérfogat szerinti osztályokba sorolva vizsgáljuk megállapítható, hogy a legtöbb mintaponton 31-40 m³ közötti holtfa mennyiség volt. Míg a 91-100 m³ közötti osztályból volt a legkevesebb (15. ábra).



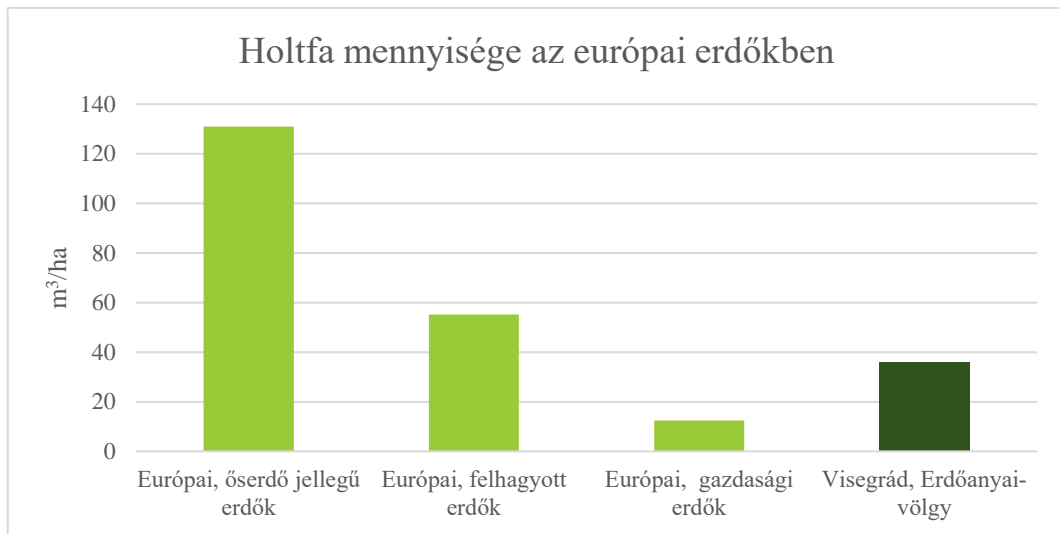
15. ábra: Mintapontok darabszáma holtfa mennyiségi osztályok szerint

Az általam kapott m³/ha értéket külföldi és hazai irodalmi adatokkal hasonlítottam össze. Az adatokat három „kategóriához” rendeltem ÓDOR (2014) által ismertetett módon. Az emberi hatás erőssége alapján: I. kezelt állományok, II. őserdő jellegű állományok. III. felhagyott állományok.

Az egyes kategóriákban szereplő erdőállományok holtfa mennyiségeit átlagoltam és ezekhez viszonyítottam a visegrádi felmérés eredményeit. Az európai erdőkre vonatkozó holtfa adatokat ÓDOR (2014) összefoglaló munkája alapján átlagoltam.

Ahogy az látható, (16. ábra) az általam felmért érték jóval az őserdő jellegű állományok átlagos értéke alatt marad, valamint a felhagyott állományok 55,22 m³/ha-os eredményétől is alacsonyabb holtfa mennyiséget mutat. Ugyanakkor, a gazdasági erdők holtfa mennyiségénél 23,69 m³/ha-al nagyobb az Erdőanyai-völgy átlagos holtfa ellátottsága.

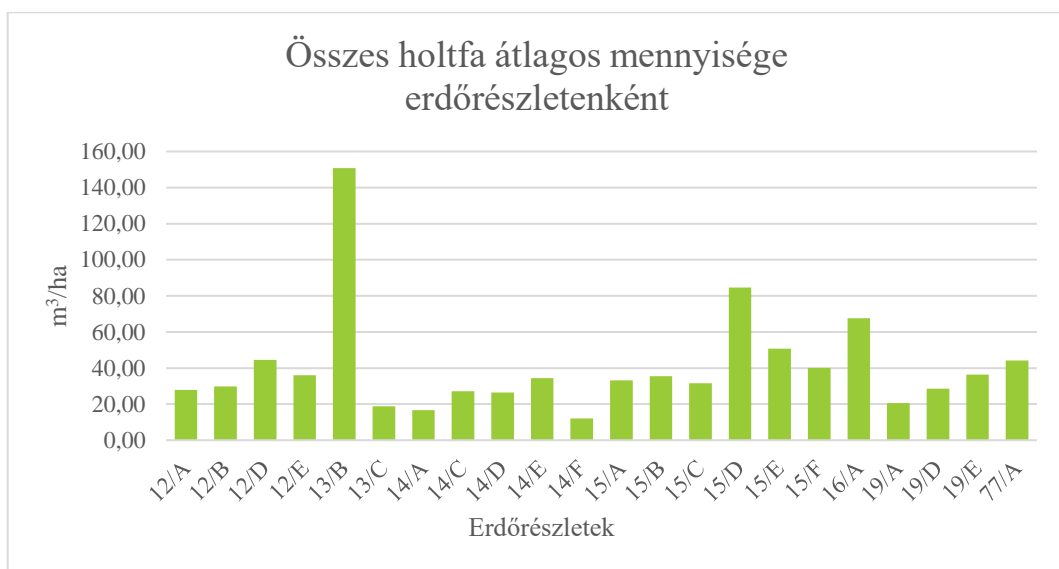
A gazdasági erdők holtfa ellátottságánál sokkal jobb képet mutat a visegrádi vizsgálati terület, és alig marad el például a Szalafői erdőrezervátum magterületén mért 48,43 m³/ha-os értéktől (DOBOS 2014).



16. ábra: Holtfa mennyisége az európai erdőkben

A mintaterület holtfa viszonyait erdőrészlet szinten is vizsgáltam, összesen 22 erdőrészlet (és három tisztás) található az általam vizsgált területen. Az erdőrészletek összesített holtfa mennyiségeit a bennük található mintapontok m³/ha adatainak átlagolásával állapítottam meg.

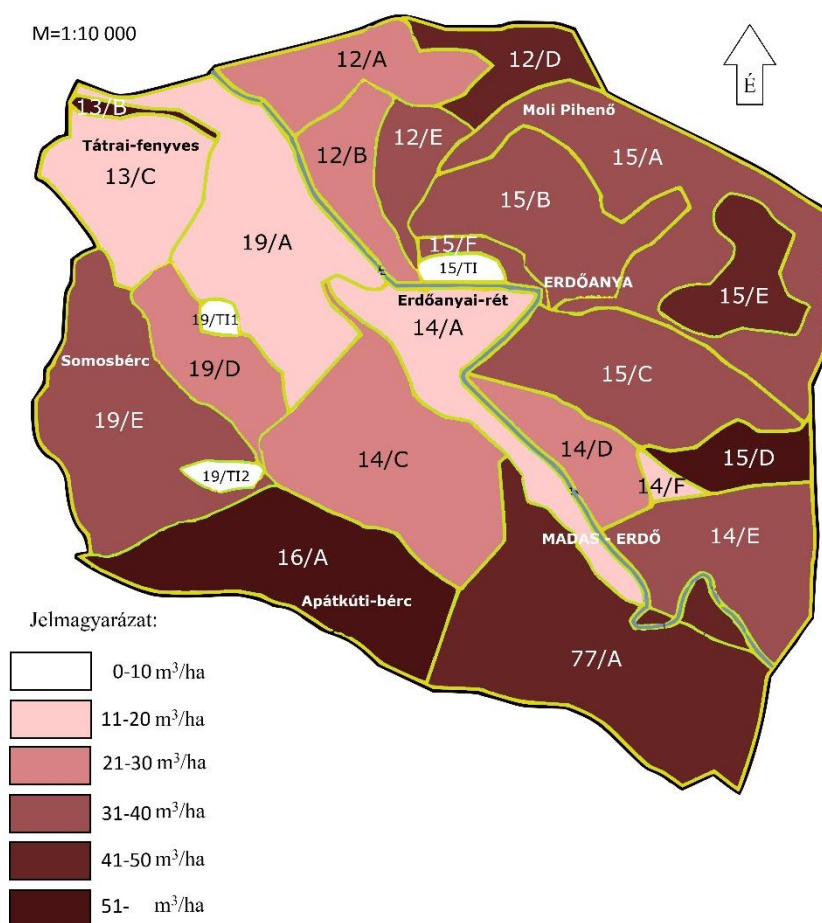
A legnagyobb érték a 13/B erdőrészlethez köthető (150,81 m³/ha), ezt követi a 15/D erdőrészlet 84,68 m³/ha-os értékkel. A legkevesebb holtfa a 14/F erdőrészletben volt 12,02 m³/ha, szintén alacsony értéket kaptam a 14/A erdőrészletnél is, 16,59 m³/ha (17. ábra).



17. ábra: Összes holtfa átlagos mennyisége erdőrészletenként

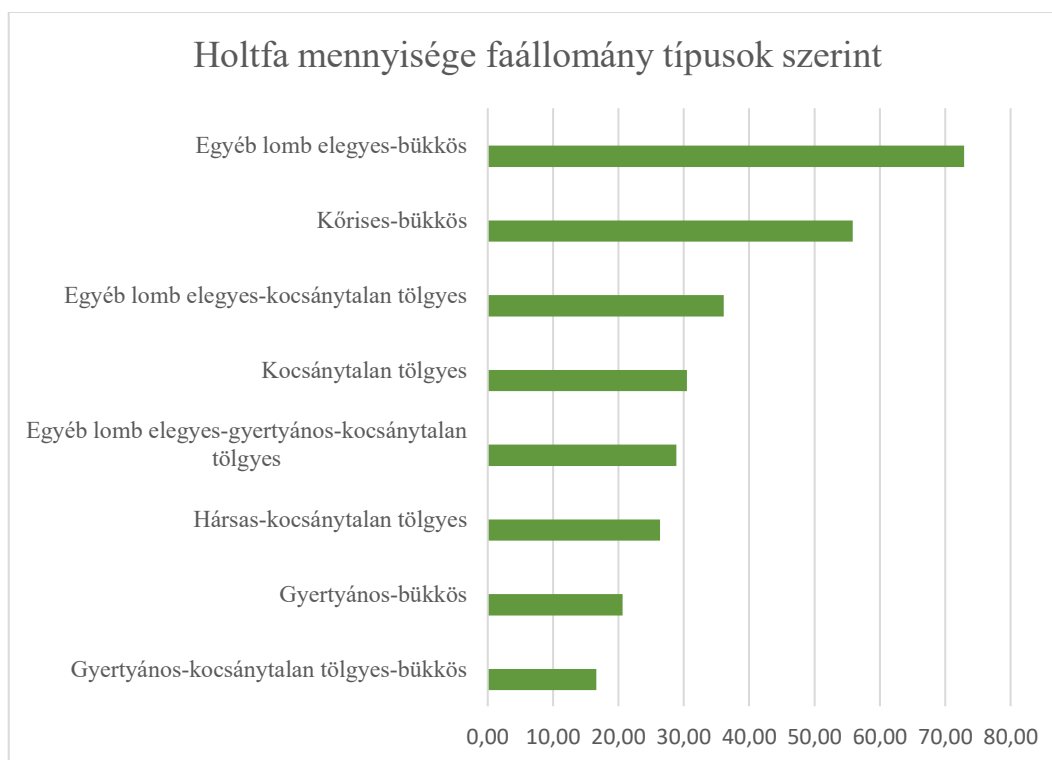
A holtfa mennyiségi eloszlása érdekes képet mutat, ha azt erdőrészetek szerint vizsgálva térképen ábrázoljuk (18. ábra). Az eltérő színek eltérő holtfa mennyiségi osztályokat jelölnek. A sötétebb színek nagyobb m^3/ha holtfa értéket jellemeznek az adott erdőrészletben.

A térképen látható, hogy a világosabb színű, legkevesebb holtfát tartalmazó 14/F, 14/A, 13/C és 19/A erdőrészetek, valamint a következő, 21-30 m^3/ha közötti osztályba sorolható a 14/D, 14/C, 12/A, 19/D és a 12/B erdőrészlet egymással érintkeznek, szomszédosak. Ugyanez mondható el a sötétebb színnel jelölt, nagyobb mennyiségű holtfával rendelkező erdőrészetekről is.



18. ábra: Erdőanyai-völgy erdőrészeinek holtfa viszonyai (Forrás: Saját ábra)

Az összes holtfa mennyiségének alakulását faállomány típusok szerint vizsgálva látható (19. ábra), hogy a legtöbb holtfa az egyéb lomb elegyes-bükkös állományokban volt. Az ide sorolt három erdőrészlet egyike a 13/B, amelyben a kimagaslóan magas m^3/ha értéket mértem. A legkevesebb holtfa a Gyertyános-kocsánytalan tölgyes-bükkös típusban volt, amelybe csak egy erdőrészlet, a 14/A sorolható.

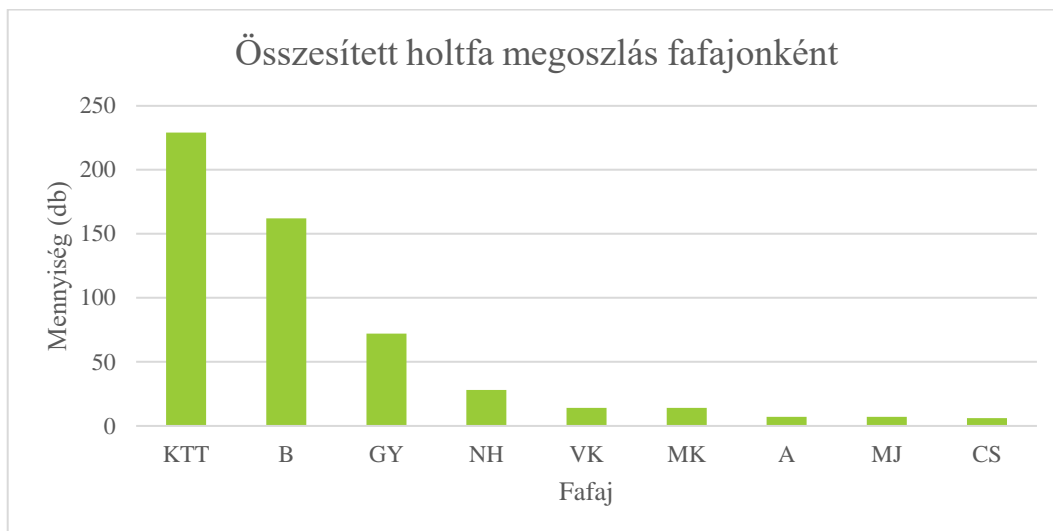


19. ábra: Holtfa mennyisége faállomány típusok szerint

Az erdőrészletek Tag/Részlet jelölését és faállomány típusát az 2. Melléklet tartalmazza. Nyolc eltérő faállomány típust különböztethetünk meg a mintaterületen, a fő állományalkotó fajok a kocsánytalan tölgy és a bükk, mellettük a gyertyán és a kőris jelenléte kiemelendő.

A faj nem minden esetben került meghatározásra csak, ha az nagy bizonyossággal megállapítható volt (*pl. kéreg alapján*). Az 1917 felmért fekvő holtfából 474 esetben lehetett a fajt megállapítani. Míg az álló holtfák esetében a rögzített 101 fából 93 db-nál volt beazonosítható a faj. Az összes holtfára vonatkozó faj adatokat az 20. ábra tartalmazza.

Az álló és fekvő holtfát is tartalmazó összesített adatok alapján a leggyakoribb faj a kocsánytalan tölgy volt, összesen 229 db. A második legnagyobb darabszámmal előforduló faj a bükk volt 162 darabbal, a harmadik a gyertyán 72 egyeddel.



20. ábra: Összesített holtfa megoszlás fajokonként

A holtfa felmérése során összesen 18 faj elhalt egyedeit lehetett beazonosítani. A fajnevek rövidítését és az egyes fajok darabszámait a 3. táblázat tartalmazza (A fajajkódok rövidítései a 3. Mellékletben láthatók.)

3. táblázat: Fajajok és darabszámaik

Fafaj	db
KTT	229
B	162
GY	72
NH	28
VK	14
MK	14
A	7
CS	6
MJ	7
BABE	2
EF	3
HJ	3
HSZ	1
HUSOM	2
KH	1
KJ	3
MCS	6
VF	6

4.2. A fekvő holtfa

4.2.1. A fekvő holtfa mennyisége

A fekvő holtfa mennyisége meghatározta az összesített holtfa adatok főbb jellemzőit. Ennek köszönhetően a legtöbb fekvő holtfa, az összesített listát is vezető, 174-es mintaponton volt, ugyanígy a legkevesebb fekvő holtfát tartalmazó 18-as mintapont is megegyezik az összesített adatokkal.

Nyolc mintaponton volt 100 m³/ha feletti a fekvő holtfa mennyisége. Ezen mintapontok közös jellemzője, hogy mindegyikükben több nagyobb átmérőjű fekvő holtfa is volt, vagy sok közepes 20-30 cm átmérőjű törzs. A 100 m³/ha feletti mintapontok jellemző adatait a 4. táblázat tartalmazza. Összesen 23 db mintaponton volt 10 m³/ha alatti a fekvő holtfa mennyisége. Ezen mintapontokon jellemzően kevés fekvő holtfa volt, melyek mind 5-15 cm átmérő között. A legkevesebb fekvő holtfával rendelkező 18-as mintaponton például csak 3 db fekvő holtfa volt, 7 cm-es átlagos átmérővel.

4. táblázat: A legtöbb fekvő holtfát tartalmazó mintapontok és fő adataik

Mintapont száma	Átlagos átmérő (cm)	Legnagyobb átmérő (cm)	Fekvő holtfa (db)	Fekvő holtfa (m ³ /ha)
7	31	64	8	202,61
44	13	62	14	106,37
74	19	54	10	122,03
141	14	70	16	153,74
142	13	52	19	112,72
163	28	52	8	165,38
173	17	32	15	109,55
174	30	58	11	260,93

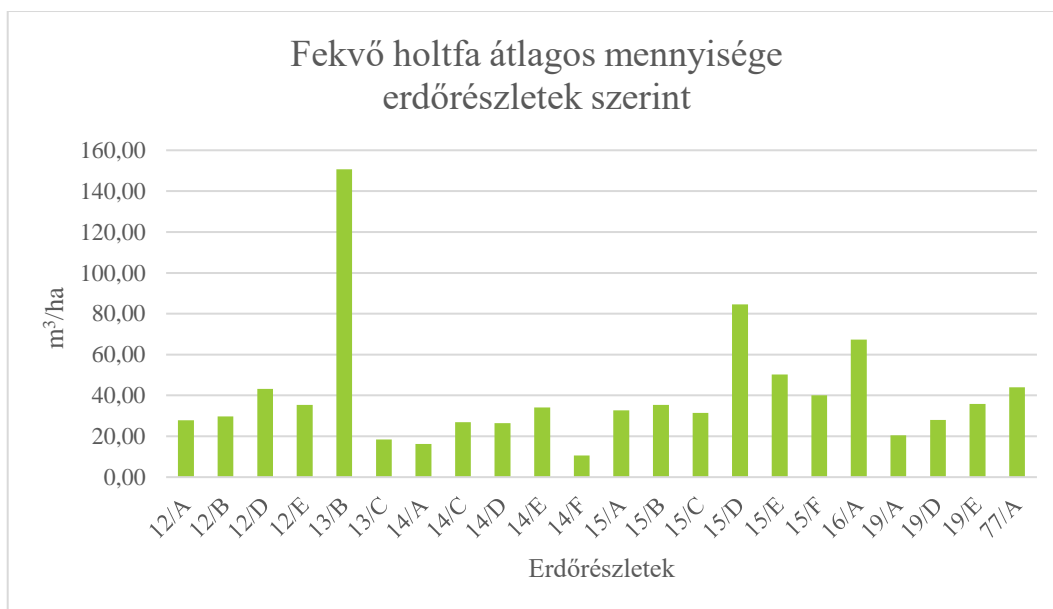
Mennyiségi osztályok szerint, a legtöbb mintaponton 31-40 m³/ha-os fekvő holtfa volt és csak három mintaponton volt 91-100 m³/ha fekvő holtfa. A fő eltérés az összesített mennyiségi osztályokat tartalmazó 17. ábra és a fekvő holtfa mennyiségi osztályokat tartalmazó 21. között, a 11-20 m³/ha holtfát tartalmazó mintapontok darabszámában található.

Elmondható, hogy az álló holtfa adatok hozzáadása leginkább ezen osztály darabszámának növekedését okozta.



21. ábra: Mintapontok darabszáma fekvő holtfa mennyiségi osztályok szerint

Erdőrészlet szinten a legtöbb fekvő holtfa a 13/B részletben volt. A legkevesebb fekvő holtfa a 14/F erdő részletben volt, az összesített és fekvő holtfa mennyiségi adatok alig különböznek egymástól, mivel az álló holtfa igen kis mértékben befolyásolta a teljes mennyiséget. Fekvő holtfa erdő részlet szerinti megoszlását a 22. ábra szemlélteti.



22. ábra: Fekvő holtfa átlagos mennyisége erdő részletek szerint

4.2.2. A fekvő holtfa minősége

4.2.2.1. Fafaj szerinti megoszlása

A fekvő holtfa mennyiségi jellemzői mellett, nagyon fontosak annak minőségi tulajdonságai. Ezek közül három fő tulajdonságot vizsgáltam: a fekvő holt faanyag fafaját, méreteit (*átmérő*) és azt, hogy lebomlási folyamat mely stádiumában van (*korhadási fok*).

A holt faanyag faj szintű beazonosítása nem könnyű feladat. Csak bizonyos esetekben állapítható meg, sokszor a korhadás olyan előrehaladott, hogy kéregről vagy habitusról már nem határozható meg a fafaj. Vannak olyan speciális esetek, amikor a körülmények segítenek beazonosítani a fafajt. Például egy letört ág helyzetéből, fekvéséből, a törési felületből és a fennmaradó állományból megállapítható a fafaj. Vagy bizonyos esetekben a fekvő holtfa az adott ponton, ahol a felvételi vonal metszi, nem beazonosítható, de egy távolabbi ponton még igen.

A fekvő holt faanyag felvételezése során 473 esetben volt megállapítható a fafaj. Döntő hányadban kéregről történt a határozás, ha ez nem volt megoldható, akkor a fent említett módszerek segítségével. A három leggyakoribb fafaj a kocsánytalan tölgy (*184 db*), a bükk (*138 db*), a közönséges gyertyán (*67 db*) volt a fekvő holtfát tekintve. Összesen 18 különböző fafaj egyedeit tudtam meghatározni a felmérés során.

4.2.2.2. Átmérő szerinti megoszlása

A felmérés során 5 cm-es minimum átmérővel dolgoztam, így csak az 5 cm-t elérő fekvő holtfák kerültek felvételezésre. A fekvő holt faanyagot átmérőosztályok szerint vizsgálva (*23. ábra*) látható, hogy a legkisebb osztályból az 5-10 cm-es átmérők közötti fekvő holtfából volt a legtöbb, összesen 1256 db.



23. ábra: Fekvő holtfa átmérőosztályok szerinti megoszlása

A darabszám a magasabb átmérő osztályok felé haladva folyamatosan csökken, a legnagyobb osztályba már csak 4 egyed sorolható. A maximális átmérő 70 cm volt, ebből 2 darabot is felmértem (24. ábra).

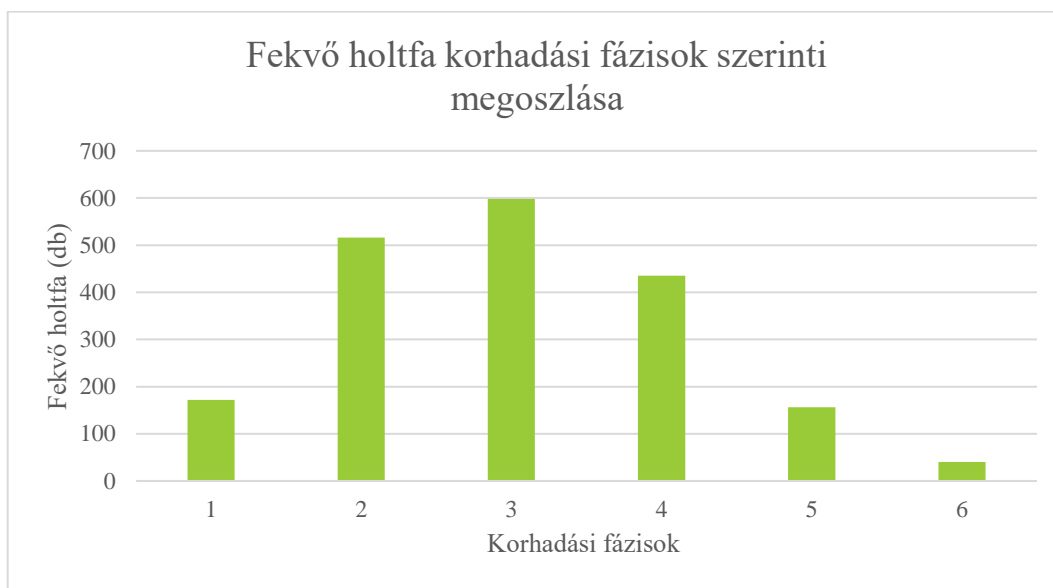


24. ábra: 70 cm átmérőjű fekvő holtfa

4.2.2.3. Korhadási fázis szerinti megoszlása

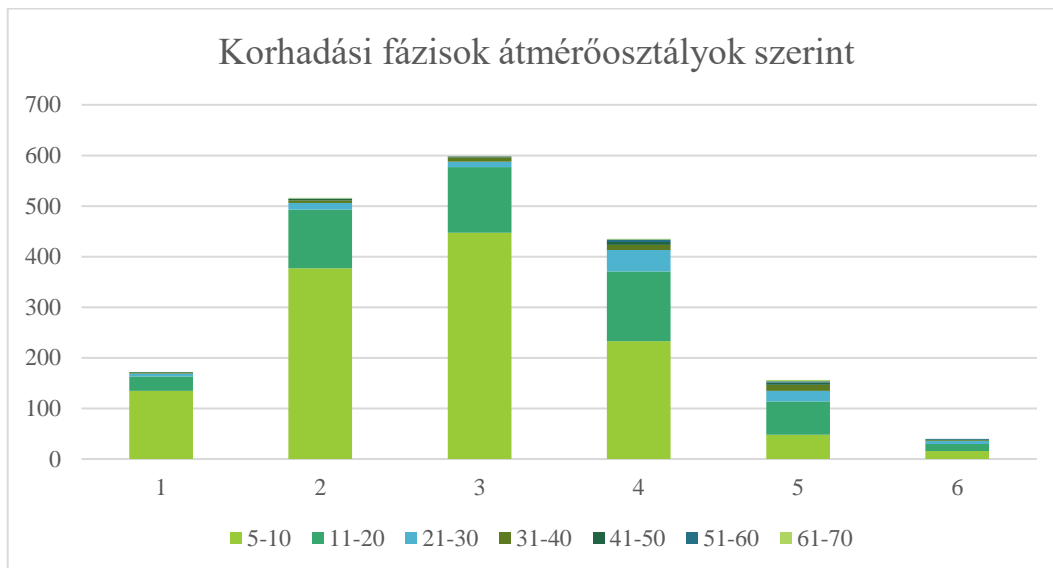
A fekvő holtfa méretei mellett, a másik fontos minőségi jellemző a korhadtsági fok. Ezt az anyag és módszertan fejezetben részletezett 6 fokozatú skála alapján mértem fel. Az általam használt 6 fázisú korhadási rendszer (ÓDOR ÉS STANDOVÁR 2003, ÓDOR ÉS VAN HEES 2004) előnye, hogy terepen könnyedén és jól alkalmazható.

A 25. ábra látható, hogy a 3. korhadási fázisban volt a legtöbb faegyed (*568 db*) a 2. fázisban valamivel kevesebb (*516 db*). A 4. korhadási fázisban is jelentős mennyiségű holtfa volt (*435 db*), míg a 6. fázisban volt a legkevesebb (*40 db*).



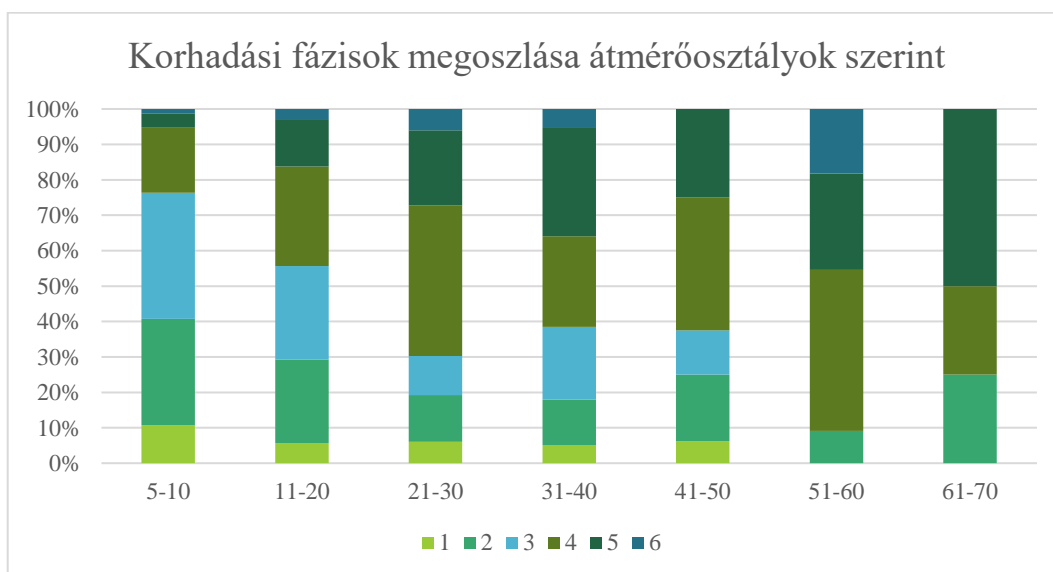
25. ábra: Fekvő holtfa korhadási fázisok szerinti megoszlása

Ha az átmérő csoportokat és a korhadási fázisokat együttesen vizsgáljuk, akkor látható, hogy az összes fekvő holtfa jelentősebb hányadát, a kisebb átmérőjű közepes, vagy korai korhadási fázisú faanyag teszi ki (26. ábra).



26. ábra: Korhadási fázisok átmérőosztályok szerint

Ugyanakkor, a 31-40 cm átmérőosztálytól felfelé haladva, a korhadási fázisok is emelkednek. Ezen átmérőosztály felett a 4. 5. és 6. korhadási fázisok aránya nagyobb (27.). A 41 cm feletti osztályok esetében érdekes a 2. korhadási fázis jelenléte. Ennek magyarázata lehet, hogy sok nagyméretű törzs is volt, amely láthatóan a közelmúltban történt fahasználat, fadöntés eredménye. Így még „jó állapotban” lévő törzsek is megjelentek a magasabb átmérőosztályban.



27. ábra: Korhadási fázisok megoszlása átmérőosztályok szerint

4.3. Az álló holtfa

4.3.1. Mennyisége

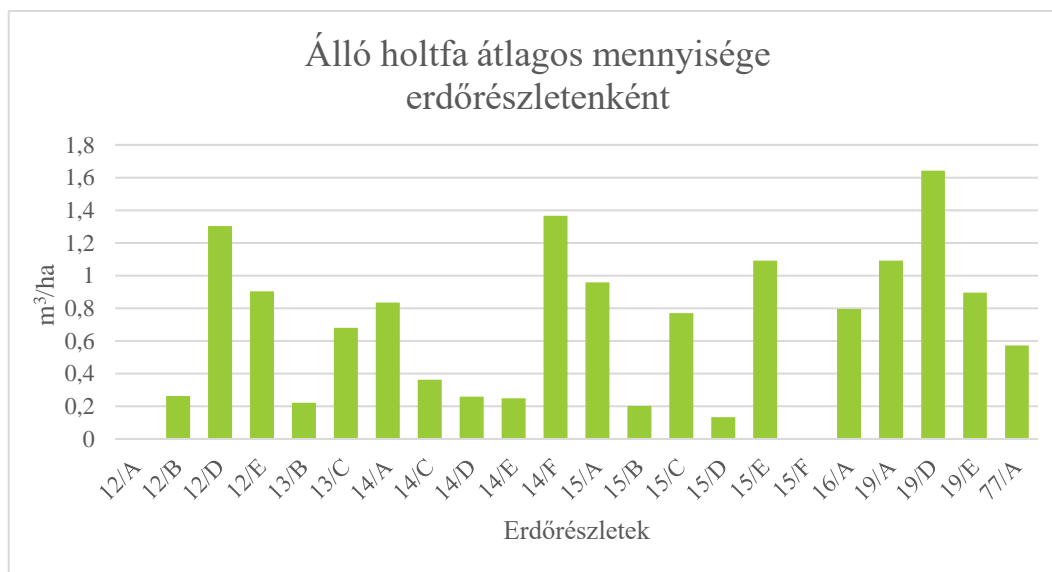
Az álló holtfa felvételezés 20 méter sugarú mintakör segítségével történt. Összesen 101 álló holtfa került felmérésre, 62 mintaponton.

Mindösszesen 3 db alacsony törzscsonk volt (*1 méternél alacsonyabb*), az álló holtfák átlagos magassága 6,3 méter. A legmagasabb egy 14 m magas bükk volt. Míg az átlagos mellmagassági kerület eléri a 121 centimétert, amely közelítőleg 38 cm mellmagassági átmérőnek felel meg.

A 195 felvételi pontból csak 62 mintaponton esett álló holtfa a felvételi mintakörben. Az álló holt faanyag összesített mennyisége 55,16 m³ volt, amely 0,28 m³/ha-os átlagos értéket jelent. A legnagyobb fatérfogat a 12-es mintaponton volt 2,84 m³. Ezzel együtt összesen 6 mintaponton haladta meg az álló holtfa mennyisége a 2 m³-es értéket. A legkevesebb fatérfogatot a 102-es mintaponton mértem 0,03 m³-t.

A legtöbb álló holtfa (*8 db*) a 30-as mintaponton volt, a 14-es mintaponton 6 db. Azon mintapontokon, ahol volt álló holtfa, jellemzően 1 db volt (*48 mintaponton*), de négy mintaponton a számuk elérte a 3 darabot, 14 mintaponton pedig a 2 darabot.

Erdőrészlet szinten vizsgálva az álló holtfa mennyiségét (28. ábra) látható, hogy a 19/D részletben volt a legtöbb, 1,64 m³/ha. Két erdő részletben, 12/A és 15/F nem volt egyetlen álló holtfa sem a felvételi pontokon.

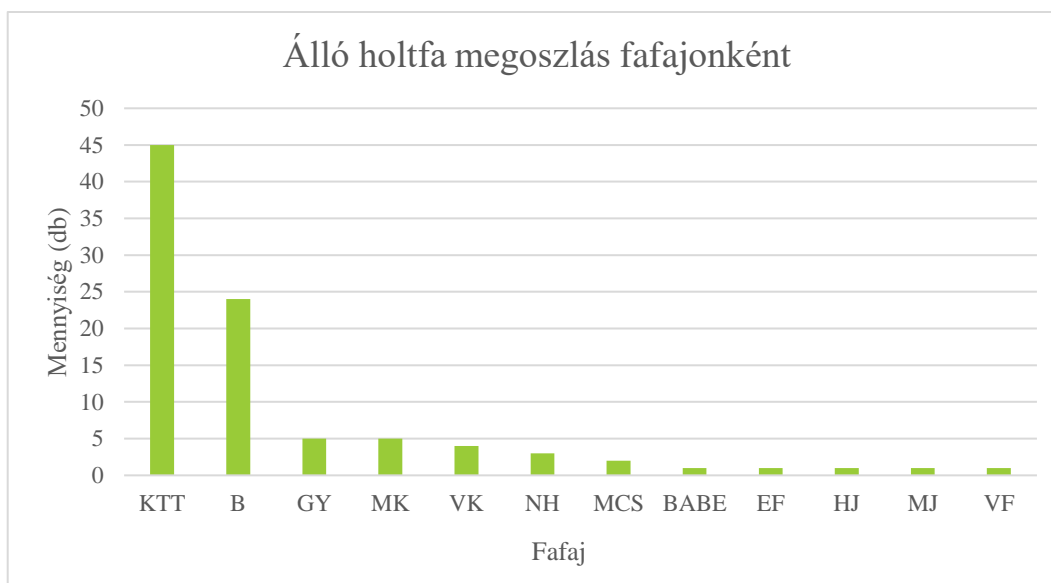


28. ábra: Álló holtfa átlagos mennyisége erdő részletenként

4.3.2. Minősége

4.3.2.1. Fafaj szerinti megoszlás

Az álló holt faanyag esetében a 101 felmért fából 93 esetben lehetett a fajtát nagy bizonyossággal megállapítani. A fekvő holtfához viszonyítva itt jóval könnyebben lehetett beazonosítani az egyedeket, kéregről, habitusról, elszáradt levélről vagy hajtásról.



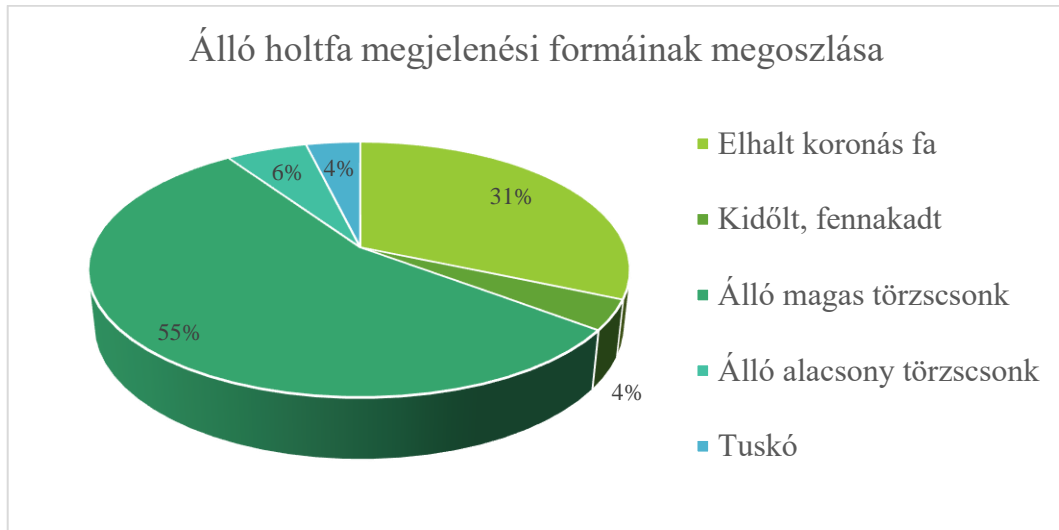
29. ábra: Álló holtfa megoszlás fafajonként

A fekvő holtfa adatokkal megegyezően, az álló holtfák esetén is a leggyakoribb fafaj a kocsánytalan tölgy volt, amelyből 45 db került felmérésre. Ezt követte a bükk 24 db, majd a közönséges gyertyán és a magas kőris 5-5 db. Összesen 12 fafaj egyedét mértem fel álló holtfaként (29. ábra).

4.3.2.2. Megjelenési forma szerinti megoszlás

A 2.2 fejezetben taglalt, SZMORAD ÉS MTSAI (2013) tipológiájára alapozott felosztás szerint a tuskók is az álló holtfák közé sorolhatók. Ugyanakkor az általam használt felvételi módszertan a tuskókra nem alkalmazható. A felmért tuskók a holt faanyag mennyiségi (m^3/ha) értékeibe nem számítanak be. Mivel, a vizsgálat során a tuskók csak feljegyzésre kerültek, de paramétereiket nem állapítottam meg. Az álló holtfa megjelenési formái között viszont szerepeltettem azokat.

Az öt típus arányait szemléltető 30. ábra látható, hogy az álló holtfák több, mint fele álló magas törzscsonk volt (31. ábra). Szintén magasabb volt az elhalt, de még koronával rendelkező fák aránya is 31 %, ami 33 db fát jelentett. A három másik típus aránya jóval alacsonyabb volt.



30. ábra: Álló holtfa megjelenési formáinak megoszlása



31. ábra: Álló magas törzscsonk a 188-as mintaponton, 77/A erdőrészlet
(Forrás: Szerző fotója)

4.4. Holtfához köthető védett és Natura 2000 jelölő fajok

Pontos számot nem lehet meghatározni, de egyes becslések szerint az európai erdei fajok csaknem egyharmada függ közvetlenül a holtfától (DUDLEY ÉS VALLAURI 2006). Az elhalt faanyag, valamint a hozzá köthető mikroélőhelyek számos élőlénycsoport életfeltételeihez nélkülözhetetlenek. A felmérés folyamán „*egyeléssel*” megvizsgáltam a potenciális élőhelyeket védett és/vagy Natura 2000 jelölőfajok felkutatása érdekében. A terepi adatgyűjtés során összesen 5 védett faj került elő. A magyarországi 20 közösségi jelentőségű bogárfaj közül 8 tartozik a szaproxilofág bogárfajok közé (KOVÁCS 2014), amelyből 3 a felmérés során is előkerült.

Kis szarvasbogár (*Dorcus parallelipedus* Linnaeus, 1758): védett, természetvédelmi értéke 5000 Ft. A felmérés során 3 db került elő, kettő a 160-as mintaponttól és egy a 183-as mintaponttól. Mindhárom egyed idős, korhadó kocsánytalan tölgy tuskó mellett találtam (32. ábra).



32. ábra: Kis szarvasbogár (Forrás: Szerző fotója)

Nagy szarvasbogár (*Lucanus cervus* Linnaeus, 1758): védett, természetvédelmi értéke 10.000 Ft, Natura 2000 közösségi jelentőségű faj. Összesen 5 db került elő (33. ábra), négy nőstény (8-as, 56-os, 59-es mintapontok) és egy esetben csak a hím rágóját találtam meg (96-os mintapont). A faj tölgyesekben fordul elő, idős, nagyméretű fákhhoz kötődik. Lárvája elhalt fák tuskójában, korhadó gyökerében fejlődik (KOVÁCS 2014).



33. ábra: Nagy szarvasbogár (Forrás: Szerző fotója)

Diófacincér (*Aegosoma scabricorne* Scopoli, 1763): védett, természetvédelmi értéke 5000 Ft. A fajnak mindössze egy egyede került elő, egy nagyméretű tőkorhadat bükkfa tő részénél. (34. ábra).



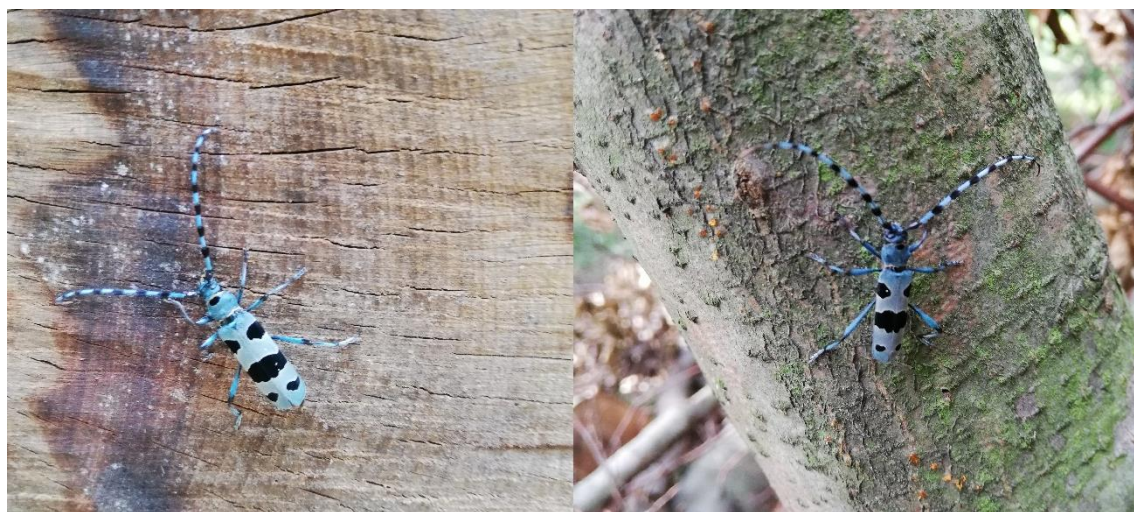
34. ábra: Diófacincér (Forrás: Szerző fotója)

Gyászincér (*Morimus funereus* Mulsant, 1862): védett, természetvédelmi értéke 10.000 Ft, Natura 2000 közösségi jelentőségű faj. Összesen két egyedet találtam gyászincérből. A faj idős tölgy és bükk állományokhoz kötődik, ahol a fák sérült élő, vagy holt részeinél rág (KOVÁCS 2014). (35. ábra)



35. ábra: Gyászincér (Forrás: szerző fotója)

Havasi cincér (*Rosalia alpina* Linnaeus, 1758): védett, természetvédelmi értéke 10.000 Ft, Natura 2000 közösségi jelentőségű faj. A legtöbb egyed ebből a fajból került elő, összesen 6 db (36. ábra). A havasi cincér frissen elhalt, még korhadásnak nem indult álló vagy fekvő holtfákon, főként idős bükkösökben találja meg a számára kedvező szaporodási helyeit (KOVÁCS 2014). Én is ilyen állományokban és faegyedeken találtam őket.



36. ábra: Havasi cincér (Forrás: Szerző fotója)

5. Eredmények megvitatása

Az összesített holtfa adatoka alapján a legtöbb holtfát a 174-es mintaponton mértem. A felvételi pont magas holtfa m^3/ha értékét magyarázza, hogy itt sok, viszonylag nagyméretű fekvő holtfa volt (*átlagos átmérő 30 cm*) és két méretes álló holtfa is volt a felvételi ponton. Az meredek lejtés, az állomány kora (*160 év*) és a szálaló üzemmód magyarázatot adhat a sok nagyméretű fára, amelyek holtfaként is megjelentek (37. ábra).



37. ábra: Álló holtfa a 174-es mintaponton, 16/A erdőrészlet

(Forrás: Szerző fotója)

A magasabb holtfa mennyiséggel bíró mintapontokon jellemzően sok, nagy átmérőjű, idősebb fekvő holtfa volt, hasonló paraméterű álló holtfákkal. Jellemzően ez az idősebb állományokra volt jellemző. Azokon a mintarületeken, ahol az összesített holt faanyag mennyisége alacsonyabb volt, sok 10 cm átmérő alatti vékony holtfát metszettek a felvételi vonalak. Álló holtfa pedig nem, vagy alig volt.

Az általam vizsgált Visegrádi Erdőanyai-völgy holtfa ellátottságára kapott 36,56 m³/ha-os értéket külföldi és hazai szakirodalmi adatokhoz viszonyítva és kutatási eredményekkel összevetve számos megállapítás tehető.

A holtfa mennyiségét sok tényező befolyásolhatja, például a lebomlás és a keletkezés sebessége (HARMON ÉS MTSAI 1986), a fafaj és a fatermőképesség (CHRISTENSEN ÉS MTSAI 2003). Ugyanakkor a holtfához kötődő kutatások leggyakrabban a vizsgálati terület erdőgazdálkodási helyzete és a kezelés mértéke alapján hasonlítják össze az eltérő területek holtfa ellátottságát. A mérsékelt övben az erdőállományok jelentős része emberi kezelés, illetve erdőhasználat alatt áll vagy állt az elmúlt évszázadokban. Az emberi hatások a jelenlegi szerkezetüket is meghatározzák, így a holtfaviszonyokra is sokkal nagyobb hatással vannak (ÓDOR 2014).

Megállapítható, hogy az Erdőanyai-völgy gazdálkodásban, kutatásban és természetvédelemben betöltött fontos és sajátos helyzete a holtfa mennyiségén is érezhető. A folyamatos erdőborítást célzó kezelési eljárások, az örökerdő és átmeneti üzemmódok nagy aránya hatással van a holtfa mennyiségi és minőségi jellemzőire is. A európai átlagos adatokkal összevetve, a holtfa mennyisége jelzi, hogy a vizsgálati terület közelebb áll a felhagyott erdőképhez, mint a gazdasági erdőéhez.

Az összesített holtfa mennyiségi adatokat szemlélve egy erdőrészlet kitűnik a többi közül. A legtöbb holtfát tartalmazó 13/B erdőrészlet kimagasló értékét, véleményem szerint az erdőrészlet domborzati viszonyai magyarázzák. A 13/B részlet egy meredek elnyúló völgy szakaszt ölel fel, határai azzal párhuzamosan futnak. Az itt található két mintapont nagy lejtésű, nehezen megközelíthető völgyoldalban helyezkedett el, ahol nagyon sok nagyméretű (*pl.: 63 cm átmérőjű bükk*) kidőlt fa feküdt a völgyre merőlegesen. Ezek feltehetően a meredek dőlésnek, erózióknak és sekély termőrétegnek köszönhetően dőltek ki. Az itt felmért fekvő holtfák átlagos átmérője 32 cm volt. A 13/B kiugróan magas értékére (*17. ábra*) tehát ez adhat magyarázatot.

A legkevesebb holtfa a 14/F erdőrészletben volt. Melynek magyarázata szintén az erdőrészlet sajátos helyzetében keresendő. A 14/F egy kisméretű erdőrészlet, amelybe csak egy felvételi pont, a 140-es esett. Ezen a felvételi ponton csak néhány fekvő holtfa volt (*9 cm átlagos átmérővel*) és 3 db álló holtfa, szintén kisebb átmérővel. Az erdőrészlet elegendően kocsánytalan tölgyes, melynek kora 157 év. 2012-től alkot önálló erdőrészletet, akkor üzemtervezői javaslatra faanyagtermelést nem szolgáló erdőrészletnek nyilvánították.

A holtfa mértékét osztályokba sorolva az egyes erdőrészek egymáshoz viszonyítva jobban vizsgálhatók. Azt, hogy az erdőrészlet melyik osztályba tartozik, főként a fekvő holtfa mennyisége határozta meg. Az álló holtfa mennyisége döntően nem hatott az erdőrészek osztályokba sorolására, mivel alacsonyabb m^3/ha értékeket mutatott.

Az így létrehozott hat osztály szerint jelölve, a térképen (18. ábra) a sötétebb színek jelzik a magasabb m^3/ha -os holtfa értékeket.

Észrevehető, hogy a holtfa mennyisége kevesebb az alacsonyabb térszíneken fekvő vagy nem túl nagy lejtésű erdőrészekben. A meredek, nagy esésű, magasabb tengerszintfeletti magassággal rendelkező, gerincen, vagy gerinc közelében található erdőrészekben a holtfa mennyisége nagyobb. Emellett a világosabb színnel festett erdőrészek általában közelebb fekszenek a főbb erdészeti utakhoz, vagy domborzati adottságaik miatt jobban és könnyebben megközelíthetőek, mint a sötétebb színű erdőrészek. A fent leírtakat szemlélteti a holtfa mennyiséget és a domborzati viszonyokat összehasonlító 4. Melléklet.

Megállapítható tehát, hogy a meredek, gerincközeli és nehezebben megközelíthető területek holtfa ellátottsága magasabb. Az Erdőanyai-völgy magasabb térszínein több, míg a völglábak felé közeledve kevesebb holtfa volt.

A mennyiségi jellemzők értékelése után vizsgáljuk meg a holtfa minőségi paramétereit. A korhadási fokok 6 fokozatú skáláján a szélső fázisokba kevesebb holtfa volt. A két véglet alacsony számára magyarázatot adhat, hogy az 1. fázisban kevés ideig marad egy fekvő holtfa. Az első 3 fázis esetén a kéreg a fő azonosító bélyeg. Ez azonban sok esetben már a fa fekvő holtfává alakulása előtt felrepedezik, leesik. És a felvételezés során is kevés esetben volt ép, egybefüggő a kéreg, ugyanakkor a faanyag még kemény volt. Az 5. és 6. fázisok alacsonyabb arányát, véleményem szerint, az magyarázza, hogy ilyen korhadási szintig csak vastagabb, nagyobb átmérőjű fák jutnak el, ezekből viszont kevesebb van. A vékony ágak, gallyak, fák könnyebben szétesnek, aprózódnak. Mire eléri az 5.-6. fázist, már nem azonosíthatók be.

Ugyanakkor meg kell említeni, hogy a felmérést mindig szubjektív terhelés terheli. Köztudott, hogy az ember nem szeret a végletek irányába eltérni, így sok esetben a köztes, közepes megoldást részesíti előnyben. Kérdéses helyzetben, akaratlanul is kompromisszumos megoldást választja.

Az álló és fekvő holtfa mennyisége drasztikusan eltér egymástól. A vizsgálati adatok alapján sokkal több fekvő holtfa volt a területen, mint álló. Ennek véleményem szerint több oka is lehet.

Elsődlegesen az, hogy az álló holtfa felmérésre, különböző módszerrel történik, mint a fekvő holt faanyagé. Az álló fák felmérésénél használt 20 méter sugarú mintakör sok esetben egyetlen álló holtfát sem tartalmazott, pedig a területet bejárva számos álló holtfát is meg lehetett figyelni. Így főként a véletlennek köszönhetően a módszertan az álló holtfa adatokat az alacsonyabb értékek irányában rontotta. A 195 mintapontból csak 62 esetben volt a mintakörön belül álló holtfa, pedig a területen járva érezhetően több álló holtfa volt, mint amennyit az adatok mutatnak.

Ugyanakkor a fekvő holtfák nagyobb arányát magyarázhatja az is, hogy az álló holtfák többnyire gyorsan fekvővé alakulnak. Főként az olyan meredek, lejtős területeken, mint az Erdőanyai-völgy. Több olyan erdőrészlet is volt, amely igen nagy lejtésű és meredekségű (38. ábra). A szél, viharok, eróziós hatások, a szomszédos fák dőlése, mind segítheti az álló holtfák gyorsabb fekvővé alakulását.



38. ábra: Meredek oldal, 16/A erdőrészlet (Forrás: Szerző fotója)

6. Következtetések, javaslatok

A holtfa mennyiségi és minőségi viszonyait nagyon sok tényező befolyásolja. Az Erdőanyai-völgy esetében a holtfa mennyiségére hatással volt a terület domborzata, az itt folyó erdőgazdálkodás, az állomány alkotó fafajok, azok kora és a fakészlet.

Az általam megállapított hektáronkénti átlagos holtfa mennyiség jóval meghaladja az európai és magyarországi átlagos gazdasági erdőkét. Az európai kezelt erdők holtfa viszonyairól elmondható, hogy bükk állományok esetén az átlagos holtfa mennyisége 25 m³/ha, míg tölgyesekben 15 m³/ha alatti (ÓDOR 2014). A hazai kutatási eredmények szerint a főbb erdőtípusok és különböző korosztályok között szignifikáns eltérés nem mutatkozott. A Mátrában végzett kutatás 24 m³/ha-os értéket mutatott. Ezen mennyiségekhez viszonyítva az Erdőanyai-völgyben mért 36,56 m³/ha bizakodásra ad okot.

A felhagyott erdők tekintetében az európai átlag 30-70 m³/ha közötti (ÓDOR 2014). Ezek szerint a visegrádi mintaterület holtfa ellátottságát tekintve közelebb áll egy néhány évtizede aktívan nem kezelt állományhoz. Erdőrezervátumokban végzett kutatások alapján, ezek átlagos holtfa mennyisége 20-40 m³/ha közötti (ÓDOR 2014).

A fent leírtak fényében elmondható tehát, hogy az Erdőanyai-völgy a holtfa viszonyait tekintve közelebb áll egy erdőrezervátum vagy egy felhagyott erdő képéhez, mint egy gazdasági erdőéhez. Pedig a völgy területén aktív gazdálkodás folyik, a folyamatos erdőborítást célzó módszerekkel.

Az álló és fekvő holtfa arányai is megfelelnek más irodalmi adatokkal, a fekvő holtfa az álló holtfához képest magasabb arányban van jelen (ÓDOR 2014). Az általam felmért adatok alapján is kijelenthető ez, de az Erdőanyai-völgyben a fekvő holtfa aránya sokkal magasabb, mint az álló holt faanyagé.

A holtfa minőségi paraméterei, az átmérőosztály szerinti megoszlása és a korhadási fokok hasonlóságot mutatnak az Egyesített Erdészeti Monitoring adataival. Ahol ugyan eltérő módszertannal történt a felmérés, de a fő jellemzők esetében megfigyelhető az azonos tendencia. Például az EEM felmérés eredményeiben is a kisebb átmérőosztályokban volt a legtöbb holtfa, ahogy az általam végzett felmérés esetében is. A korhadási fázisok esetén is mindkét felmérésben a középső fázisban volt a legnagyobb számú holtfa.

Az Erdőanyai-völgy holtfa ellátottsága tehát összességében kedvező képet mutat, a magyarországi 5%-os átlagot jóval meghaladja. Ugyanakkor az egyes erdőrészek között nagy különbségek is megfigyelhetők. A biodiverzitás és a holtfa szempontjából kedvező eljárások bevezetésével és további alkalmazásával a kívánatos erdőkép és a természetes folyamatokhoz közelebb álló holtfa mennyiség megtartható, növelhető. A biodiverzitás szempontjából és a holt faanyag, valamint a hozzá köthető élőlények szempontjából is kedvezőek a folyamatos erdőborítást (*FEB*) megvalósító elvek, eljárások.

A felmérés során látható volt, hogy az állományalkotó fajok mellett számos elegendő mennyiségben is jelen van a területen, és ezek holtfa-ként is megjelennek. Az elegendőség fenntartása, a pionír elemek és a ritka fajok megőrzése alapvetően fontos a fekvő és álló holtfa megmaradása szempontjából. Ezek megőrzésével a hozzájuk kötődő specialista fajokat és azok élőhelyeit is megőrizhetjük (MARJAINÉ ÉS MTSAI. 2016).

A felmérés során a kisebb átmérővel rendelkező holtfából több volt. Ugyanakkor szép számmal volt nagyméretű, idős holtfa is, amelyek elengedhetetlen fontosságúak bizonyos élőlények számára. A vastag holtfa szerepét mutatja, hogy több ilyen típusú elhalt faanyaghoz kötődő védett és Natura 2000-es jelölő faj is előkerült a vizsgálati területről.

Az Erdőanyai-völgy holtfa minősége kedvezőnek tekinthető, a nagyméretű holtfák jelenléte fontos az erdei ökoszisztéma megfelelő működése érdekében. Számos gazdálkodó úgy vélekedik, hogy a sok vékony holtfa kiváltja a kevés vastagabbat (FRANK ÉS KOVÁCS 2014). Ezt a nagyméretű elhalt faanyaghoz kötődő specialista fajok jelenlétükkel, vagy éppen hiányukkal cáfolni tudják. Fontos tehát, hogy a gazdálkodás során kíméljük az idős faegyedeket, biotóp fákat. Hagyjunk vissza méretes földön fekvő és álló holtfákat is. Számos erdőrészlet leíró lapon szerepel, hogy az egy évnél régebbi földön fekvő fákat feltermelni tilos.

A holtfához köthető szaproxilofág fajok jelentős része keresi fel az elhalt törzseket párhuzamos és peremzónákban. Az erdei rakodón hagyott és készletezett friss faanyag csalogató hatása közismert, a vegetációs időszakban „ökológiai csapdaként” működhet. Ez a probléma a Natura 2000 jelölő fajok közül főként a *Rosalia alpina*-t érinti. Június-augusztusi rajzási időszakában, a téli és tavaszi fakitermelésekből származó faanyag területen hagyásával károsíthatjuk a faj szaporodását, állományuk csökkenhet. Mivel a nőstények petéjüket a készletezett faanyagra fogják lerakni, amely később elszállításra kerül a területről. Így célszerű az érintett területeken a fakitermeléseket a tél vége előtt befejezni, és ha lehetséges a faanyagot elszállítani.

A korai szállítás egy másik Natura 2000 jelölő faj a *Morinus funereus* védelmét is szolgálhatja. Mivel a faj egyedei szívesen keresik fel a készletezett faanyagot, amelyet csak később szállítanak el a területről (FRANK ÉS KOVÁCS 2014).

Az Erdőanyai-völgyben folyó gondos szakmai tevékenységnek köszönhetően a jó természetességi és ökológiai viszonyok a holt faanyag minőségén és mennyiségén is érezhetőek. A vágásos erdőgazdálkodásról történő átállás, a folyamatos erdőborítást lehetővé tevő üzemmódok bevezetése, a vágáskorok növelése és a természetes felújítási módok alkalmazása mind kedvezően hat a holtfa viszonyokra.

Az álló holtfa aránya lehetne magasabb, valamint a nagyméretű törzsek száma is kedvezőbb képet mutathatna. Le kell szögezni azonban, hogy a visegrádi vizsgálati terület, az átlagosnál sokkal jobb, erdőrezervátumokat megközelítő holtfa jellemzőkkel bír.

Fontos lenne, hogy a területen már meglévő változatos minőségű és megjelenési formájú holtfa megmaradjon. Segíteni kell, hogy további holt faanyag kialakuljon, amely lehetőség szerint növeli az álló holtfa arányát.

A nagyobb méretű odvas holtfák képződését elősegíthetjük, ha őshonos elegyfajok (*nyírek, mézgás éger, madárcseresznye, hársak, fűzek, hazai nyárok*) egyedeit kíméljük, számukra kedvező szerkezetet alakítunk ki. Az idős, nagyméretű 30 cm feletti átmérővel rendelkező faegyedeket segíteni kell, hogy elérjék a nagyobb méreteket és lassan, nagyméretű faként odvasodással és taplógombák megtelepedésével élő- és táplálkozó helyeket hozzanak létre. Az idős böhöncöket a gazdasági értékkel nem rendelkező egyedeket és a fahasználat következtében keletkezett, de gazdaságosan nem hasznosítható faanyagot kímélni kell, azokat az állományból nem kell eltávolítani (FRANK ÉS KOVÁCS 2014).

7. Összefoglalás

A holtfának az erdőtermészetességben betöltött szerepe az elmúlt évtizedekben jóval nagyobb figyelmet kapott, kutatások kiemelt témájává vált.

A visegrádi Erdőanyai-völgy egy magas természeti értéket képviselő, természetvédelmi és erdőgazdálkodási szempontból is kiemelkedő terület. Madas Lászlónak köszönhetően már az 1950-es évektől folytak kutatások a völgyben. A folyamatos erdőborítást célzó eljárások ma is a szakmai munka alapját képezik. Kifejezetten holtfa mennyiségi és minőségi felmérésre irányuló vizsgálat még nem zajlott a területen.

Az általam készített felmérés terepi munkálatai 2019 augusztusában zajlottak. A holtfa felmérése ÓDOR (2005) által kifejlesztett, a témában elismert és gyakran alkalmazott módszertan alapján történt.

A fekvő holtfa felvételezése vonal menti mintavétellel történt, míg az álló holtfa esetén terület alapú mintavételt alkalmaztam. Az Erdőanyai-völgy területére egy 100x100-as rácsháló került, amely alapján 195 mintapont került kijelölésre. Az adatgyűjtés mobiltelefonos applikáció segítségével valósult meg, amely gyors és pontos munkavégzést tett lehetővé.

A vizsgálat fő célkitűzése volt az Erdőanyai-völgy holtfa mennyiségi és minőségi viszonyainak megismerése. Ennek érdekében felmértem a fekvő és álló holtfákat, azok adataiból területre vonatkoztatott mennyiségeket számoltam. Vizsgáltam a holtfa különböző minőségi tulajdonságait is: fafaj, átmérő, korhadtsági fok.

Megállapítottam, hogy a területen a holtfa átlagos mennyisége $36,56 \text{ m}^3/\text{ha}$, amelynek döntő hányada fekvő holtfa. Az egyes mintapontok között nagy különbségek mutatkoztak a holtfa mennyisége tekintetében. Elmondható, hogy a kevesebb, de nagyobb átmérőjű fekvő holtfát tartalmazó mintapontokon az összesített holtfa mennyisége nagyobb, mint a jóval több, de kisebb átmérőjű fákat tartalmazó mintapontoké. A legtöbb mintaponton $31\text{-}40 \text{ m}^3/\text{ha}$ közötti volt a holtfa mennyisége.

Erdőrészlet szinten vizsgálva megfigyelhető, hogy a völgyláb felé haladva a holtfa mennyisége kevesebb. A meredek, gerincközeli lejtőkön található erdőrészekben több holtfa volt. Szintén látható, hogy azon erdőrészekben, amelyek könnyebben megközelíthetőek, utakhoz közelebb állnak, vagy domborzati viszonyaik nem túl extrémek, kevesebb holtfa volt.

Kivételt képez a 13/B erdőrészlet, amely egy nagyon meredek völgszakaszt ölel fel. Itt volt a legnagyobb a holtfa mennyisége. Erre magyarázatot adhat, hogy itt a meredek völgyoldalak miatt sok fa dőlt ki a völgy irányába. Az egész területen megfigyelhető nagyléptékű jelenség, miszerint a meredek oldalakon több, a völgy alján kevesebb holtfa van. Ez megfigyelhető volt erdőrészlet szinten.

Faállomány típusok szerint a legtöbb holtfa az egyéb lomb elegyes bükkösökben volt, a legkevesebb a Gyertyános-kocsánytalan-bükkös típusban. A legtöbb holtfa fafaja kocsánytalan tölgy volt, ezt követte a bükk és a gyertyán. Összesen 18 fafaj elhalt egyedei kerültek elő a felmérés során.

A fekvő holt faanyag átmérő viszonyairól elmondható, hogy az 5-10 cm közötti holtfából volt a legtöbb. A nagyobb átmérő osztályok felé haladva számuk egyre csökkent. A maximális átmérő 70 cm volt.

A legtöbb holtfa a 3. korhadási fázisban volt a legkevesebb a 6. fázisban. A legtöbb holtfa a 2.-4. fázisok között volt, a skála két végpontján kevesebb. Ennek magyarázata lehet, hogy a 1. fázisból gyorsan és könnyedén lép át a fa további korhadási fázisokban, gyakran már az elhalása előtt. Az 5. és 6. fázist pedig csak a nagyméretű idős fák érik meg, amelyek ritkábbak. Ezekben a fázisokban már a fa körvonalai nehezen azonosíthatók be, így a vékonyabb holtfák már sokszor elvesznek, nehezen felmérhetők.

Érdekes lehet az átmérőosztályok és a korhadási fázisok közötti összefüggés. Az összes fekvő holtfa nagyobb része volt kisebb átmérő osztályba és közepes vagy korai korhadási fázisba sorolható. Ugyanakkor a 31-40 cm átmérőosztálytól felfelé, a 4., 5. és 6. korhadási fázis aránya magasabb.

Álló holtfából 101 db került felmérésre, az összesített mennyiségük $55,16 \text{ m}^3$. A 195-ből csak 62 mintaponton volt álló holtfa a felvételi körben. Átlagos magasságuk 6,3 m, átlagos átmérőjük 38 cm. Az álló holtfák 55% álló magas törzscsonk volt, emellett sok volt még az álló koronás fa is.

Általánosan elmondható, hogy az átmeneti és örökerdő üzemmódok és a folyamatos erdőborítást célzó eljárások kedveznek a holtfa jelenlétének. Pozitívan hatnak mennyiségére és lehetővé teszik annak megjelenését változatos formában. Természetközeli eljárásokkal és a Pro Silva elvekkkel kiegészülve a gazdálkodás kedvezőbb feltételeket nyújthat a holtfa szempontjából, ugyanakkor a gazdasági érdekek sem sérülnek.

8. Köszönetnyilvánítás

A dolgozat elkészítésében nyújtott segítségükért szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek, Prof. Dr. Lakatos Ferenc intézetigazgató úrnak és Némegy Zoltán erdészetvezető úrnak.

Köszönet illeti Magassy Erik erdőgondnokot és a Pilisi Parkerdő Zrt. minden dolgozóját, akik időt és energiát nem sajnálva hozzásegítettek a dolgozat elkészítéséhez.

Továbbá köszönöm Tóth Annának a terepi felmérésben nyújtott segítségét.

9. Irodalmi hivatkozások

- Ambrózy P. és Konkolyiné Bihari Z. (2010): 6.1.12. fejezet: Visegrádi-hegység: éghajlata. In: Dövényi Z. (szerk) (2010): Magyarország Kistájainak Katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. 661.
- Ádám L., Juhász Á., Marosi S., Mezősi G., Somogyi S. és Szilárd J. (2010): 6.1.12. fejezet: Visegrádi-hegység: domborzat. In: Dövényi Z. (szerk) (2010): Magyarország Kistájainak Katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet. Budapest. 660-661.
- Ádám L., Juhász Á. és Marosi S. (2010): 6.1.12. fejezet: Visegrádi-hegység: földtan. In: Dövényi Z. (szerk) (2010): Magyarország Kistájainak Katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet. Budapest. 661.
- Bartha D. és Oroszi S. (2004): Őserdők a Kárpát-medencében. Budapest, Ekvilibrium Kiadó, 204.
- Bartha D. (2014): Meddig él(het) egy fa? In: Csóka Gy. és Lakatos F. (szerk.) (2014): *Silva Naturalis 5. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron 2014.* 12-20.
- Becse A. és Mezősi G. (2010): 6.1.12. fejezet: Visegrádi-hegység: területhasznosítás. In: Dövényi Z. (szerk) (2010): Magyarország Kistájainak Katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet. Budapest. 660. pp.
- Bencsik N. (2015): Holt faanyag mennyiségi és minőségi becslése a KASZÓ Zrt. tölgyeseiben (Diplomamunka). Sopron. 59.
- Bidló A. és Berki I. (2005): 26. fejezet: Visegrádi hegység. In.: Halász G. (szerk) (2005): Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat. Budapest. 79. p.
- Bobiec A. (2002): Living stands and dead wood in the Białowieża forest: suggestions for restoration management. *Forest Ecology and Management. Volume 165, Issues 1-3, 125-140.*
- Bobiec A., Gutowski J.M., Laudenslayer W.F., Pawlaczyk P. and Zub K. (2005): The afterlife of a tree. – WWF Poland, Warszawa-Hajnówka. 12-13.
- Boddy L. (2001): Fungal community ecology and wood decomposition processes in angiosperms: from standing tree to complete decay of course woody debris. – *Ecological Bulletins 49: 43–56*
- Bölöni J és Ódor P. (2014): A holfá mennyisége a mérsékelt övi erdőkben In: sóka Gy., és Lakatos F. (szerk) (2014): *Silva Naturalis 5. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron 2014.* 203-217.

- Csepányi P. (2016): Örökerdők a Pilisi Parkerdőben. Pilisi Parkerdő Zrt. 2016. 26.
- Christensen M. – Hahn K., Mountford E. P. Ódor P., Standovár T. –Rozenbergar D., Dijaci, J., Wijdeven S., Meyer P., Winter S. and Vrska T. (2005): Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest – Ecology and Management* 210: 267–282.
- Csóka Gy., Dobrosi D. és Frank T. (2000): A holt fák, mint a gerincesek élőhelyei. In: Frank T. (szerk) (2000): *Természet, erdő, gazdálkodás. – Magyar Madártani és Természetvédelmi egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület. Eger, 87–90.*
- Csóka Gy., Dobrosi D., Frank T., Kovács T. és Traser Gy (2000): Az elpusztult, korhadó fa szerepe az erdei biodiverzitás fenntartásában. In: Frank T. (szerk) (2000): *Természet, erdő, gazdálkodás. – Magyar Madártani és Természetvédelmi egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület. Eger. 85–98.*
- Csóka Gy. (2000): Az elpusztult, korhadó fa szerepe az erdei biodiverzitás fenntartásában. In: Frank T. (szerk) (2000): *Természet, erdő, gazdálkodás. – Magyar Madártani és Természetvédelmi egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület, Eger. 85-89.*
- Csóka Gy., Dobrosi D., Frank T., Kovács T. és Traser Gy. (2001): Holt fa az élő erdő szolgálatában. – *Erdészeti Lapok* 136(7-8): 246–248.
- Csóka Gy., és Lakatos F. (szerk) (2014): *Silva Naturalis 5. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron 2014.*
- Csóka Gy. (2014): A holtfa mint életfeltétel. In: Csóka Gy, Lakatos F (szerk 2014): *Silva Naturalis 5. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron. 45-48. pp.*
- Dobrosi D. (1994): A denevérek elterjedése és védelme Magyarországon. – *A Magyar Denevérkutatók Baráti Körének kiadványa*, 48.
- Dövényi Z. (szerk) (2010): *Magyarország Kistájainak Katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet. Budapest. 660-664. pp.*
- Dudley N. and Vallauri D. (2004): *Deadwood – living forests. – WWF Report, Gland, 15.*
- Dudley N. és Vallauri D. (2006): *Holtfa – az élő erdőkért. – WWF Magyarország, Budapest,*
- Dudley N., Vallauri D. és Ódor, P. (2017): *Holtfa az élő erdőkért. Az öreg fák és a holtfa természetvédelmi illetve erdészeti szerepe. WWF Magyarország, 2. kiadás, Budapest, 32.*
- Dunger K. – Stümer, W., Oehmichen K. – Riedel TH. and Boldte A. (2009): *Der Kohlenstoffspeicher Wald und seine Entwicklung. – AFZ-DerWald* 20/(2009): 1072–1073.
- Dobos A. (2014): *Holtfához kötődő bogarak vizsgálata őrségi erdőkben. Sopron, 2014. Nyugat-Magyarországi Egyetem. TDK dolgozat.*

- Fehér G. – Orbán S. (1981): A bükki Óserdő korhadó fáinak mohacönológiai vizsgálata. – *Folia Historico-naturalia Musei Matraensis* 7: 15–28.
- Folcz Á., és Papp V. (2014): Az erdei holtfa gombavilága. In: Csóka Gy., és Lakatos F. (szerk) (2014): *Silva Naturalis* 5. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron 2014. 49.-74.
- Forest Europe, UNECE and FAO (2011): *State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe*
- Forrester J.A., and Runkle J.R. (2000). Mortality and replacement patterns of an old-growth *Acer-Fagus* woods in the Holden Arboretum, northeastern Ohio. *American Midland Naturalist* 144:227–242
- Frank T. (2014): Holtfa-készítés és más erdőszerkezeti elem kialakítása, megőrzése. In: Frank T és Szmorad F. (szerk): *Védett erdők természetességi állapotának fenntartása és fejlesztése: Hogyan csináljunk faállományból erdőt?* – Rosalia Kézikönyvek 2. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 146–148
- Frank T. és Kovács T. (2014): 22. Hogyan tartható fent és növelhető a holtfához kötődő diverzitás erdeinkben? In: Csóka Gy., és Lakatos F. (szerk) (2014): *Silva Naturalis* 5. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron 2014. 226-232.
- Frank T és Szmorad F.. (2014): *Védett erdők természetességi állapotának fenntartása és fejlesztése. Rosalia kézikönyvek 2. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 160.*
- Good, J.A and Speight M.C.D. (1996): *Saproxylic Invertebrates and their Conservation throughout Europe. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. – Council of Europe, Strasbourg, 58.*
- Gribovszki Z., Kalicz P. és Kucsara M. (2014): A holt faanyag hatása a vízfolyásokra. In: Csóka Gy, Lakatos F (szerk 2014): *Silva Naturalis* 5. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron. 192.
- Halász G. (szerk) (2005): *Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat. Budapest. 79-80.*
- Hahn, K – Christensen M. (2004): *Dead wood in European Forest Reserves – A Reference for Forest Management. In: Marchetti M. (ed): Monitoring and Indicators of Forest Biodiversity in Europe-From Ideas to Operationality. – EFI Proceedings No. 51 European Forest Institute Joensuu Finland, 181–191.*

- Harmon M. E., Franklin J. F., Swanson F. J., Sollins P., Gregory S. V., Lattain J. D., Anderson N. H., Cline S. P., Aumen N. G., Seddel J. R., Lienkaemper G. W., Cromack K and Cummins K. W. (1986): Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. – *Advances in Ecological Research* **15**: 133–276.
- Harmon, M.E. and Sexton, J., 1996. Guidelines for Measurements of Woody Detritus in Forest Ecosystems (US LTER Publication No. 20). US LTER Network Office, University of Washington, Seattle, WA, USA.
- Hirka A – Csóka Gy. (2010): Abiotikus károk Magyarország erdeiben. – *Növényvédelem* **46**(11): 513–517.
- Jakucs E. (1996): Bevezetés a mikológiába (egyetemi jegyzet). – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Jankovsky L., Licka D., Jezek K. (2004): Inventory of dead wood in the Kněhyně-Čertův mlýn National Nature Reserve, the Moravian-Silesian Beskids. *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*, **50**, 2004 (4): 171-180.
- Jonsson B.G. és Kruys N. (2001): Ecology of woody • debris in boreal forests. – *Ecological Bulletins* **49**: 279–281.
- Kappes, H. – Topp W. – Zach P – Kulfan J. (2006): Coarse woody debris, soil properties and snails (Mollusca: Gastropoda) in European primeval forests of different environmental conditions. – *European Journal of Soil Biology* **42**: 139–146.
- Király G., Molnár Zs., Bölöni J., Csiky J., Vojtkó A. (2010): 6.1.12. fejezet: Visegrádi-hegység: növényzet. In.: Dövényi Z. (szerk) (2010): Magyarország Kistájainak Katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet. Budapest. 662.
- Koloszár J. (2005): 26. fejezet: Visegrádi hegység. In.: Halász G. (szerk) (2005): Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat. Budapest. 80.
- Kolozs L. (szerk.) (2009): Erdővédelmi Mérő- és Megfigyelő Rendszer (EMMRE) 1988-2008. – MGSZH Erdészeti Igazgatóság.
- Kovács T. (2014): 9.1. Szaproxilofág bogarak. In: Csóka Gy, Lakatos F (szerk 2014): *Silva Naturalis* **5**. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron. 79.
- Kolozs L. és Solti Gy. (2014): A magyarországi erdők holtfamennyisége az Egyesített Erdészeti Monitoring adatai alapján. In: Csóka Gy, Lakatos F (szerk 2014): *Silva Naturalis* **5**. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron. 219-224.

- Lachat T.; Bouget C.; Bütler R. and Müller J. (2013): Deadwood: quantitative and qualitative requirements for the conservation of saproxylic biodiversity. In: Kraus D. and Krumm F. (ed.) Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. European Forest Institute 2013. 92.-104.
- Lakatos F. 2006: Fennyőállományokban végrehajtott egészségügyi termelések szerepe védett és/vagy veszélyeztetett fában és kéregben költő bogárfajok esetén (Coleoptera). Természetvédelmi Közlemények 12. 123-131
- Lakatos F. and Molnár M. (2009): Mass Mortality of Beech (*Fagus sylvatica* L.) in South-West Hungary. – Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 5: 75–82.
- Linder, P., Elfving, B. and Zackrisson, O. 1997. Stand structure and successional trends in virgin boreal forest reserves in Sweden. Forest Ecology and Management 98: 17-33
- Magassy E. (2016): A jégkár okai és hatása a Pilisi Parkerdő Zrt. Visegrádi- és a Pilismaróti Erdészetének területén található erdőállományokra Nyugat Magyarországi Egyetem, Sopron 2016.
- Marjainé Szerényi Zs., Harangozó G., Csépanyi P. és Kovács E. (2016): A folyamatos erdőborítás ökoszisztéma-szolgáltatásaira építő fejlesztés, mint alternatíva. In: Lengyel I. és Nagy B. (szerk.) (2016): Térségek versenyképessége, intelligens szakosodása és újraiparosodása, JATEPress, Szeged, 385–403.
- Merganicová, K.; Merganic, J.; Svoboda, M; Bace, R. and Seben, V. (2012): Deadwood in Forest Ecosystems. In: Blanco, J.A. (ed): Forest Ecosystems – More than Just Trees. InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/forest-ecosystems-more-than-just-trees/deadwood> 2019.12.04.
- Muller, R. N., and Y. Liu. 1991. Coarse Woody Debris in an Old-Growth Deciduous Forest on the Cumberland Plateau, Southeastern Kentucky. Canadian Journal of Forest Research 21(11):1567-1572.
- Ódor, P. and Standovár, T., 2003. Changes of physical and chemical properties of dead wood during decay (Hungary). The NatMan Project. Working Report 23. p. 29.
- Ódor P. and Van Hees A. F. M. (2004): Preferences of dead wood inhabiting bryophytes for decay stage, log size and habitat types in Hungarian beech forests. – Journal of Bryology 26: 79–95.
- Ódor P. (2005): Javaslat a fekvő holt fa szisztematikus mérésére az erdőrezervátumokban. Kézirat.

- Ódor, P., Heilmann-Clausen, J., Christensen, M., Aude, E., Van Dort, K. W., Piltaver, A., Siller, I., Veerkamp, M. T., Walley, R., Standovár, T., Van Hees, A. F. M., Kosec, J., Matocec, N., Kraigher, H and Grebenc, T. (2006): Diversity of dead wood inhabiting fungi and bryophytes in semi-natural beech forests in Europe. – *Biological Conservation* 131: 58–71.
- Ódor P. (2014): A korhadó faanyag szerepe az erdei növények biodiverzitásában. In: Csóka Gy, Lakatos F (szerk 2014): *Silva Naturalis* 5. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron. 155-170.
- Ódor P. (2018): Álló és fekvő holtfa. In: Szmorad F., Frank T. és Korda M. (szerk). (2018): *Rosalia Kézikönyvek* 4. Erdőgazdálkodás és erdőkezelés Natura 2000 területeken. 137-155.
- Ónodi G. és Winkler D. (2014): A holtfa szerepe az odúlakó madárközösségek kialakulásában. – In: Csóka Gy. és Lakatos F. (szerk.): *A holtfa. Silva naturalis Vol. 5.* Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 125–144.
- Penttilä, R., Siitonen, J and Kuusinen, M. (2004): Polypore diversity in managed and old-growth boreal *Picea abies* forests in southern Finland. – *Biological Conservation* 117: 271–283.
- Schwarze, F. W. M. R. (2007): Wood decay under the microscope. – *Fungal Biology Reviews* 21(4): 133–170.
- Peterken, G.F. (1996): *Natural woodland. Ecology and conservation in northern temperate regions.* Cambridge University Press, Cambridge, 529.
- Petrian A.M., Biris I. A., Merce O., Turcu D. O., Petritan I. O. (2012): Structure and diversity of a natural temperate sessile oak (*Quercus petraea* L.) – European Beech (*Fagus sylvatica* L.) forest. *Forest Ecology and Management*. Volume 280, 140-149.
- Speight M. (1989): Saproxylic invertebrates and their conservation. In: C. o. Europe (ed.) *Nature and Environment*, Strasbourg. 81.
- Podani J. (2007): *A szárazföldi növények evolúciója és rendszertana.* – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 300.
- Saniga M., Schütz J. P. (2002): Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forest in Slovakia. *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*, 48, 2002 (12): 513-528.
- Sippola, A. L and Renvall, P. (1999): Wood-decomposing fungi and seed-tree cutting: A 40-year perspective. – *Forest Ecology and Management* 115: 183–201.

- Somogyi S. (2010): 6.1.12. fejezet: Visegrádi-hegység: vízrajza. In: Dövényi Z. (szerk) (2010): Magyarország Kistájainak Katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet. Budapest. 662.
- Sódor M., Kovács T és Frank T. (2001): Az idős facsoportok és fák fontossága. In: FRANK T. (szerk): Természet-Erdő-Gazdálkodás. – Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület, Eger. 116–118.
- Standovár, T., Ódor, P., Aszalós, R és Gálhidy, L. (2006): Sensitivity of ground layer vegetation diversity descriptors in indicating forest naturalness. – *Community Ecology* 7: 199–209.
- Stokland J. N., Siitonen, J. and Jonsson, B.G. (2012): *Biodiversity in Dead Wood*. – Cambridge University Press. Cambridge, 509.
- Szomorad F., Kelemen K., Kovács B. és Standovár T. (2013): Többcélú erdőállapotfelmérések módszertanának kidolgozását megalapozó irodalmi áttekintés. SH/4/13 – WP1. – ELTE Biológiai Intézet, Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék.
- Thomas P.A. and Packham, J.R. (2007): *Ecology of woodlands and forests*. – Cambridge University Press, Cambridge, 243
- Tóth V. (2010): Korhadó fatörzsek szerepe az erdők természetes felújulásában. – *Természetvédelmi Közlemények* 16: 51–63.
- Van Wagner, C. E. 1968. The line intersect method in forest fuel sampling. - *For. Sci.* 14: 20-26.
- Vítková, L., Bace, R., Kjúckov, P. and Svoboda, M. (2018): Deadwood management in Central European forests: Key considerations for practical implementation. – *Forest Ecology and Management* 429(1): 394–405.
- Warren, W. G. and Olsen, P. F. 1964. A line intersect technique for assessing logging waste. - *For. Sci.* 10: 267-276.
- Zambó P. (2016): Előszó. In.: Csépanyi P. (2016): *Örökerdők a Pilisi Parkerdőben*. Pilisi Parkerdő Zrt. 2016.

9.1. Internetes források:

- NÉBIH Erdészeti Igazgatóság, Erdőleltár 2010-2014:
<https://portal.nebih.gov.hu/erdoleltar/altalanos-adatok> (letöltés dátuma: 2020.01.14.)
- Web 1.: https://hu.wikipedia.org/wiki/Visegradense_fl%C3%B3ra%C3%A1r%C3%A1s
(letöltés dátuma: 2020.02.18.)
- Web 2.: <https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/pannon-pannon-enciklopedia-1/magyarország-foldje-1D58/az-eghajlat-a-vizek-a-talaj-es-az-elovilag-foldrajza-25FA/magyarország-eletfoldrajzi-kepe-santa-antal-27DA/magyarország-eletfoldrajzi-beosztasa-27EC/> (letöltés dátuma: 2020.02.18.)
- Web 3.: <https://www.dunaipoly.hu/hu/helyek/vedett-teruletek/duna-ipoly-nemzeti-park/a-visegradi-hegység> (letöltés dátuma: 2020. 02. 19.)
- Web 4.: <https://parkerdo.hu/parkerdo/50-eve-alapitottak-pilisi-parkerdot/> (letöltés dátuma: 2020.02.21.)
- Web 5.: <https://parkerdo.hu/parkerdo/50-eve-alapitottak-pilisi-parkerdot/2-teruletvaltozasok-pilis-szivetol-fovarosig/> (letöltés dátuma: 2020.02.21.)
- Web 6.: <https://parkerdo.hu/parkerdo/szervezeti-egysegek/#1513331527343-34557f23-a2df>
(letöltés dátuma: 2020.02.21.)
- Web 7.: <https://parkerdo.hu/parkerdo/50-eve-alapitottak-pilisi-parkerdot/9-az-orszag-leglatogatottabb-erdei/> (letöltés dátuma: 2020.02.29.)
- Web 8.: <https://parkerdo.hu/termeszetvedelem/termeszetvedelem-a-parkerdoben/pilisi-bioszfera-rezervatum/> (letöltés dátuma: 2020.02.29.)
- Web 9.: <https://parkerdo.hu/parkerdo/50-eve-alapitottak-pilisi-parkerdot/16-vadgazdalkodas-az-erdo-szolgalataban/> (letöltés dátuma: 2020.02.29.)
- Web 10.: <https://parkerdo.hu/erdogazdalkodas/fenntarthato-erdogazdalkodas/orokerdok/>
(letöltés dátuma: 2020.02.29.)
- Web 11.: <https://www.visegrad.hu/kozjoleti-erdogazdalkodas-termeszetvedelem/vakbarat> (letöltés dátuma: 2020.02.29.)

10. Mellékletek

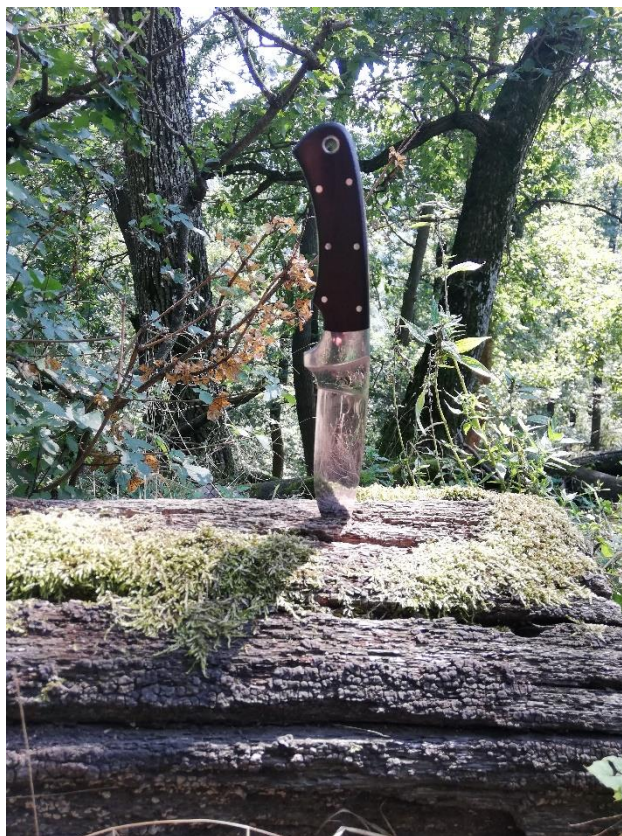
1. Melléklet: Korhadási fázisok szemléltető ábrái



39. ábra: 1. korhadási fázis



40. ábra: 2. korhadási fázis



41. ábra: 3. korhadási fázis



42. ábra: 4. korhadási fázis



43. ábra: 5. korhadási fázis



44. ábra: 6. korhadási fázis

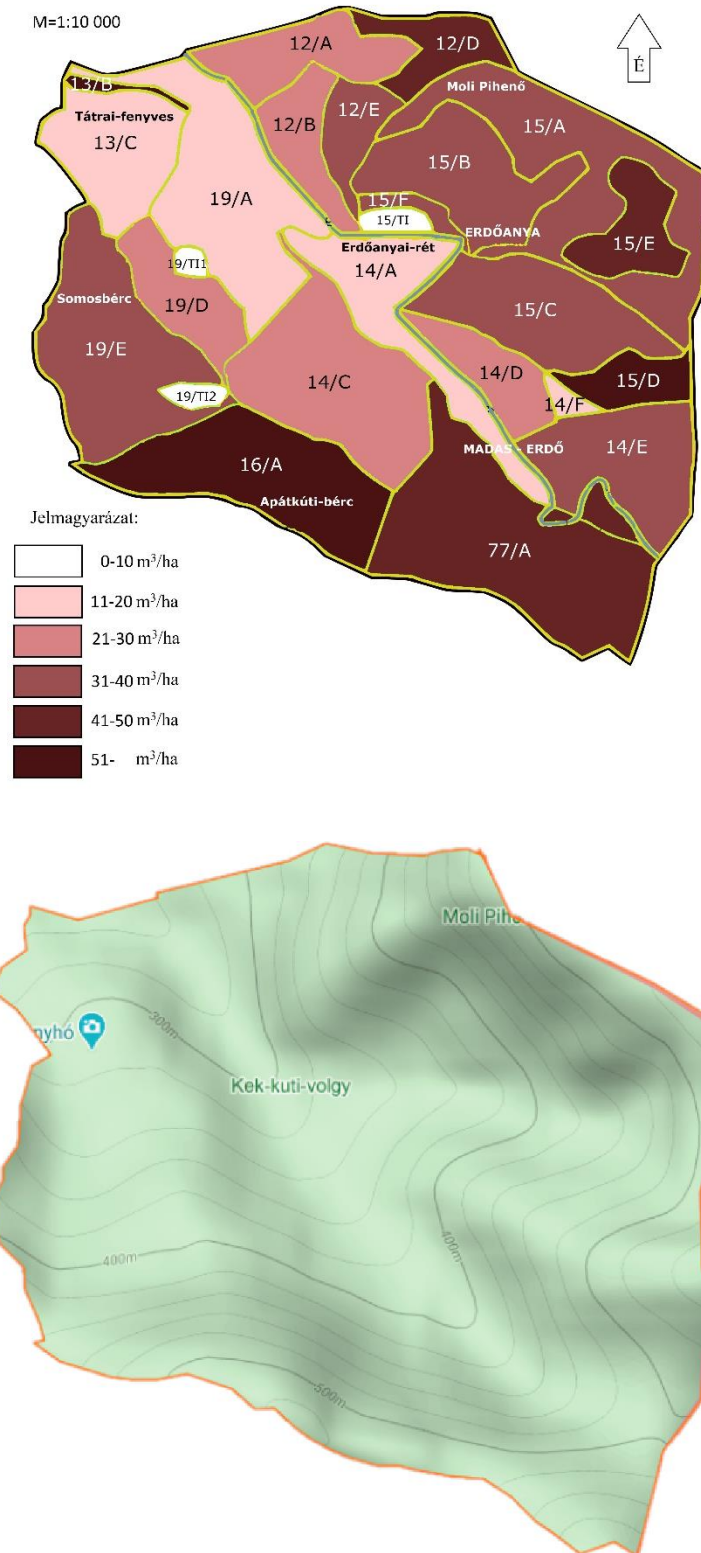
2. Melléklet: Erdőrészletek és faállomány típusaik

Erdőrészlet	Faállomány típus
12/A	Egyéb lomb elegyes-gyertyános-kocsánytalan tölgyes
12/B	Egyéb lomb elegyes-kocsánytalan tölgyes
12/D	Egyéb lomb elegyes-kocsánytalan tölgyes
12/E	Hársas-kocsánytalan tölgyes
13/B	Egyéb lomb elegyes-bükkös
13/C	Egyéb lomb elegyes-gyertyános-kocsánytalan tölgyes
14/A	Gyertyános-kocsánytalan tölgyes-bükkös
14/C	Kőrises-bükkös
14/D	Hársas-kocsánytalan tölgyes
14/E	Egyéb lomb elegyes-kocsánytalan tölgyes
14/F	Kocsánytalan tölgyes
15/A	Hársas-kocsánytalan tölgyes
15/B	Egyéb lomb elegyes-kocsánytalan tölgyes
15/C	Egyéb lomb elegyes-bükkös
15/D	Kőrises-bükkös
15/E	Kocsánytalan tölgyes
15/F	Egyéb lomb elegyes-gyertyános-kocsánytalan tölgyes
16/A	Kőrises-bükkös
19/A	Gyertyános-bükkös
19/D	Kocsánytalan tölgyes
19/E	Egyéb lomb elegyes-bükkös
77/A	Kőrises-bükkös

3. Melléklet: Fajfajkódok magyarázata

Rövidítés	Fajnév	Tudományos név
KTT	kocsánytalan tölgy	<i>Quercus petraea</i>
B	bükk	<i>Fagus sylvatica</i>
GY	közönséges gyertyán	<i>Carpinus betulus</i>
NH	nagylevelű hárs	<i>Tilia platyphyllos</i>
VK	virágos kőris	<i>Fraxinus ornus</i>
MK	amerikai kőris	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>
A	fehér akác	<i>Robinia pseudoacacia</i>
CS	cser	<i>Quercus cerris</i>
MJ	mezei juhar	<i>Acer campestre</i>
BABE	barkócaberkenye	<i>Sorbus torminalis</i>
EF	erdeifenyő	<i>Pinus sylvestris</i>
HJ	hegyi juhar	<i>Acer pseudoplatanus</i>
HSZ	hegyi szil	<i>Ulmus glabra</i>
HUSOM	húsos som	<i>Cornus mas</i>
KH	kislevelű hárs	<i>Tilia cordata</i>
KJ	korai juhar	<i>Acer platanoides</i>
MCS	madárcseresznye	<i>Prunus avium</i>

4. Melléklet: Holtfa mennyiség és a domborzat összefüggései



45. ábra: A holtfa mennyiség és domborzat összefüggései

(Forrás: <https://erdoterkep.nebih.gov.hu/>)

11. Ábrajegyzék

1. ábra: Idős fa kéregleválással és rajta <i>Fomes fomentarius</i>	7
2. ábra: Alacsony törzscsonk (Forrás: Szerző fotója).....	8
3. ábra: Tuskóra helyezett ágkupacok Visegrádon (Forrás: Szerző fotója).....	9
4. ábra: Vékony fekvő holtfa (bal), vastag fekvő holtfa (jobb)	10
5. ábra: <i>Trametes versicolor</i> tuskón (Forrás: Szerző fotója)	12
6. ábra: Vörös korhadás (Forrás: Szerző fotója).....	13
7. ábra: Odvas álló holtfa (Forrás: Szerző fotója)	16
8. ábra: A vizsgálati terület elhelyezkedése (Forrás: www.erdoterkep.nebih.gov.hu). 27	
9. ábra: Közelítő-csúszda Visegrádon (forrás: Szerző fotója).....	28
10. ábra: 20 méter hosszú felvételi vonal (Forrás: Szerző fotója).....	31
11. ábra: Kerületmérés álló holtfa esetén (Forrás: Szerző fotója).....	33
12. ábra: <i>Epicollect5</i> egy felvételi jegyzőkönyve (Forrás: Szerző fotója)	36
13. ábra: Felvételezés során használt eszközök.....	37
14. ábra: 174-es mintapont holtfa viszonyai (Forrás: Szerző fotója)	39
15. ábra: Mintapontok darabszáma holtfa mennyiségi osztályok szerint.....	40
16. ábra: Holtfa mennyisége az európai erdőkben	41
17. ábra: Összes holtfa átlagos mennyisége erdőrészenként	41
18. ábra: Erdőanyai-völgy erdőrészeinek holtfa viszonyai (Forrás: Saját ábra)	42
19. ábra: Holtfa mennyisége faállomány típusok szerint	43
20. ábra: Összesített holtfa megoszlás fafajonként.....	44
21. ábra: Mintapontok darabszáma fekvő holtfa mennyiségi osztályok szerint.....	46
22. ábra: Fekvő holtfa átlagos mennyisége erdőrészek szerint	46
23. ábra: Fekvő holtfa átmérőosztályok szerinti megoszlása	47
24. ábra: 70 cm átmérőjű fekvő holtfa	48
25. ábra: Fekvő holtfa korhadási fázisok szerinti megoszlása	49
26. ábra: Korhadási fázisok átmérőosztályok szerint	50
27. ábra: Korhadási fázisok megoszlása átmérőosztályok szerint	50
28. ábra: Álló holtfa átlagos mennyisége erdőrészenként	51
29. ábra: Álló holtfa megoszlás fafajonként.....	52
30. ábra: Álló holtfa megjelenési formáinak megoszlása.....	53
31. ábra: Álló magas törzscsonk a 188-as mintaponton, 77/A erdőrészlet	53

32. ábra: Kis szarvasbogár (Forrás: Szerző fotója)	54
33. ábra: Nagy szarvasbogár (Forrás: Szerző fotója)	55
34. ábra: Diófacincér (Forrás: Szerző fotója)	55
35. ábra: Gyászincér (Forrás: szerző fotója).....	56
36. ábra: Havasi cincér (Forrás: Szerző fotója).....	56
37. ábra: Álló holtfa a 174-es mintaponton, 16/A erdőrészlet	57
38. ábra: Meredek oldal, 16/A erdőrészlet (Forrás: Szerző fotója)	60
39. ábra: 1. korhadási fázis	75
40. ábra: 2. korhadási fázis	75
41. ábra: 3. korhadási fázis	76
42. ábra: 4. korhadási fázis	76
43. ábra: 5. korhadási fázis	77
44. ábra: 6. korhadási fázis	77
45. ábra: A holtfa mennyiség és domborzat összefüggései.....	79