

# KUTATÁSI JELENTÉS

## A Mátra, Bükk, Börzsöny hegységek holtfa viszonyainak leíró értékelése

A fenntartható természetvédelem megalapozása magyarországi Natura 2000 területeken című Svájci-Magyar Együtműködési Program pályázat (SH/4/8) holtfa felmérés munkacsomagjának (WP.2.5) szakmai dokumentációja

Ódor Péter  
munkacsomag vezető  
2014.05.21.

A jelentés a 2.5.4 tevékenység O6\_MonData\_ha indikátorát teljesíti, indikátor értéke: 135 000 ha. Az indikátor 322 erdőrészletet (mintavételi pontot) érint.  
időszak: PIR6

MTA  
ÖKOLÓGIAI  
KUTATÓKÖZPONT



Fenntartható  
Természetvédelem  
Magyarországi  
Natura 2000 területeken



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Svájci  
Hozzájárulás**

## **1. A munkacsomag és a jelentés célja**

A kutatás célja, hogy egy reprezentatív minta alapján információt kapjunk az Északi Középhegység erdeiben megjelenő korhadó faanyag mennyiségi és minőségi viszonyairól, és a holtfa erdei biodiverzitásban betöltött szerepéről. A vizsgálat az alábbi részkérdésekre keresi a választ:

1. Mennyi a holtfa mennyisége (m<sup>3</sup>/ha) a kiválasztott öt hegység (Börzsöny, Mátra, Bükk, Zemplén, Aggteleki Karszt) erdeiben?
2. Milyen a holtfa típusok (álló, fekvő), korhadási állapotok és méret szerinti megoszlása?
3. Hogyan aránylik a holtfa mennyisége az élőfakészlethez?
4. A gazdálkodás alatt álló erdők esetében milyen holtfa viszonyok jellemzőek a főbb hegyvidéki erdőzónákra (cseres-kocsánytalan tölgyesek, gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, bükkösök) és korosztályokra (20-50 éves, 50-80 éves, 80 évnél idősebb állományok)?
5. Milyen holtfa viszonyok jellemzik az öt hegységben megtalálható erdőrezervátum magterületeket (továbbiakban erdőrezervátumokat)?
6. Milyen gomba és mohafajoknak nyújt életteret az erdőkben megjelenő holtfa, a két élőlénycsoport holtfán megjelenő közösségének diverzitása és faji összetétele hogyan függ a holtfa mennyiségi és minőségi viszonyaitól, az erdőzónától és az erdőállomány korától?

A projekt célja, hogy a fenti ökológiai kérdések megválaszolása alapján hozzájáruljon a régió ökológiailag fenntartható gazdálkodásához, természetvédelmi erdőkezeléséhez és a védelem alatt álló erdők kezelési terveinek kidolgozásához.

E jelentés a Mátra, Bükk és Börzsöny hegységekre (Mátra, Központi Bükk, Börzsöny erdőgazdasági táj, Halász 2006) vonatkozóan értékeli a holtfa viszonyokra vonatkozó adatokat. A terepi mintavétel 2013-2014 időszakban zajlott. A gomba adatok határozása még folyik, a holtfa és a gomba biodiverzitás között összefüggések feltárása egy későbbi jelentésben valósul meg.

## **2. Módszerek**

### **2.1 A mintaterületek kiválasztása**

Minden mintavétel egy pontszerű objektumhoz kötődik. A mintapontok kijelöléséhez erdőrészleteket választottunk ki az Országos Erdészeti Adattár faállományra és termőhelyre vonatkozó adatait (továbbiakban üzemtervi adatok), valamint távérzékelt képállományokat felhasználva. Egy erdőrészletbe egy mintapontot helyeztünk el, vagyis a mintapontok nem reprezentálják egy adott erdőrészlet holtfa viszonyait, nagyobb léptékű feldolgozásra (hegység, erdőzóna, korosztály) alkalmasak. Külön mintavételt végeztünk az erdőrezervátumok és a gazdálkodás alatt álló erdők holtfa viszonyainak reprezentálására. Gazdasági erdő alatt értjük azokat az erdőállományokat (erdőrészleteket), amelyekben zajlik gazdálkodás, védettségi állapottól, illetve elsődleges rendeltetéstől függetlenül.

Az erdőrezervátumokat a 34 mintapont reprezentálja.

A rezervátumokban a mintapontokat az üzemtervi és a távérzékelt dokumentumok alapján preferenciálisan, de a holtfa viszonyok ismerete nélkül jelöltük ki az alábbi szempontok szerint: rezervátumon belül minél egyenletesebb térbeli elhelyezkedés, viszonylag idős állományrészek kiválasztása, lehetőség szerint zonális erdőtársulások kiválasztása. A

rezervátumi mintapontokhoz is hozzárendeltük a gazdasági erdők kiválasztását meghatározó erdőzóna és korosztály kategóriákat.

A gazdasági erdőket az üzemtervi adatokat felhasználva rétegekbe csoportosítottuk, a mintavétel a rétegeken belül zajlott. A rétegek kialakításának két szintje volt, az erdőzóna és a korosztály. Elkülönítettünk három erdőzónát az alábbi üzemtervi adatok alapján: bükkösök (bükk elegyaránya nagyobb, mint 70%), gyertyános tölgyesek (gyertyán elegyaránya minimum 30%, kocsánytalan tölgy elegyaránya minimum 10%, bükk elegyaránya maximum 40%), cseres-kocsánytalan tölgyesek (cser és kocsánytalan tölgy együttes elegyaránya minimum 70%, gyertyán és bükk együttes elegyaránya maximum 5%). Az erdőzónákon belül elkülönítettünk három korosztályt, 1. 20-49 év, 2. 50-79 év, 3. 80 évnél idősebb állományok. A Mátra és Bükk esetében egy adott zóna adott korosztályából 12 állományt választottunk ki, a Börzsöny esetében 8-at, így a 9 rétegben Mátrában és a Bükkben 108, a Börzsönyben 72, összesen 288 gazdasági erdőállományban történt mintavétel.

A rétegen belül az erdőrészek kiválasztása kvázi egyenletes mintavétellel történt, vagyis a rétegen belüli részleteket nagyobb területi blokkokra osztottuk és egy blokkon belül egy részletet választottunk ki véletlenszerűen. A véletlen kiválasztást torzította, hogy nem választottunk ki 3 ha-nál kisebb erdőrészt, valamint nem választottunk olyan erdőrészt, amelyben az elmúlt három évben nagymértékű fakitermelés (bontóvágás, végvágás) történt. Az erdőrészen belül a mintavételi pontot találmásra helyeztük le, de nem tettük útra és speciális domborzati pontra (sziklakibukkanás, patak, forrás). A mintapontok kevesebb mint 10%-nak a mértékéig figyelembe vettük a nemzeti parkok és a projekt speciális területi igényeit.

## 2.2 Adatgyűjtés

### *A mintapontra vonatkozó általános adatok*

Ellenőriztük, hogy a mintapont a kiválasztás szerinti erdőzónát és korosztályt reprezentálja. Megadtuk a mintapontra jellemző élőhelytípust, az ÁNÉR kategóriarendszerét használva (Böloni et al. 2011). A mintapont faállományáról a négy égtáj irányába fotókat készítettünk a holtfa viszonyok dokumentálása céljából, feljegyeztük a képek file-nevét.

### *Élőfakészlet*

A élőfakészlet meghatározását szögszámláló próbával végeztük (Veperdi 2008, Sopp és Kolozs 2000). A próba elve az, hogy egy pontból azonos vízszintes látószöggel körbe tekintve a látószögnél szélesebbnek látszó mellmagassági átmérők száma a területegységre eső körlapösszeggel arányos. Így a látószögnél szélesebbnek látszó fák darabszáma alapján megállapítható az állomány körlapösszege az alábbi képlet alapján

$$G \text{ (m}^2\text{/ha)} = z * k,$$

ahol G a körlapösszeg m<sup>2</sup>/ha-ban megadva, z a felvett fák darabszáma, k a relaszkóp szorzótényezője. A felvételt (darabszámot) fafajonként külön kell megadni. Fafajonként megmérve egy átlagfa átmérőjét, és magasságát, faterméstani függvények segítségével meghatározható a fafaj alakmagassága, amellyel megszorozva a körlapösszeget megkapjuk a fafajok ha-ra vonatkozó fatérfogatát, ezt összegezve az ösztérfogatot.

Terepen felvett adatok:

Fafaj, próbába bekerülő egyedszám, átlagfa kerület, átlagfa magasság, szorzótényező.

A felvételezést nem relaszkóppal, hanem optikával nem ellátott eszközzel végeztük. Emiatt fontos megállapítani azt a határtávolságot, amelynél kisebb vízszintes távolságnál az adott faegyed bekerül a mintába. A határtávolság  $d$  (átmérő) szorozva egy konstanssal, ami  $k$  függvénye. Ennek értéke  $k=1$  esetén 50,  $k=2$  esetében 35.36,  $k=0.5$  esetében 70.72. Vagyis  $k=1$  esetében egy 20 cm átmérőjű fa határtávolsága 10 m.  $k=1$  szorzótényezővel végeztük a szögszámlálást, határesetben mértük le a fafaj és a mintapont közötti vízszintes távolságot, a bekerülés eldöntésére (ha a vízszintes távolság kisebb volt a határtávolságnál, a fa bekerült a mintába).

### *Álló holtfa felvétele*

Az álló holtfa felvétele terület alapú mintavétellel történt, vagyis a mintapont körüli körben minden mérethatárt meghaladó álló holtfa egyedet megmértünk, térfogatát kiszámoltuk. Az elővizsgálatok alapján javasolt mintaterület méret 1000 m<sup>2</sup> volt, amely 17.8 m sugarú körnek felelt meg. Magas faegyed sűrűségű fiatal állományban 500 m<sup>2</sup>-es (12.6 m sugarú kör) mintaterülettel dolgoztunk. A mintaterületen belüli, 5 cm-es mellmagassági átmérőnél (DBH) vastagabb elhalt fák kerültek be a mintába. Az álló holtfa egyedeknek kiszámoltuk a térfogatát, azonban ezt többféle módon hajtottuk végre:

1. A fát teljes fának tekintettük, megmértük a DBH-ját és a magasságát, megadtuk a fafaját, és a faterméstani függvények alapján kiszámoltuk a térfogatát.
2. A holtfa csonk, hengernek tekintettük. Ez esetben megadtuk a csonk átlagos (középső) átmérőjét és magasságát. A fát hengerként tekintve számoltuk a térfogatát ( $r^2 \pi \cdot H$ ). Olyan átmérő értéket adtunk meg, amellyel képzett henger leginkább közelítette a fa térfogatát. Emellett megadtuk a holtfa DBH-ját is.
3. A holtfa csonk, csonka kúpnak tekintettük. Ez esetben a holtfának több magassági pontjára megadtuk az átmérőt. Az egyes szakaszok térfogatát külön számoltuk ki és összegeztük. A csonka kúp térfogata:  $(R_1^2 + R_2^2 + R_1 R_2) \cdot \pi \cdot H / 3$ . Ez esetben mindenképp megadtuk az alapi 0, 1.3 m és a felső átmérőt (kerületet), és az átmérőkhöz tartozó magasságokat. Ezt a módszert csak ritkán, nagyméretű facsonkoknál alkalmaztuk.

Tuskók esetében (0.5 m-nél alacsonyabb csonk) hengerként számoltuk a térfogatot.

Terepen felvett adatok: mintaterület mérete (1000 vagy 500 m<sup>2</sup>), holtfa egyed sorszáma, fafaja, korhadási fázisa, térfogatszámítás módja (fa, henger, csonka kúp), típusa (fa, csonk, tuskó), a térfogat számítási módnak megfelelő átmérő és magasság adatok. A korhadási fázisoknál a fekvő holtfánál megadott kategóriarendszert alkalmaztuk.

### *Fekvő holtfa felvétele*

A fekvő holtfa felvétele vonal menti mintavétellel történt (Warren and Olsen 1964, van Wagner 1968, Stahl et al. 2001). A mérés során egy kiválasztott pontból, adott irányba kihúzott, adott hosszúságú vonal mentén rögzítettük azoknak a fekvő fának az átmérőjét, amelyeket a vonal metszett, és meghaladtak egy minimum átmérőt. Mind a minimum átmérő, mind a rögzítendő átmérő arra a pontra vonatkozott, ahol a fát a vonal metszette. Az átmérő adatok alapján a területre vonatkoztatott térfogatot az alábbi képlet alapján számoltuk ki:

$$V = \frac{\pi^2 \sum d^2}{8L} \quad (1)$$

ahol  $V$  az egységnyi területre eső térfogat,  $d$  a fák átmérője és  $L$  a vonal hossza. A képlet alkalmazása során az  $L$  és  $d$  mértékegysége meg kell, hogy egyezzen, és a területre eső térfogatot is ebben a mértékegységben kaptuk meg. Tehát pl. ha  $L$ -et m-ben és a  $d$ -t is m-ben adjuk meg, akkor  $V$ -t  $\text{m}^3/\text{m}^2$ -ben kapjuk meg, ezt 10000-el szorozva kapjuk meg  $V$ -t  $\text{m}^3/\text{ha}$ -ban. A módszer elve, hogy egy egy-dimenziós objektum (vonal) az érintett fákból két-dimenziós felületeket ( $90^\circ$  esetén kört, egyébként ellipszist) metsz ki, amelyeket a felületen kiterítve térfogatként értelmezhetünk. A fák és a vonal közötti szöggel ( $0$  és  $90^\circ$  között) a kimetszett felület fordítottan arányos (különböző mértékben elnyújtott ellipszis,  $90^\circ$ -nál kör), a metszési valószínűség viszont egyenesen (merőleges helyzetnél a legnagyobb adott hosszúságnál a metszési valószínűség). Ennek felhasználásával, valamint feltételezve, hogy a fák dőlésiránya véletlenszerű, a felületre vonatkoztatott térfogat a vonal hosszának és az össz-átmérőnek a függvénye. A matematikai levezetést lásd van Wagner (1968) cikkében. A fák kitüntetett dőlési irányának hatása ellensúlyozható, ha egy pontból több irányba vonal mentén történik a mintavétel, azokat egy mintának tekintve (hosszukat összeadva).

Mivel a módszer rendkívül gyors és hatékony a vonalak hosszát a távolságmérő műszer hatótávolságához maximalizáltuk. A mintapontból 3 db 30 m hosszú vonalat húzunk ki  $0$ ,  $120$  és  $240$  fokos szögben (vagyis  $L$  90 m volt). A mintába azok a fák kerültek be, amelyek átmérője a vonal metszéspontjában nagyobb volt, mint 5 cm.

Felveendő adatok a fekvő holtfákról: faj, átmérő (vonal metszéspontnál), korhadási fázis.

A korhadás miatt ellaposodott fáknál azt az átmérőt írtuk fel, amekkora a fa a korhadás előtt lehetett. A fák korhadási állapotát azok külső, terepen megállapítható sajátságai alapján korhadási fázisokba sorolják. A projektben egy hazai bükkösökben zajlott vizsgálat 6 fázisból álló rendszerét alkalmaztuk (Ódor and Standovár 2003, Ódor and van Hees 2004), amelyet egy nemzetközi kollaboráció során már több országban is használnak (Christensen et al. 2003, Ódor et al. 2004, Ódor et al. 2006). A korhadási fázisok definícióit az 1. táblázat tartalmazza.

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 cm-nél mélyebbre hatol	5	nagyobb darabok hiányoznak	részben elmosódott	lapos ellipszis
6	hiányzik	hiányzik	puha, kés cm-nél mélyebbre hatol	5	faanyag megjelenése szigetszerű, humifikálódo tt	elmosódott	teljesen lapos vagy lapos ellipszis

1. táblázat. A fák korhadsági állapotának besorolása korhadási fázisokba.

Természetesen a fák terepi besorolása mindig szubjektivitással terhelt, hiszen egyes esetekben a különböző szempontok sajátosságai alapján más-más fázisba sorolódhat egy fa, valamint a fa különböző részei eltérő korhadtságúak lehetnek. Ez utóbbi a mintavétel során kevésbé jelent problémát, hiszen nem a teljes fát kell besorolni, hanem csak azt a részét, ahol a vonal metszi. Az 1-2-3-as fázis esetében a legfontosabb szempont a fa puhasága. Ha a fa kemény akkor kéreg borítástól függően soroljuk 1 ill. 2-be. Ha nagy részén kezd puha lenni (helyenként puha, helyenként kemény) 3-as, ha a legtöbb helyen puha 4-es. Egyes fafajokon sokáig megmarad a kéreg (pl. nyír), annak ellenére, hogy a faanyag jelentős mértékben korhadt, ilyen esetekben kaphat 3-ast illetve akár 4-est is.

4-5-6 fázisban a faanyag alapvetően puha, de 4-esnél a fa ép, keresztmetszete még nagyjából kör alakú, határa éles. Az 5-ös esetében a fa keresztmetszete lapos ellipszis, itt-ott hiányoznak részei, határa egyes helyeken már elmosódott, de a fa még jelentős mértékben megvan, a talajból kiemelkedik, határa sokszor felismerhető. A 6-os fázisban a fa alig emelkedik ki a talajból, részben eltűnik, részben fa magokként jelenik meg, a fa és a talaj határa elmosódott. Bár korai fázisokban a legfontosabb faktor a keménység-puhaság, meg kell jegyezni, hogy egyes gombafajok (Pyrenomycetes, Eutypa fajok, fa felszínén fekete bevonat) a korhasztás során csontkeményre szárítják a fát. Ilyen esetekben lehet nagyobb korhadási fázist adni a fa körvonala, felülete stb. alapján.

## 2.3 Adatfeldolgozás

A terepen felvett adatokból az alábbi származtatott változókat képeztük: holtfa térfogata (m<sup>3</sup>/ha); holtfa relatív térfogata (holtfa százalékban kifejezett aránya az élőfakészlet térfogatához viszonyítva); álló holtfa relatív térfogata (az álló holtfa térfogatának (beleértve az elhalt fákat, facsonkokat és tuskókat) százalékban kifejezett aránya az összes holtfa térfogatához viszonyítva); tuskók relatív térfogata (a tuskók térfogatának százalékban kifejezett aránya a holtfa térfogatához viszonyítva); vastag holtfa relatív térfogata (a 20 cm-es átmérőnél vastagabb holtfa elemek térfogatának százalékban kifejezett aránya az összes holtfa térfogatához viszonyítva); korhadt holtfa relatív térfogata (a 4-es, 5-ös, 6-os korhadási fázisú holtfa összevont térfogatának százalékban kifejezett aránya az összes holtfa térfogatához viszonyítva).

E változók középértékét összevetettük a gazdasági erdők és a rezervátum között. Mivel a rezervátum csoport mintaelemszáma a gazdasági erdőknek kb. tizede volt (34 illetve 288), az összehasonlítás során a Mood-féle medián próbát alkalmaztuk (Reiczigel et al. 2007), amely két csoport mediánja közötti egyezés nullhipotézisét teszteli. A próba alkalmazásának nem feltétele normalitás és a variancia homogenitás teljesítése, amelyeket a mintánk nem elégít ki. A próba a közös medián alatti illetve feletti mintaelemek számát hasonlítja össze a két csoport között, Fischer-féle egzakt tesztet alkalmazva.

A gazdasági erdőkön belül összehasonlítottuk a vizsgált változók középértékeit a három tájegység, a vizsgált korcsoportok és erdőzónák között külön-külön. Az összehasonlítás során egyszempontú variancia analízist alkalmaztunk, a csoportok közötti szignifikáns eltérés esetében Tukey-teszttel végeztünk a csoportok között többszörös összehasonlítást. A próbák normalitás és variancia homogenitás feltételeinek biztosításához a függő változók ln transzformációja volt szükséges. Az eredmények vizuális megjelenítése boxplotokon történt, amelyeken feltüntettük a minták mediánját (középső vonal), interkvartilis terjedelmét (box), a kiugró értékek nélküli tartományt (maximum az interkvartilis terjedelem másfélszerese, pálcikák) és a kiugró értékeket. Az adatok feldolgozása R 3.0 környezetben zajlott (R Core Team 2013).

### 3. Eredmények

#### 3.1 A változók csoportosítás nélküli leíró adatai

A vizsgált változók középértékeit és szóródási mutatóit a 2. táblázat foglalja össze.

Változó	Átlag	Medián	Minimum	Maximum	Szórás
Holtfa (m <sup>3</sup> /ha)	38.64	25.26	1.30	380.49	46.00
Holtfa arány (%)	11.31	7.71	0.53	91.30	12.22
Álló holtfa arány (%)	33.60	29.82	0.00	93.64	22.31
Tuskó arány (%)	11.30	6.30	0.00	87.13	13.86
Vastag holtfa arány (%)	27.36	17.66	0.00	93.25	25.56
Korhadt holtfa arány (%)	21.69	16.15	0.00	87.98	19.07
Moha fajszaám	6.35	5.00	0.00	27.00	4.46

2. táblázat. A vizsgált változók leíró statisztikai adatai.

#### 3.2 Rezervátumok és gazdasági erdők összevetése

A teljes minta 322 mintaterületet tartalmazott, ebből 288 reprezentálta a gazdasági erdőket, 34 a rezervátumokat. A vizsgált változók esetében a rezervátumok és a gazdasági erdők középértékeit a 2. táblázat tartalmazza. A holtfa térfogata a rezervátumokban közel négyszer több, mint a gazdasági erdőkben. Bár ilyen arányú eltérés az élőfatömeghez viszonyított holtfa mennyiségében nem jelentkezett, ez az érték is háromszor nagyobb a rezervátumokban. Az álló holtfa arányában a két csoport közötti eltérés kicsi, a gazdasági erdőkben ez az érték valamivel nagyobb, a fiatal állományok nagyobb mértékű öngyérülése miatt. A gazdasági erdőkben a holtfa több, mint 10%-át a tuskók teszik ki, amelyek a rezervátumokból gyakorlatilag hiányoznak. A vastag holtfa aránya a rezervátumokban kb. háromszor akkora, mint a gazdasági erdőkben. Az erősen korhadt holtfa aránya a két csoport között nem tért el, 20% körüli érték. A holtfán megjelenő mohák fajszaama a rezervátumokban kb. háromszorosa a gazdasági erdők fajgazdagságának.

	Gazdasági erdők	Rezervátumok	p
Holtfa (m <sup>3</sup> /ha)	29,35 (1,30-23,61-140,43)	117,3 (14,91-102,5-380,49)	<0,001
Holtfa arány (%)	9,39 (0,53-7,24-67,74)	27,59 (3,41-19,03-91,30)	<0,001
Álló holtfa arány (%)	34,68 (0,16-31,79-93,64)	24,44 (0,00-23,73-55,25)	0,045
Tuskó arány (%)	12,43 (0,00-7,94-87,13)	1,73 (0,00-1,07-8,93)	<0,001
Vastag holtfa arány (%)	22,96 (0,00-15,07-93,25)	64,64 (1,32-67,37-92,44)	<0,001
Korhadht holtfa arány (%)	21,73 (0,00-15,92-87,98)	21,33 (1,17-18,28-57,72)	0,587
Moha fajsám	5,39 (0,00-5,00-27,00)	14,47 (0,00-13,00-23,00)	<0,001

2. táblázat. A vizsgált változók jellemzői a gazdasági erdők és a rezervátumok esetében. A cellákban az átlagot, zárójelben a minimum értéket, mediánt és a maximum értéket tüntettük fel. p a Mood-féle medián teszt alapján számolt szignifikancia szintet jelöli.

### 3.2 A három tájegység összehasonlítása a gazdasági erdőkön belül.

A három tájegységet a Börzsöny esetében 72, a Bükk és Mátra esetében 108 mintavételi pont reprezentálja. A vizsgált változók tájankénti összehasonlítását a 3. táblázat mutatja. A holtfa mennyisége és az élő fatérfogathoz viszonyított aránya szignifikánsan magasabb a Bükkben, mint a Börzsönyben és a Mátrában. Az álló holtfa aránya a Mátrában kis mértékben nagyobb, mint a másik két hegységben. A tuskók és a vastag korhadht fa arányában nem találtunk különbséget a tájak között. A Mátrában magasabb a holtfán belül az előrehaladott korhadási állapotok aránya.

	Börzsöny	Bükk	Mátra	F	p
Holtfa (m <sup>3</sup> /ha)	27,37 <sup>a</sup>	36,37 <sup>b</sup>	23,65 <sup>a</sup>	11,71	<0,001
Holtfa arány (%)	8,20 <sup>a</sup>	11,74 <sup>b</sup>	7,84 <sup>a</sup>	12,65	<0,001
Álló holtfa arány (%)	30,33 <sup>a</sup>	32,70 <sup>ab</sup>	39,57 <sup>b</sup>	4,39	0,013
Tuskó arány (%)	13,43	10,45	13,75	0,63	0,530
Vastag holtfa arány (%)	25,59	22,06	22,10	0,06	0,937
Korhadht holtfa arány (%)	17,15 <sup>a</sup>	17,49 <sup>a</sup>	29,02 <sup>b</sup>	13,82	<0,001
Moha fajsám	6,32 <sup>a</sup>	6,63 <sup>a</sup>	3,52 <sup>b</sup>	54,97	<0,001

3. táblázat. A vizsgált változók jellemzői a három erdőgazdasági táj (Börzsöny, Bükk, Mátra) esetében. A cellákban az átlagot tüntettük fel. F a variancia analízis alapján számolt F-értéket jelöli (szabadsági fok 2 ill. 285), p a statisztika szignifikancia szintjét. Szignifikáns F érték esetében a többszörös összehasonlítás alapján az egy alapsokasághoz tartozó csoportokat az átlag mellett feltüntetett azonos betűk jelölik.

### 3.3 Korosztályok összehasonlítása a gazdasági erdőkön belül.

A három korosztályt (1: 20-49 év, 2: 50-79 év, 3: 80 évnél idősebb) a gazdasági erdőkön belül korosztályonként 96 (összesen 288) mintaterület reprezentálja. A korosztályok összehasonlítását a vizsgált változók esetében a 4. táblázat mutatja. A holtfa mennyisége és a vastag holtfa aránya magasabb a legidősebb korosztályban, mint a másik kettőben, vagyis a holtfa az erdő korával felhalmozódást mutat. Ezzel szemben a holtfa élőfához viszonyított aránya nem változik a korosztályok között. A legfiatalabb korosztályban nagyobb az álló holtfa és a tuskók aránya, előbbi a természetes öngyérülés, utóbbi a tisztítások, gyérítések hatására. Az előrehaladott korhadás állapotok aránya szintén a legfiatalabb korosztályban a



legmagasabb, mivel az itt megtalálható zömében vékony faanyag korhadása viszonylag gyors. A holtfához kötődő moha diverzitás egyenletes nő a kor előrehaladtával.

	1	2	3	F	p
Holtfa (m <sup>3</sup> /ha)	21,73 <sup>a</sup>	26,31 <sup>a</sup>	40,01 <sup>b</sup>	11,08	<0,001
Holtfa arány (%)	9,35	7,91	10,91	2,83	0,061
Álló holtfa arány (%)	43,52 <sup>a</sup>	32,87 <sup>b</sup>	27,66 <sup>b</sup>	13,38	<0,001
Tuskó arány (%)	18,95 <sup>a</sup>	10,28 <sup>b</sup>	8,07 <sup>b</sup>	13,85	<0,001
Vastag holtfa arány (%)	16,32 <sup>a</sup>	20,64 <sup>a</sup>	31,92 <sup>b</sup>	12,26	<0,001
Korhadt holtfa arány (%)	25,86 <sup>a</sup>	19,48 <sup>b</sup>	19,85 <sup>ab</sup>	3,41	0,034
Moha fajszám	4,63 <sup>a</sup>	5,27 <sup>ab</sup>	6,25 <sup>b</sup>	5,13	0,006

4. táblázat. A vizsgált változók jellemzői a gazdasági erdők három korcsoportja esetében. 1: 20-49 év, 2: 50-79 év, 3: 80 évnél idősebb. A cellákban az átlagot tüntettük fel, F a varianciaanalízis alapján számolt F-értéket jelöli (szabadsági fok 2 ill, 285), p a statisztika szignifikancia szintjét. Szignifikáns F érték esetében a többszörös összehasonlítás alapján az egy alapsokasághoz tartozó csoportokat az átlag mellett feltüntetett azonos betűk jelölik.

### 3.4 Erdőzónák összehasonlítása a gazdasági erdőkön belül

A mintavétel során három erdőzónát különböztettünk meg, a cseres-kocsánytalan tölgyesek, gyertyános-kocsánytalan tölgyesek és a bükkösök zónáját. A cseres-kocsánytalan tölgyeseket 96, a gyertyános-kocsánytalan tölgyeseket 95 a bükkösöket 97 mintaterület reprezentálta. Az erdőzónák összehasonlítását a vizsgált változók esetében az 5. táblázat mutatja. A zónák között a holtfa mennyisége és a vastag holtfa aránya nem tért el, a holtfa élő fatérfogathoz viszonyított aránya a cseres-tölgyesekben a legmagasabb, a bükkösökben a legalacsonyabb. A bükkösökben az álló holtfa aránya alacsonyabb, a korhadt holtfa aránya magasabb, mint a másik két zónában. A bükk gyökérszeme felszínesebb, mint a tölgyeké, emiatt a törzsek könnyebben kidőlnek, kevésbé képeznek álló holtfát. Az erősen korhadt faanyag nagyobb aránya a bükkösökben a tölgyekhez képest gyorsabb korhadásával magyarázható. A tuskók aránya kis mértékben alacsonyabb volt a cseres-tölgyesekben, mint a másik két zónában. A moha fajszám a bükkösökben alacsonyabb volt, mint a másik két zónában. Ez azzal magyarázható, hogy a mohaközösséget jelentős mértékben kitevő epifiton fajok kedvezőbb életkörülményeket találnak a tölgyek kérgén, mint a bükkén.

	B	CS_KTT	GYT	F	p
Holtfa (m <sup>3</sup> /ha)	29,56	29,04	29,45	0,16	0,853
Holtfa arány (%)	7,56 <sup>a</sup>	11,14 <sup>b</sup>	9,49 <sup>b</sup>	5,13	0,006
Álló holtfa arány (%)	27,61 <sup>a</sup>	40,14 <sup>b</sup>	36,39 <sup>b</sup>	8,24	<0,001
Tuskó arány (%)	13,09 <sup>a</sup>	10,48 <sup>b</sup>	13,73 <sup>a</sup>	5,37	0,005
Vastag holtfa arány (%)	17,76	26,18	25,00	1,06	0,349
Korhadt holtfa arány (%)	26,29 <sup>a</sup>	19,05 <sup>b</sup>	19,78 <sup>b</sup>	6,37	0,002
Moha fajszám	4,44 <sup>a</sup>	5,91 <sup>b</sup>	5,82 <sup>b</sup>	5,36	0,005

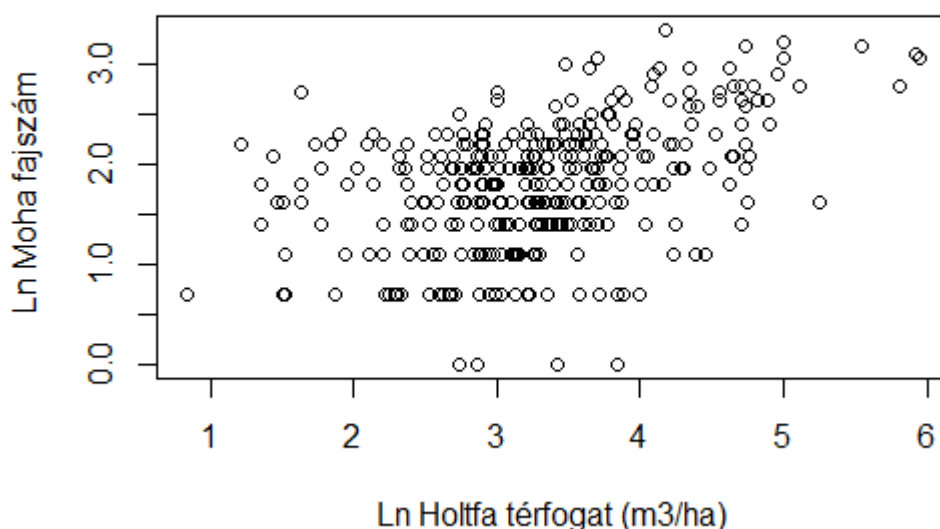
5. táblázat. A vizsgált változók jellemzői a gazdasági erdők három erdőzónája esetében. B: bükkösök, CS\_KTT: cseres-kocsánytalan tölgyesek, GYT: gyertyános-kocsánytalan tölgyesek. A cellákban az átlagot tüntettük fel, F a varianciaanalízis alapján számolt F-értéket jelöli (szabadsági fok 2 ill, 285), p a statisztika szignifikancia szintjét. Szignifikáns F érték esetében a többszörös összehasonlítás alapján az egy alapsokasághoz tartozó csoportokat az átlag mellett feltüntetett azonos betűk jelölik.

### 3.5 A moha fajgazdagság és a holtfa jellemzők közötti összefüggések feltárása

A moha fajgazdagság és a holtfa változók közötti korrelációs értékeket a 6. táblázat mutatja. A legszorosabb összefüggést a holtfa mennyiség mutatta a moha fajszámmal. Mivel a mohaközösséget főleg epifiton (kéreglakó) fajok alkotják a korhadt faanyag arányával nem kaptunk összefüggést. A mohák számára a fekvő holtfa mikroklímatis okok miatt kedvezőbb, mint az álló, ezzel magyarázható az álló holtfa arány negatív hatása. A vastag holtfa aránya kevésbé jelentős, mint a holtfa mennyisége. A holtfa aránya és a tuskó aránya közvetett hatás, összefügg a holtfa mennyiségével.

	r	p
Holtfa (m <sup>3</sup> /ha)	0,432	<0,001
Holtfa arány (%)	0,390	<0,001
Álló holtfa arány (%)	-0,139	0,012
Tuskó arány (%)	-0,281	<0,001
Vastag holtfa arány (%)	0,291	<0,001
Korhadt holtfa arány (%)	-0,079	0,159

6. táblázat. A moha fajszám korrelációs koefficiensei és azok szignifikanciája, a különböző holtfa változókkal.



1. ábra. A korhadt faanyag mennyisége és a moha fajszám közötti összefüggés (mindkét változó esetében ln transzformált alakot alkalmazva).

#### 4, Értékelés

A rezervátumok és a gazdasági erdők holtfa viszonyaiban jóval markánsabb különbséget kaptunk, mint a gazdasági erdőkön belül a tájak, korosztályok és az erdőzónák esetében. A holtfa térfogata a rezervátumokban közel négyszer több, mint a gazdasági erdőkben, a vastag holtfa aránya pedig kb. háromszor akkora.

A gazdasági erdőkben legjelentősebb a kornak a hatása. A korról a holtfa mennyisége nő, a vastag holtfa aránya szintén növekszik, az álló holtfa aránya csökken. Ez utóbbit a fiatal kori öngyérülés okozza. A három táj közötti különbség viszonylag kicsi, a Bükkben nagyobb a holtfa mennyisége a gazdasági erdőkben, mint a másik két tájban. Az erdőzónák esetében elsősorban a bükk és a tölgyek eltérő korhadási jellemzői mutatkoznak meg. A bükk korhadása gyorsabb, ezért nagyobb az erősen korhadt faanyag aránya, a tölgyek állékonyabbak, ezért magasabb a tölgyesekben az álló holtfa aránya.

A gazdasági erdőkben (még a védett erdőkben sem) cél a természetes referenciának tekinthető rezervátumok holtfa viszonyainak elérése. Fokozottan védett állományokban azonban, ahol a beavatkozások alapvetően természetvédelmi célokat szolgálnak, javasolt a  $80 \text{ m}^3/\text{ha}$  holtfa mennyiség elérése és fenntartása, biztosítva a nagyméretű faanyag viszonylag magas (60% feletti) arányát. A  $20 \text{ m}^3/\text{ha}$  alatti holtfa mennyiség azonban a gazdasági erdőkben is kevés, törekedni kéne minden védett erdőben a minimum  $20\text{-}30 \text{ m}^3/\text{ha}$  közötti holtfa mennyiség biztosítására. Azokban az erdőkben, ahol a holtfa állományban hagyása nem okoz jelentős gazdasági veszteséget (nehezen megközelíthető állományok, jelentős értékű faanyag felhalmozódása, holtfa nagymennyiségű keletkezése bolygatások következtében stb.) célszerű lenne minimum  $30\text{-}50 \text{ m}^3/\text{ha}$  holtfát fenntartani. A természetese referenciához jobban közelítene a gazdasági erdők holtfa állapota (mennyiségtől függetlenül), ha a holtfát kisebb arányban alkotnák az álló holtfák és a tuskók, és nagyobb lenne a fekvő holtfa aránya. Ezt elősegítené, ha a fahasználatok során több fekvő holtfát hagynának vissza az erdőben, illetve a fahasználatok között keletkező kidőlt fákat nem szállítanák el. A holtfához kötődő organizmusok igen érzékenyek a holtfa időbeli kontinuitására, folyamatos jelenlétére. Ez elsősorban a folyamatos erdőborítást biztosító gazdálkodás során valósítható meg. Szintén fontos, hogy a holtfa, mint élőhely térben elérhető, kolonizálható legyen a korlátozott terjedőképességgel rendelkező élőlények számára. Ezt az „átjárást” biztosítja, hogy a gazdasági erdőkben is jelen legyen korlátozott mennyiségű ( $20\text{-}30 \text{ m}^3/\text{ha}$  körüli) holtfa, míg a nagyobb holtfa mennyiséggel rendelkező állományok esetében e fajok stabil lokális populációk kialakítására képesek. E korlátozott mennyiségű holtfa biztosítása azt gondolom alapvetően nem gazdasági kérdés, ekkora mennyiségű elhalt faanyag (az élőfakészlet kb. 8-10 %-a) biztosítható a természetes bolygatások során elpusztult faanyag visszahagyásával, az értékű fák kímélésével, a fahasználatok után nagyobb mennyiségű hulladékfa visszahagyásával.

#### 4, Irodalomjegyzék

- Bölöni, J., Molnár, Zs., Kun, A., 2011. Magyarország élőhelyei. Vegetáció típusok leírása és határozója. ÁNÉR 2011. MTA ÖBKI, Vácrátót.
- Christensen, M., Hahn, K., Mountford, E.P., Wijdeven, S., Manning, D.B., Standovár, T., Ódor, P. and Rozenberger, D. 2003. Study on dead wood in European beech forest reserves. Nat-Man Working Report 9. [www.flec.kvl.dk/natman/](http://www.flec.kvl.dk/natman/).
- Halász, G. (szerk.), 2006. Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest.
- Ódor, P., Standovár, T. 2003. Changes of physical and chemical properties of dead wood during decay: Hungary. Nat-Man Working Report 23. [www.flec.kvl.dk/natman/](http://www.flec.kvl.dk/natman/).
- Ódor, P., van Hees, A.F.M. 2004. Preferences of dead wood inhabiting bryophytes for decay stage, log size and habitat types in Hungarian beech forests. J. Bryol. 26: 79-95.
- 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., Matočec, N., Kraigher, H. and Grebenc, T. 2004. Ecological succession of bryophytes, vascular plants and fungi on beech coarse woody debris in Europe (D16 of the Nat-Man project) Nat-Man Working Report 51. [www.flec.kvl.dk/natman/](http://www.flec.kvl.dk/natman/).
- 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., Matočec, N., Kraigher, H., Grebenc, T., 2006. Diversity of dead wood inhabiting fungi and bryophytes in semi-natural beech forests in Europe. Biol. Conserv. 131: 58-71.
- R Core Team (2013). R 3.0.: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Reiczigel, J., Harnos, A., Solymosi, N., 2007. Biostatistika nem statisztikusoknak. Pars Kft., Nagykovácsi.
- Sopp, L., Kolozs, L., 2000. Fatömegszámítási táblázatok. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest.
- Stáhl, G., Lämäs, T., 1998. Assessment of coarse woody debris. A comparison of probability sampling methods. In: Bachmann, P. (Ed.), Assessment of biodiversity for improved forest planning. Kluwer Academic Press, Netherland, pp. 241-248.
- van Wagner, C.E., 1968. The line intersect method in forest fuel sampling. Forest Science 14: 20-26.
- Veperdi, G., 2008. Erdőbecslés. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron.
- Warren, W.G., Olsen, P.F., 1964. A line intersect technique for assessing logging waste. Forest Science 10: 267-276.