

Állatorvostudományi Egyetem
Biológiai Intézet

A természetvédelmi erdőkezelés hatása lombhullató erdei élőhelyek szerkezetére

Készítette: József Júlia

Témavezető: Dr. Aszalós Réka

Tudományos munkatárs

MTA Ökológiai Kutatóközpont
Ökológiai és Botanikai Intézet

Belső konzulens: Dr. Szabó Péter
Ökológiai Tanszék

Budapest, 2017

Tartalomjegyzék

Rövidítések jegyzéke	3
1. Irodalmi áttekintés	4
1.1. Vágásos erdőgazdálkodás	4
1.2. Teljes érintetlenség biztosítása	6
1.3. Szálalás	8
1.4. Természetvédelmi erdőkezelések	10
2. Célkitűzések	11
3. Anyag- és módszer	11
3.1. A vizsgált erdőterület bemutatása	11
3.2. A természetvédelmi célú beavatkozások	12
3.3. A terepi mintavétel és a mért adatok előkészítése	15
3.4. Statisztikai analízis	18
4. Eredmények	19
4.1. A hektáronkénti átlagos tőszámok megváltozása a beavatkozások hatására	19
4.2. A hektáronkénti átlagos körlapösszegek változása	20
4.3. Az átmérőeloszlás változása	22
4.4. A holtfa mennyiségének változása	26
5. Diskusszió és kitekintés	28
6. Összefoglalás	32
7. Summary	33
Irodalomjegyzék	35
Köszönetnyilvánítás	40

Rövidítések jegyzéke

MTA ÖK – Magyar Tudományos Akadémia, Ökológiai Kutatóközpont

BNPI – Bükki Nemzeti Park Igazgatóság

DBH – (Diameter at Breast Height) mellmagassági törzsátmérő

KTT – kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*)

CS – csertölgy (*Quercus cerris*)

GY – gyertyán (*Carpinus betulus*)

MJ – mezei juhar (*Acer campestre*)

L2a – cseres–kocsánytalan tölgyesek

K2 – gyertyános–kocsánytalan tölgyesek

L2aK2 – cseres–tölgyes – gyertyános–tölgyes átmenet (inkább cseres–tölgyes jellegű)

K2L2a – gyertyános–tölgyes – cseres–tölgyes átmenet (inkább gyertyános–tölgyes jellegű)

1. Irodalmi áttekintés

A tölgyfajok által uralt erdei ökoszisztémák mind Eurázsia-, mind Amerikaszerte széles körben elterjedtek (Löff és mtsai. 2015). A tölgyerdők értékes faanyagot szolgáltatnak a faipar számára, létfontosságú élőhelyeket biztosítanak számos erdőlakó élőlénycsoport számára, de ezeken felül különböző kulturális szolgáltatásokat – pl. kirándulóhelyeket, történelmi és rituális helyszíneket – is nyújtanak (Guyot és mtsai. 2016, Löff és mtsai. 2015). Ezekben az erdőkben – a kívánt céloknak megfelelően – különböző erdőgazdálkodási módszerek alkalmazhatóak (Götmark 2013, Löff és mtsai. 2015), amelyek alapvetően határozzák meg az erdők szerkezetét és fafaji összetételét (Decocq és mtsai. 2005). A gazdasági célokat szolgáló erdőgazdálkodási módszerek sok esetben nem szolgálják a biodiverzitás védelmét (Löff és mtsai. 2015).

1.1. Vágásos erdőgazdálkodás

Hazánkban kb. 150 éve alakult ki és terjedt el a vágásos erdőgazdálkodás (Tímár 2016). Fő motivációja a gazdaságilag értékes faanyag kitermelése, így kevesebb figyelmet fordít természetvédelmi szempontokra (Frank és Szmorad 2014). A vágásos gazdálkodás során az állományt korábban egy lépésben tarvágással (természetes újulat előzetes megsegítése nélkül), vagy napjainkban több lépésben (fokozatos felújítógágással) termelik le. A beavatkozás után létrejött vágásterületen felnövő új állományt korábban gyakran mesterséges újulat telepítésével hozták létre, de napjainkban a faanyagtermelést szolgáló tölgyesekben is a természetes újulat növekedésének megsegítésével állítják elő az utódállományt. A vágásos erdőgazdálkodás véghasználatának eredménye rendszerint egy többé-kevésbé egykorú, főként a célállomány fafajait tartalmazó fiatalos létrejött (Löff és mtsai. 2015, Tímár 2016). A felnövekvő erdőállományban olyan gyérítéseket szoktak végezni, amelyek célja a tőszám lecsökkentése a hibásnak tekintett (a nemkívánatos fafajú, beteg, vagy sarjeredetű) egyedek eltávolításával (Löff és mtsai. 2015). A kivágott fák általában az állományban maradnak, esetleg a vastagabb törzsrészeket szállítják el. A törzskiválasztó gyérítés célja az érték-fafajok jó minőségű egyedeinek kiválasztása, megsegítése a növekedésüket akadályozó, kevésbé értékes fák kivágásával. A növedékfokozó gyérítés célja elvben a gazdasági szempontból értékes fafajok jó minőségű egyedeinek növekedésének segítése az ezt akadályozó fák adott mértékű eltávolításával; a kitermelt faanyagot hasznosítják. Gyakori gazdálkodási hiba az alászorult egyedek

eltávolítása, a kialakuló színtezettség céltudatos megszüntetése, esetenként a cserjeszint eltávolítása (Tímár 2016). Utóbbi különösen káros is lehet, mert a cserjeszint egyebek mellett fontos szerepet tölt be az újulat nagytestű növényevőktől való megóvásában. Jensen és mtsai. (2012) kimutatták, hogy a tölgy újulatot ért rágás frekvenciája és intenzitása kisebb volt azokon a területeken, ahol a cserjeszintet nem irtották ki.

Ezt a fajta erdőgazdálkodást – bár a korábbi, rendszertelen, az erdőt sokszor kíméletlenül kielő használatokhoz képest jóval kíméletesebb módszer – napjainkban számos kritika éri (Frank és Szmorad 2014, Götmark 2013, Löff és mtsai 2015, Timár 2016). A vágásos erdőgazdálkodás ugyanis nagyban egyszerűsíti a természetes viszonyokat. A természetesen előforduló bolygatások hatásait kiküszöböli, helyette mesterséges, nagy területeket érintő vágásterületekkel ökológiai értelemben durva léptékű bolygatásokat hoz létre. Az eredetileg több fafajú, változatos koreloszlású, szerkezeti elemekben gazdag, természetes dinamikát mutató erdők helyén egyetlen főfafajból álló, homogén, egykorú állományokat hoz létre. (Barina és mtsai. 2015, Frank és Szmorad 2014, Timár 2016). Ezekre az erdőkre általában jellemző az unimodális törzsméret-eloszlás (Lorimer és Krug 2011, Rouvinena és Kuuluvainen 2005), szemben a természetes referenciának tekinthető erdőkre jellemző fordított J-alakú vagy forgatott szigmoid átméreteloszlással (Lorimer és Krug 2011, Rouvinena és Kuuluvainen 2005, Rubin és mtsai. 2006, Schwartz és mtsai. 2005, Westphal és mtsai. 2006). Ennek elsődeleges oka lehet a természetesnél jóval nagyobb arányban jelen levő, nagyjából egykorú célfaj állománya, illetve az eltérő növekedési és mortalitási rátájú valamint árnyéktűrűségű elegyfajok, illetve a különböző korosztályok hiánya (Loewenstein és mtsai. 2000, Lorimer és Krug 2011, Rouvinena és Kuuluvainen 2005, Rubin és mtsai. 2006, Schwartz és mtsai. 2005, Westphal és mtsai. 2006). Ezen kívül a vágásos üzemmódú erdőkben jóval kevesebb (többnyire 15 m³/ha) a holtfa – különös tekintettel a nagyméretű és erősen korhadt holtfára –, mint a természetes referenciának tartható erdőkben (üde tölgyesekben 130 m³/ha feletti, míg száraz tölgyesekben átlagosan 55 m³/ha), hiszen a gazdálkodás alapvetően faanyagra irányuló volta miatt a holtfa felhalmozódása akadályozott. Természetes referenciának az olyan erdőket tekinthetjük, melyekben régóta a természetes bolygatási folyamatok uralkodnak, az emberi hatások minimálisak (Bölöni és Ódor 2014, Löff és mtsai. 2015).

Mivel a természetes erdőszerkezeti elemek és az elegyfajok jelenléte a legtöbb erdei élőlénycsoport (pl. számos madár, gomba, moha, ízeltlábú fajnak) számára

nélkülözhetetlen életfeltételt jelentenek (Frank és Szmorad 2014, Franklin és mtsai. 1987, Hansen és mtsai. 1991, Ódor és mtsai. 2011, Ódor 2014), a természetes erdők összetételét és szerkezetét kialakító természetvédelmi tevékenységek Európa- és Amerikaszerte egyre elterjedtebbek (Barina és mtsai. 2015, Ódor és mtsai. 2011).

1.2. Teljes érintetlenség biztosítása

Az előbbieken bemutatott – és minden egyéb, emberi tevékenységet magába foglaló – erdőkezelés ellentétéként említhető meg az az eset, amikor semmilyen emberi beavatkozás nem történik, az erdőrésztletet zavartalanul hagyják (Löff és mtsai. 2015). Beavatkozás nélküli erdőfenntartásra elsősorban az idősebb, változatos szerkezetű, idegenhonos fafajoktól mentes, jó természetességi állapotú erdőállományok adnak lehetőséget (Frank és Szmorad 2014). A teljes érintetlenség biztosításának három fő oka lehet: egyrészt az öreg erdők rendkívül ritkák a mérsékelt égövben, számos élőlény számára biztosítanak máshol nem fellelhető élőhelyet, valamint ezek az erdők referenciaként is szolgálnak az emberi zavarás hatásainak megfigyeléséhez (Götmark 2013).

A teljes érintetlenség melletti erdőfenntartás során is történnek emberi beavatkozások, de ezek minden esetben természetvédelmi célúak, megtartják a már jelenlévő, természetes szerkezeti elemeket és elősegítik, ill. meggyorsítják a további, az állomány szerkezeti változatosságát fokozó elemek keletkezését. Az ökológiai funkciókat kiválóan betöltő, faállomány-szerkezethez kapcsolódó élőhelyi komponensek természetes megjelenése önmagában egy sokkal lassabb, az erdő természetes dinamikájához igazodó folyamat lenne (Frank és Szmorad 2014).

A természetes erdődinamika hagyományos modellje szerint a folyamat valamilyen zavarással kezdődik. Ez lehet ritkán előforduló, nagy területeket érintő, úgynevezett katasztrofális zavarás (pl. nagy területeket érintő erdőtüzek és széldöntések) (Franklin és mtsai. 2002, Haila és mtsai. 1994, Hansen és mtsai. 1991, Kuuluvainen és Aakala 2011), vagy lokálisan, gyakrabban előforduló, egy-egy fa, illetve kisebb-nagyobb facsoportot érintő zavarás (pl. alacsony intenzitású erdőtüzek, széldöntések, betegségek, rovarok) (Franklin és mtsai. 2002, Kuuluvainen és Aakala 2011, Schwartz és mtsai. 2005). A változatos gyakoriságú katasztrofális zavarások különböző korú és méretű erdőterületek

mozaikját hozzák létre. Az alacsony és mérsékelt intenzitású események nagymértékben meghatározzák az erdő struktúráját azáltal, hogy lékeket, holtfát, csupasz földfelületet alakítanak ki, valamint lehetőségeket biztosítanak az alászorult faegyedeknek, illetve a cserje- és lágyszárúszintnek a fejlődésre, ezzel növelve a strukturális komplexitást és a fajok diverzitását (Hansen és mtsai. 1991, Kuuluvainen és Aakala 2011). A zavarást követően a fák új generációjának felnövekedése figyelhető meg, melynek sikerességét és ütemét nagyban meghatározza a területen jelenlevő propagulumforrás. Az erőteljes kompetíció miatt az újulatra általában magas mortalitási ráta jellemző. Az újulat felnövése után a lombkorona záródik, így az aljnövényzet szintjén jelentős változások következnek be (csökkent fényviszonyok, megnövekedett páratartalom, mérsékelt hőmérséklet, szélárnyék). Ennek következtében egy kompozicionális és funkcionális változás jön létre az erdei ökoszisztémában. Bizonyos cserje-, lágyszárú- és zúzmófajok egyedszáma csökkenhet, esetleg el is tűnhetnek, míg más fajok, pl. a szaprofiták és a gerinctelen detritivorok növekedést mutathatnak. A következőkben nagy mennyiségű biomassza akkumulációja figyelhető meg. Az erőteljes kompetíció miatt a holtfa mennyisége növekedésnek indul. A későbbiekben a kompetíció mértéke csökken, a mortalitás fő okai a szél, a rovarok és a betegségek lesznek. Ezt követi a vertikális, majd a horizontális diverzifikáció, míg végül egy újabb zavarás el nem indítja a folyamatot az elejéről (Bergeron és Harvey 1997, Franklin és mtsai. 2002, Hansen és mtsai. 1991).

A nem egységesen zárt, helyenként lékekkel tagolt lombkorona-szerkezet nélkülözhetetlen a tölgyfajok és más fényigényes fajok számára. Ezen fafajok magoncai kizárólag erdőszéleken, vagy lékekben képesek hosszútávon életben maradni. Ennek fényében az érintetlenül hagyott erdőkben a záródás miatt a tölgyek és más fényigényes fajok számára kevésbé előnyös körülmények alakulhatnak ki (Götmark 2007, Larsen és Johnson 1998, Löff és mtsai. 2015). Egy egységesen zárt lombkoronájú, talajmenti fényviszonyok tekintetében nem mozaikos erdőállományban a fényigényes lágyszárúfajok számának csökkenése figyelhető meg. Helyüket árnyéktűrő lágyszárúfajok veszik át, ám ez a jelenség nem kompenzálja az egész területre vonatkoztatott nettó diverzitáscsökkenést. Ugyanakkor a gazdálkodástól mentes erdők számos moha-, gomba- és madárfaj számára biztosítanak ideális élőhelyeket (Götmark 2013, Löff et al. 2015, Sebek et al. 2015).

Éjjeli lepkékkel kapcsolatban Sebek és mtsai. (2015) kimutatták, hogy bár zárt erdőkben nagyobb az éjjeli lepkék és a talajlakó bogarak diverzitása a nyíltabb fás területeken tapasztalhatóhoz képest, ám ha ezen fajok közül csak a veszélyeztetetteket

vették figyelembe, jóval kevesebb fajt találtak a zárt erdőkben, mint a nyíltabbakban. Az európai erdőket tekintve hasonló eredményeket foglal össze Buesching és mtsai. (2015), illetve Götmark (2013) is.

Titchenell és mtsai. (2011) eredményei azt mutatják, hogy a denevérek aktivitása összességében nagyobb volt a az erdészeti kezelés alatt álló erdőrészekben, mint a teljes érintetlenségben hagyottakban. Ennek egyik valószínűsíthető oka a fizikai akadályok fokozott jelenléte az érintetlen erdőkben, melyek hátráltathatják a denevérek manőverezését, ill. megzavarhatják azok echolokációs tájékozódását. Ennek megfelelően a kisebb testű és magasabb hangfrekvenciákat használó denevérfajok előfordultak a gazdálkodás alatt álló és az érintetlen erdőkben is, míg a nagyobb testű denevérfajok szinte kizárólag a hagyományos (vágásos) gazdálkodással érintett erdőrészekben voltak jelen.

1.3. Szálalás

A szálalás ugyan faanyagtermelési motiváció mellett történik, de a faállomány összetételének alakítása mellett jelentős figyelmet fordít a természetes erdőkre jellemző strukturális elemek megjelenítésére is. A természetes erdődinamikai folyamatok érvényesülésére alapoz és biztosítja a folyamatos erdőborítást. A térben mozaikosan végrehajtott és időben egymástól távol eső beavatkozások során a különböző erélyű léknyítások többszintű lombkoronájú és változatos koreloszlású állományok kialakulását eredményezik (Barina és mtsai. 2015, Frank és Szmorad 2014). A térben mozaikosan kivitelezett beavatkozások következtében az erdő bizonyos részeit zavartalanul is hagyhatják, ahol a faegyedek között természetes versengés révén történhet a kiválasztódás (Löff és mtsai. 2015). Ezek a területek a zárt erdőkhöz kötődő, árnyéktűrő növényfajoknak biztosítanak megfelelő élőhelyeket (Sebek és mtsai. 2015), míg a beavatkozások helyszínei a fényigényes fajoknak kedveznek (Götmark és mtsai. 2005, Götmark 2013, Löff és mtsai. 2015). Götmark (2007) kimutatta, hogy szálaló üzemmódban kezelt állományokban már két év után is kb. háromszor annyi lett a tölgyfajok újulategyedeinek száma a kontrollhoz képest. A tölgyfajok egy permanensen összefüggő lombsátor alatt nehezen csíráznak, lassan nőnek, míg egy időnként felvillanó fényfoltokat is biztosító területen akár már egészen magassá is válhat a túlélési arányuk.

Az egyéves tölgymagoncok magassági növekedésük tekintetében legtöbbször gyenge kompetitorok, mert a tölgyek először kiterjedt gyökérrendszert alakítanak ki és kevesebbet fektetnek a föld feletti szervek kifejlesztésébe. A kiterjedt gyökérrendszer viszont hamar a megnyúlásos növekedésük szolgálatába áll, amint a fényviszonyok azt lehetővé teszik. Ugyanakkor a kiterjedt gyökérrendszer nagymértékben biztosíthatja a tölgymagonc túlélését olyan esetben is, amikor a föld feletti rész sérül, vagy teljesen elpusztul (Larsen és Johnson 1998). A mozaikosan létrejövő tisztások tehát kedveznek a tölgyfajok felújulásának, hiszen a lombkoronaszint megbontásával magoncaik kellő mennyiségű fényhez juthatnak (Götmark 2007, Löff és mtsai. 2015). Ezenfelül az idős, ám erejük teljében lévő faegyedek körül végzett célzott szálalás újabb növényteret biztosít számukra, ami kedvező hatással van azok további növekedésére is (Götmark 2009).

Camprodon és Brotons (2006) kimutatták, hogy a cserjeszint széleskörű eltávolítása nagymértékben csökkenti az ott fészkelő madarak fajgazdagságát. Heyman és mtsai. (2011) eredményei alapján a madarak egyedsűrűsége 27%-kal csökkent azokon a területeken, ahol teljes cserjeirtást végeztek. A cserjeszintben történő mérsékelt erélyű zavarás kevésbé volt hatással a madárközösségre. A tanulmány szerint azonban a cserjeszint 50%-ának kivágása sem volt szignifikáns hatással madárpopulációkra (Heyman és mtsai. 2011). A különböző fafajok szintén meghatározó szerepet játszanak az erdei madárközösség alakulásában. Az elegyes erdők több madárfajnak biztosítanak élőhelyet, mint a kizárólag tölgydominálta erdők. Egy másik, a madarak életét meghatározó strukturális jellemző a holt faanyag jelenléte az élőhelyen. Az odúban fészkelő madarak nagyban függenek a területen hozzáférhető álló holtfa mennyiségi és minőségi viszonyaitól. Szálalás esetében az erdő zavartalanul hagyott részeiben várhatóan lesznek olyan faegyedek, amelyekben odú alakulhat ki (Löff és mtsai. 2015).

A fán élő epifitonokra szintén pozitív hatással lehet a szálalás, melynek egy lehetséges oka az, hogy a korona megbontásával azok több csapadékhoz juthatnak, ill. a megnövekvő szélereőség megsegítheti a terjedésüket (Nordén és mtsai. 2012).

A szálalás számos növény- és állatfaj számára biztosít megfelelő élőhelyeket a faanyagtermelést szolgáló állományokban, de a védett, gazdálkodással nem érintett területek nélkülözhetetlen szerepet töltenek be az erdei biodiverzitás megővésére irányuló törekvésekben (Löff és mtsai. 2015).

1.4. Természetvédelmi erdőkezelések

Ebben az esetben a beavatkozás kizárólag természetvédelmi indíttatású, célja a természetvédelmi célkitűzések megvalósítása. Fontos szempont az erdődinamikai folyamatok érvényesülésének biztosítása, a kompozicionális és a strukturális diverzitás kialakulásának elősegítése, az erdei életközösség megóvása, valamint a természetes erdei élőhelyi elemek fenntartása, kialakítása. A természetvédelmi erdőkezelés során a törzsszámcsökkentés térben változó eréllyel történik az elegyfák visszahagyásával, illetve a nagyméretű idős faegyedek (a böhöncök) visszahagyásával, valamint a különleges élőhelyi elemek megkímélésével (Frank és Szmorad 2014).

Mivel a Magyarországon hagyományos, vágásos erdőgazdálkodás homogenizáló, élőhely-elszegényítő hatású (Frank és Szmorad 2014, Löff és mtsai. 2015, Tímár 2016), elengedhetetlen, hogy foglalkozzunk az erdei élőhelyek fenntartásával és fejlesztésével. A természetvédelmi erdőkezeléssel közvetlenül arra törekszünk, hogy a homogén erdőszerkezet változatosságát, valamint a többnyire csak egy-két fafajból álló faállomány fajösszetételét megemeljük. A beavatkozást követően esetenként – a természetvédelmi tevékenység finanszírozását segítve – a kivágott faanyag egy része hasznosításra kerül, azonban vannak olyan esetek is, amikor a természetvédelmi erdőkezelés során egyáltalán nem történik faanyag-hasznosítás (Frank és Szmorad 2014).

Magyarországon a természetvédelmi erdőkezelések hosszú távú célja – az élőhelyek természetességének helyreállítása mellett – a fokozatos átállás megsegítése a folyamatos erdőborítást biztosító szálalásra. Az átállás során az a legnagyobb kihívás, hogy általában elegyetlen, többnyire azonos korosztályú erdők jelentik a kiindulási pontot. Ezek átalakítása szálaló erdőkké hosszú kezelési folyamat. Ennek egyik legfontosabb gyakorlati eszköze a lékek kialakítása, melynek segítségével az egyöntetű faállomány-szerkezet megbontásra kerül. *„Lékek olyan meghatározott átmérővel jellemezhető, szabálytalan kör alakú területeket tekintenek, ahol az újulat megjelenése, vagy az újulat növekedése érdekében az anyafákat kitermelik”* (Gálhidy 2016).

Hazánkban a szálaló üzemmódra történő átállás üzemi méretekben először a Pilis–Visegrádi hegységben és a Börzsönyben kezdődött el. Ezek a Duna két oldalán elterülő hegyvidékek ma is a természetközeli erdőgazdálkodás fő mintaterületeit képviselik az

országban. Ezeken kívül a Cserhát nyugati részén, a váci Naszályon, valamint a Dunántúlon – elsősorban a Bakonyban, a Mecsekben valamint a nyugati határszélen – is kialakítottak már százaló tömböket. Az ország más, állami kezelésű erdőterületein szintén gyorsuló ütemben történik az átállás a nemvágásos üzemmódokra. A Börzsönytől keletre – bár kisebb arányban – szintén elindult az átállás (Gálhidy 2016).

2. Célkitűzések

Kutatásunk rövidtávon a természetvédelmi beavatkozások hatására létrejött fajösszetételi és faállomány-szerkezeti változások kimutatására koncentrál. Elsősorban a lombkoronaszintben és a holtfa viszonyokban bekövetkező változások monitorozására összpontosítunk, melynek során a természetvédelmi beavatkozások eredményességét próbáljuk meg számszerűsíteni. Jelen kutatásunk fő célja, hogy megvizsgáljuk, hogyan változott meg a beavatkozások hatására az élőfa-készlet faji összetétele, ill. miként módosult az álló és fekvő holt faanyag mennyisége

A későbbiekben a cserje- és gyepszintben létrejövő fajösszetételbeli, illetve borítáсарánybeli módosulásokat és egyes, elsősorban a természetes erdőszerkezethez és holtfához kötődő élőlénycsoportok (odúlakó madarak, xylofág rovarok, gombák) a kezelés hatására adott reakcióját tervezzük vizsgálni. Hosszú távú céljaink közé tartozik a monitoringból származó eredmények felhasználásával a természetvédelmi kezelés irányelveinek kidolgozása, javaslatot tenni a jelenleg vágásos erdőgazdálkodás alatt álló erdőterületek élőhelyeinek fejlesztésére, ezen felül a fenntartható erdőgazdálkodás megalapozása Magyarországon.

3. Anyag- és módszer

3.1. A vizsgált erdőterület bemutatása

2015-ben a Bükki Nemzeti Park Igazgatóság (BNPI) egy természetvédelmi erdőkezelést kezdett el a Garáb község mellett található Kövesbérc erdőtagjainak (Garáb

9F, 9G, 9I) tölgyeseiben. A beavatkozások hatásainak nyomon követését az MTA Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézetének (MTA ÖK ÖBI) munkatársai végzik. A 34 hektáros, üzemtervi adatok alapján 65–75 éves erdőállományok a Cserhát keleti részén található. Az erdőterület a BNPI saját vagyongazdálkodásában van, így kitűnő lehetőséget biztosít különböző természetvédelmi célú erdőkezelési beavatkozások kipróbálására, végrehajtására. A területen főként cseres–kocsánytalan tölgyesek, gyertyános–tölgyesek, ill. ezek különböző mértékű átmenetei jellemzők. 2015-ben megállapítottuk az egyes mintavételi pontjainkon található élőhelyek Á-NÉR 2011 (Bölöni és mtsai. 2011) szerinti besorolását. Az alábbi élőhelyeket regisztráltuk:

- L2a – cseres–kocsánytalan tölgyesek
- K2 – gyertyános–kocsánytalan tölgyesek
- L2aK2 – cseres–tölgyes – gyertyános–tölgyes átmenet (inkább cseres–tölgyes jellegű)
- K2L2a – gyertyános–tölgyes – cseres–tölgyes átmenet (inkább gyertyános–tölgyes jellegű).

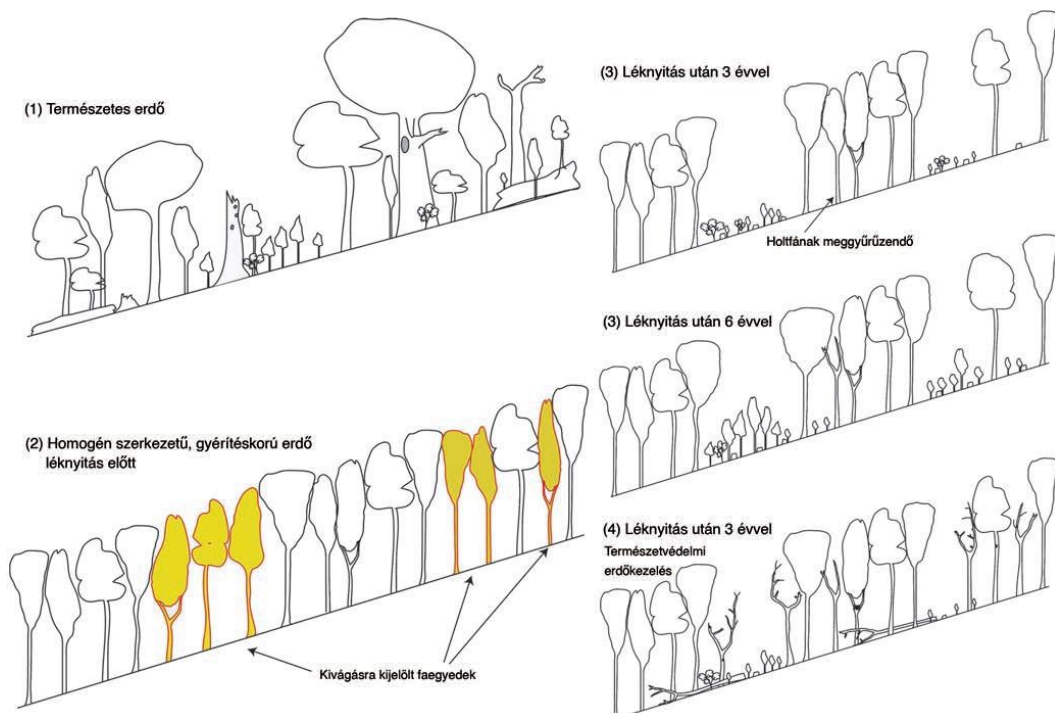
3.2. A természetvédelmi célú beavatkozások

A természetvédelmi beavatkozások a BNPI munkatársainak vezetésével történtek 2015 telén (1. ábra). A beavatkozások a vizsgálati terület déli részét, annak kb. 15 hektárját érintették. A munka során az állomány egységesen zárt lombkoronájának megbontását (egy-egy faegyed, vagy kisebb facsoport kivágását) és a holt faanyag mennyiségének növelését tűzték ki célul külön figyelmet fordítva az elegyfajok elegyarányainak növelésére. A kialakított lécek hatására megnőtt az alsóbb szintekre lejutó fény mennyisége, ill. megindulhatott a heterogénebb faállomány-szerkezet kialakulása (2. ábra). Néhány kivágott fa lombkoronáját a kialakított lécekben hagyták, védelmet biztosítva az újulatgyegek és a földön fészkelő madarak számára. Mindemellett nagyobb mennyiségű álló és fekvő holtfát is hagytak a területen.

1. ábra. Természetvédelmi beavatkozások a keleti Cserhátban. Mesterséges lékek nyitása (bal oldali kép), ill. álló- (meggyűrűzött) és fekvő holtfa hátrahagyása (jobb oldali kép).



2. ábra. A természetvédelmi erdőkezelés hatékonyságának szemléltetése Frank és Szmorad (2014) nyomán. A természetes erdő mint referencia (1); a vágásos gazdálkodással érintett, homogén szerkezetű, középkorú erdő (2); a folyamatos erdőborításra történő átállás céljából nyitott lékek három, ill. hat évvel a létrehozásuk után; a kitermelt faanyag itt elszállításra került (3); a faanyagkihozatal nélkül, természetvédelmi erdőkezeléssel érintett állományban már három évvel a beavatkozás után jobban hasonlít a faállomány-szerkezet a természetes erdők szerkezetéhez (4).



(Frank és Szmorad 2014)

A beavatkozással érintett terület a Garáb 9G és 9F erdőrészek. A beavatkozások jelölésekor a beavatkozás helyét az alábbi szempontok figyelembevételével választották ki, melynek eredményeként a beavatkozások egymástól különböző távolságra és véletlenszerű térbeli mintázatban helyezkednek el:

- a lékek helyének kiválasztásakor figyelembe vették az egyenletes koronazáródás változatosabbá tételén túl a tölgyek vagy elegyfák néhány éves újulatának foltszerű előfordulását is;
- a spontán kidőlt faegyedek által nyitott lékeket kibővítették;
- megsegítették a felső lombkoronaszintben lévő faegyedek egy részét, különösen azokat a kocsánytalan tölgyeket, csertölgyeket és madárcseresznyéket, amelyek az átlagosnál nagyobb méretűek, vagy terebélyesebb koronájúak voltak; külön figyelmet fordítottak a felső lombkoronaszintig felnőtt vadgyümölcsök és ritkább elegyfajok mint pl. a barkócaberkenyék, vagy a kislevelű hársak megsegítésére; valamint elősegítették a még élő, de már bekorhadt részekkel is rendelkező faegyedek, különösen az odvas fák minél további fennmaradását;
- az előző pontban leírtakhoz hasonló megítélés szerint megsegítették az alászorult, vagy az alsó lombkoronaszintben lévő faegyedek egy részét is;
- céltudatosan védték meg a helyenként már fejlődésnek indult cserjeszintet

A hátrahagyott holt faanyagot és az elszállított haszonfákat az alábbi jellemzők alapján hozták létre, ill. választották ki:

- lábon álló holtfát főleg az élő faegyedek meggyűrűzésével, kérgük felhasításával hozták létre;
- fekvő holtfát élő faegyedek ledöntésével, valahol alacsony, máshol pedig 1,0–1,7 m magas tuskók, ill. törzscsonkok visszahagyásával hozták létre;
- az elszállított haszonfákat hasonló paraméterek szerint termelték ki;
- megsebzett faegyedeket is hagytak hátra törzsükön felhasított kéreggel, tükörfoltok kialakításával.

A kezelést követően a kivágott faanyag egy része kitermelésre került (49%), amely a természetvédelmi kezelés költségeinek finanszírozását szolgálja, míg másik része állóholtfa (25%), fekvőholtfa (24%), illetve tuskó (2%) formájában a területen maradt.

3.3. A terepi mintavétel és a mért adatok előkészítése

A természetvédelmi beavatkozások monitorozásához szisztematikus mintavételt alkalmaztunk, melynek során a mintavételi pontjainkat egy 40 m-es oldalú háromszögekből álló rácsháló szögpontjai jelölték ki. A kitűzés tájoló és távolságmérő segítségével, esetenként GPS-támogatással történt. A mintapontok középpontját annak egyedi azonosítóját feltüntető jelöléssel ellátott karóval jelöltük ki és a közeli faegyedeket is megjelöltük. 2014-ben összesen 218 mintavételi pontot jelöltünk ki. 2015 nyarán, még a téli természetvédelmi beavatkozások előtt, minden mintaponton felmértük a kiindulási állapotot. 2016 nyarán ismét minden olyan mintapontot (az állományok déli részeire esőket) felvételeztünk, ahol a természetvédelmi beavatkozások megtörténtek. Összesen 106 ponton felvételeztünk, melyekből a kontrollterületeket leszámítva összesen 81 pont maradt az elemzésekhez.

A mintavétel során felmértük a faállomány-szerkezeti változókat mint a lombkorona záródást, a holtfa mennyiségi és minőségi viszonyait, ill. az alacsony és a magas cserjeszint, valamint a gyepszint fejlettségét és fajösszetételét jellemző értékeket. A faállományt és a holtfa-készletre vonatkozó adatokat a mintapontok köré húzható, 8,92 m-es sugarú (250 m^2 -es) körön belül vettük fel. Jelen munkában ezen adatok feldolgozását mutatom be.

A lombkoronaszint felméréséhez két vizsgálati módszer kombinálásával vettünk mintát. Egyfelől a fentebb említett, 8,92 m-es sugarú körön belül eső faegyedeket mértük meg, másfelől az ezektől távolabbra eső, de a kör középpontjából kivitelezett szögszámlálással (a tükrös relaszópót kétszeres szorzóval alkalmazva) még a mintába kerülő faegyedeket is megmértük. Azért használtunk a faállomány mintavételéhez szögszámlálást is, hogy a mintakörön kívül eső, nagyméretű faegyedeket is reprezentálhassuk. A teljes mintavételt tekintve kizárólag azokat a faegyedeket mértük meg, amelyek már meghaladták az 5 cm-es mellmagassági törzsátmérőt. Minden mintavételi ponton minden fafajra meghatároztunk egy-egy átlagos méretűnek számító faegyedet. Ezek magasságát rendre megmértük, melyhez Haglöf Vertex III ultrahangos magasság- és távolságmérőt használtunk. A faegyedek mellmagassági törzsátmérőjét mindig azok a mellmagassági törzskerülete alapján számítottuk ki. Feljegyeztük az egyes faegyedek állományban betöltött szociális helyzetét (1. táblázat) és egészségi állapotát is (2. táblázat).

1. táblázat. faegyedek állományon belüli szociális helyzetének feljegyzett jellemzői.

Szociális helyzet	Leírás
Kimagasló fa	Kivételesen fejlett koronájú,, a felső lombkoronaszinten is túlnövő faegyed; lombzatának legalább 2/3-át éri közvetlen napfény.
Uralkodó fa	Fejlett koronájú faegyed a felső lombkoronaszintben, melynek minimum fél lombkoronája zárt állományban is közvetlen napfényben fejlődik.
Közbeszorult fa	Olyan felső lombkoronaszintben fejlődő faegyed, amelynek csak a csúcsát éri közvetlen napfény.
Alászorult fa	Zárt állományban a szomszédos faegyedektől közvetlen napfényhez sosem jutó, azok koronája alá szorult faegyed.

2. táblázat. Az egészségügyi állapotok legfontosabb jellemzői.

Egészségügyi állapot	Leírás
1	A faegyed épnek, egészségesnek látszik.
2	A faegyed ágrendszere, fotoszintetikusán aktív koronája sérült, törött, elszáradt, vagy jól láthatóan beteg.
2h	A faegyed koronája elpusztult, de töben még él.
3	A faegyed törzsén, vagy tövén sérült, beteg, kioldvasodott, taplógombákkal fertőzött, felhasított kérgű, vagy villámsújtott.
4H	Lábon száradt, de még ép koronájú, holtfa.
4CS	Lábon száradt, letöredezett koronájú faegyed, vagy derékba tört facsonk.

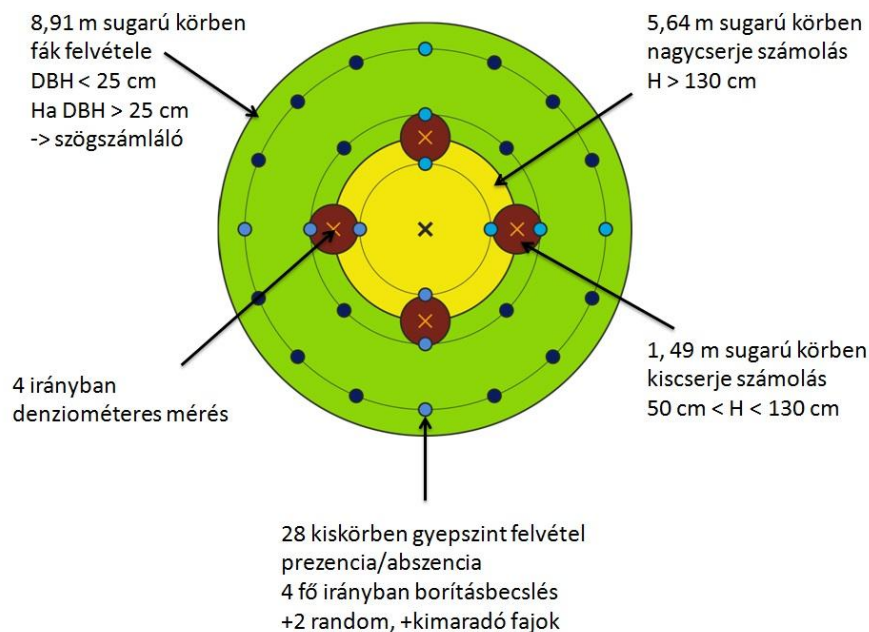
Az álló holtfákat szintén 8,92 m-es sugarú körön belül vettük fel. Itt is csak azokat az egyedeket mértük meg, amelyek mellmagasságukban már 5 cm-nél vastagabbak voltak; faji hovatartozásukat, magasságukat és korhadsági állapotukat is meghatároztuk (3. táblázat).

3. táblázat. A holtfák korhadsági fokainak ismertetőjelei.

Korhadsági fok	Jellemzők
I	Nemrégiben elpusztult faegyed, melynek vékonyabb ágai még nem töredezték le, kérge sértetlen, faanyaga kemény, a fatest felülete többnyire kéreggel fedett, a fa a talajtól még élesen elhatárolódik, keresztmetszetének alakja még torzulásmentes.
II	Legfeljebb néhány éve elpusztult faegyed, melynek már csak három cm-nél vastagabb ágai vannak meg, kérge hiányzik, vagy már csak kisebb foltokban van meg, faanyaga még kemény, a csupasz fatest felülete még sima, a fa a talajtól még élesen elhatárolódik, keresztmetszetének alakja még torzulásmentes.

III	Több éve elpusztult fa, melynek ágrendszere már jórészt letöredezett, kérge szinte teljesen hiányzik, faanyaga puhuló, néhol még sima felületét vékony repedések, erősebben bekorhadt üregek tarkítják, a fa a talajtól még élesen elhatárolódik, keresztmetszetének alakja még torzulásmentes.
IV	Sok évvel ezelőtt elpusztult faegyed, melynek ágrendszere és kérge teljesen hiányzik, faanyaga puha, felületén vastagabb repedéseket, nagyobb bekorhadásokat visel, a fa a talajtól még élesen elhatárolódik, keresztmetszetének alakja még torzulásmentes.
V	Régen elpusztult faegyed, melynek ágrendszere és kérge teljesen hiányzik, faanyaga puha, morzsalékos, felülete megbomlott, nagyobb részei hiányoznak, a talajtól már élesen nem határolódik el, keresztmetszeti képe beroskadó, ezért lapos ellipsziszre emlékeztető.
VI	Humifikálódott faegyed, maradványai már csak szigetszerűen fedezhetők fel, a fa teste és a talaj közötti határvonal elmosódott, maradványai laposan beroskadtak.

3. ábra. A mintapontok sematikus ábrája, amely jelöli a lombkoronaszintben lévő élő és holtfák, a nagycserjék, a kiscserjék, a lágyszárúak és a denziométeres felmérés sémáját. Ezekből mi a faállományra vonatkozó 8,92 m sugarú körben felvett adatokat vettük figyelembe.



A fekvő holtfa-készlet felmérése során a mintapont közepéből kiindulva három irányban (0° , 120° és 240° fokos szögben, ahol a 0° az északi irányt jelzi) egy-egy 20 m-es egyenes vonal (transzekt) mentén mértük fel a holtfadarabokat. Minden fekvő, holt

fadarabnak, melyet metszett a transzekt, megmértük az átmérőjét (a minimális küszöbátmérő 5 cm volt), és megállapítottuk a korhadtsági fokát. A kidőlés közben fennakadt fákat talajjal bezárt 45 fokos dőlésszögig fekvőnek, e felett pedig állónak vettük.

3.4. Statisztikai analízis

A fafajösszetétel és a faállomány-szerkezet jellemzésére az egyedszámot (a denzitást, tő/ha), míg a dominanciaviszonyok kifejezésére a körlapösszeget (m²/ha) használtuk. Az egyedi fafelmérések összes élő fásszárú egyede alapján számoltuk ki a teljes egyedszámot és a teljes körlapösszeget, míg a fafajonkénti egyedszámokat (a relatív denzitásértékeket), és a relatív körlapösszegeket (a relatív dominanciaértékeket) fafajonként határoztuk meg.

A mintapontokon átlagosnak választott faegyedek térfogatait fafajspecifikus térfogatfüggvényekkel számoltuk ki Sopp és Kolozs (2000) munkája alapján. A csonkok térfogatát hengernek tekintve a $V_1 = H \times D^2\pi/4$ képlettel közelítettük, ahol V_1 az egyes fák térfogata, H a magasság, D a mellmagassági átmérő. Minden mintapontnál az egyes megmért holtfaobjektumok térfogatait összeadtuk, majd az így kapott értékeket hektáros térléptéknek megfelelőkre vonatkoztattuk. A fekvő holtfa hektáronkénti térfogatának számításakor a Van Wagner formulát követtük:

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

ahol V a hektáronkénti fatérfogat, d az átmérőt, míg az L a transzekt hossza.

Az elemzések az alábbi származtatott változók alapján történtek:

- összes fafaj, kocsánytalan tölgy, csertölgy, elegyfajok tőszáma (db/ha),
- összes fafaj, kocsánytalan tölgy, csertölgy, elegyfajok körlapösszege (m²/ha),
- összes holtfa, álló holtfa, fekvő holtfa térfogata (m³/ha).

A mért változók normalitását, varianciáinak homogenitását, ill. szükség esetén az egyes változók normalitásának javítására alkalmazott ln-transzformációkat, valamint a környezetvédelmi beavatkozások előtti és utáni állapotok összehasonlítására alkalmazott

páros t-próbákat az „R” v 3.3.1 statisztikai programmal (R Core Team 2016) végeztük. Az „R” programmal való könnyebb kommunikáció érdekében az RStudio (RStudio Team 2015), illetve az R Commander (Fox 2005) nevű szoftvert is használtunk.

4. Eredmények

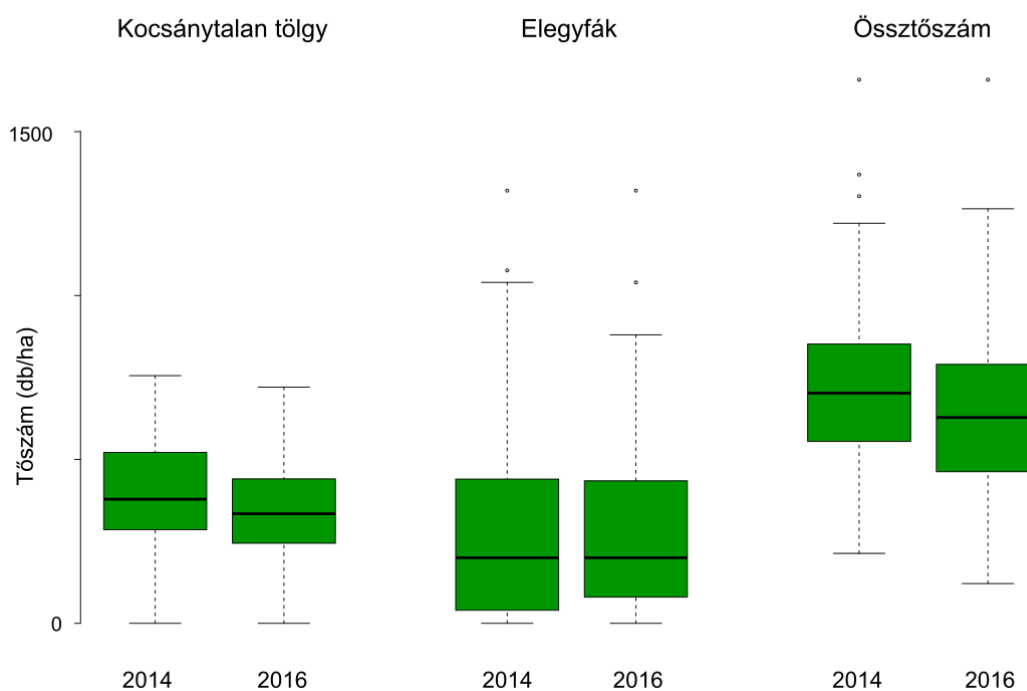
4.1. A hektáronkénti átlagos tőszámok megváltozása a beavatkozások hatására

A beavatkozást követően az összes fafajra vonatkoztatott hektáronkénti átlagos tőszám 9%-kal csökkent. Ez a csökkenés a páros t-próba alapján nem adódott szignifikáns mértékűnek ($p = 0,142$). Amennyiben kizárólag a területen fellelhető kocsánytalan tölgyek tőszámait vizsgáljuk, a tőszámcsökkenés mértéke kissé kifejezettebbé vált ugyan, de még mindig nem érte el a szignifikáns mértéket ($p = 0,033$). A különböző elegyfajok – a gyertyán, a mezei juhar és az egyéb elegyfajok – teljes tőszáma gyakorlatilag nem változott ($p = 0,983$; 4. ábra).

4. táblázat. A hektáronkénti átlagos tőszámok a beavatkozás előtt (2014-ben) és után (2016-ban) különböző élőhelyek szerinti bontásban.

Élőhely	Mintapont (db)	Össztőszám (db/ha)	KTT	CS	GY	MJ	Többi elegyfaj	Összelegyfa
2014								
K2	12	879	232	61	533	40	13	586
K2L2a	8	815	433	22	295	20	45	360
L2aK2	20	766	438	20	200	70	38	308
L2a-B	16	757	404	61	23	55	215	293
L2a-F	25	513	414	25	34	11	29	74
összesen	81	708	393	36	172	40	67	279
2016								
K2	12	771	181	43	486	43	17	546
K2L2a	8	737	356	16	310	20	35	365
L2aK2	20	705	381	9	211	70	34	315
L2a-B	16	689	341	53	30	58	208	295
L2a-F	25	481	369	26	37	16	34	86
összesen	81	646	337	29	172	42	66	280

4. ábra. A fafajok hektáronkénti tőszáma a beavatkozás előtt (2014-ben) és után (2016-ban).



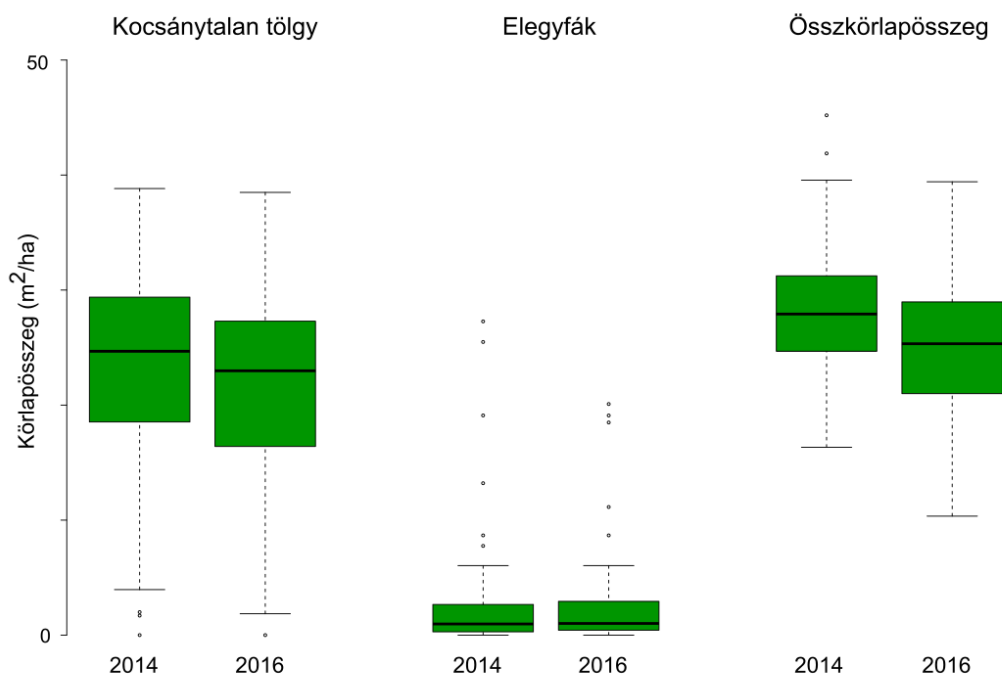
4.2. A hektáronkénti átlagos körlepősszegek változása

A természetvédelmi kezelés hatására az összes fafajra vonatkoztatott, teljes körlepősszeg 11%-kal csökkent. Ez a változás a páros t-próba alapján szignifikáns mértékűnek bizonyult ($p = 0,001$). A beavatkozásokat leginkább elszenvedő kocsánytalan tölgyek körlepősszege, érdekes módon, nem csökkent ennyire jelentős mértékben ($p = 0,061$), míg az összes elegyfaj teljes körlepősszege – a vártaknak megfelelően – szinte egyáltalán nem változott ($p = 0,819$; 5. ábra).

5. táblázat. A hektáronkénti átlagos körlapösszegek a beavatkozás előtt (2014-ben) és után (2016-ban) különböző élőhelyek szerinti bontásban.

Élőhely	Mintapont (db)	Össz-körlapösszeg (m ² /ha)	KTT	CS	GY	MJ	Többi elegyfaj	Összelegyfa
2014								
K2	12	30.64	16.62	3.92	9.52	0.42	0.16	10.10
K2L2a	8	30.37	27.01	1.24	1.72	0.06	0.34	2.12
L2aK2	20	29.47	26.35	1.37	1.17	0.39	0.19	1.76
L2a-B	16	25.91	21.41	2.68	0.14	0.39	1.29	1.82
L2a-F	25	26.94	24.74	1.83	0.15	0.04	0.18	0.38
összesen	81	28.25	23.50	2.13	1.94	0.25	0.42	2.61
2016								
K2	12	24.71	13.20	3.08	7.87	0.51	0.06	8.44
K2L2a	8	26.48	23.56	0.76	1.77	0.07	0.33	2.17
L2aK2	20	26.91	24.23	0.68	1.32	0.51	0.17	2.01
L2a-B	16	23.22	18.81	2.62	0.15	0.39	1.26	1.80
L2a-F	25	25.13	22.73	1.94	0.19	0.06	0.21	0.46
összesen	81	25.26	20.99	1.81	1.75	0.30	0.40	2.46

5. ábra. A fajok hektáronkénti körlapösszege a beavatkozás előtt (2014-ben) és után (2016-ban).



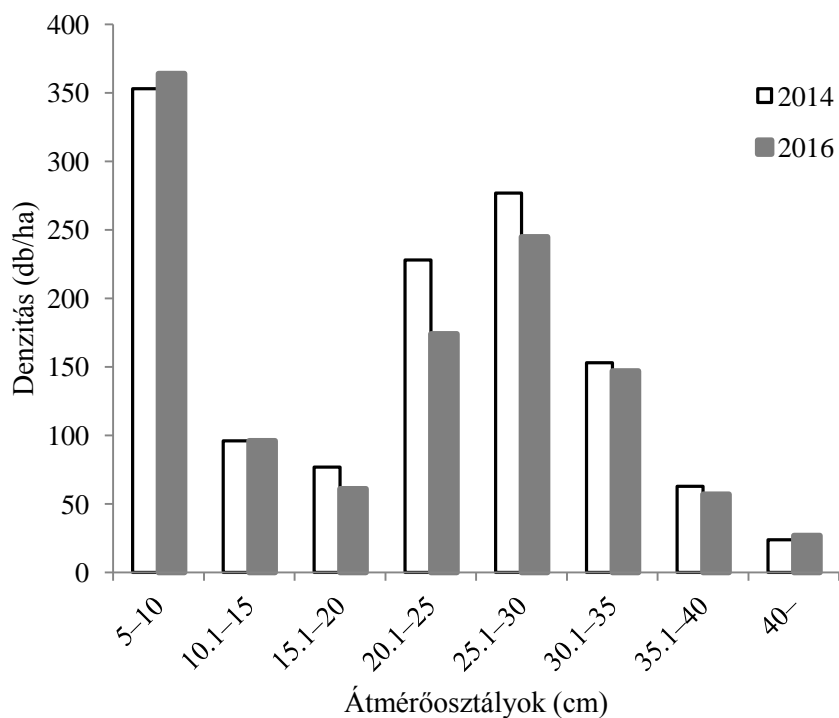
4.3. Az átmérőeloszlás változása

A cseres–kocsánytalan tölgyes élőhelyeken a faállomány mellmagassági átmérőosztályai jellemzően kétszcúcsú eloszlást mutattak a beavatkozás előtti állapotban (6. táblázat, 6. ábra). Az első kategóriának (5–10 cm) kifejezetten magas volt az aránya, melyet főként a második lombkoronaszintet adó elegyfajok adják (gyertyán, mezei juhar, barkócaberkenye, madárcseresznye, stb.). A 10–20 cm közötti átmérőosztályokba tartozó egyedek csak kis arányban fordultak elő. A második csúcsot a 20–35 cm közötti kategóriák alkották, melynek fő tömegét a kocsánytalan tölgyek képezik. A 35 cm feletti átmérőosztályokat szintén kis arányban voltak jelen, melyeket főként idősebb tölgyfajok alkottak. A természetvédelmi erdőkezelés, kis mértékben ugyan, de csökkentette a természetellenesen magas arányban jelenlevő, 20–35 cm-es átmérőosztályokba tartozó egyedek számát (6. táblázat, 6. ábra), míg az első csúcsot adó kis átmérőjű egyedek számát nem befolyásolta. Ugyanakkor az eleve kis arányban jelen levő 15–20 cm-es kategória arányát szintén kis mértékben csökkentette.

6. táblázat. A cseres–kocsánytalan tölgyes élőhelyeken a különböző átmérőosztályok tőszámai a beavatkozás előtt (2014-ben) és után (2016-ban).

Átmérőosztályok	2014 (db/ha)	2016 (db/ha)
5–10	353	364
10.1–15	96	96
15.1–20	77	61
20.1–25	228	174
25.1–30	277	245
30.1–35	153	147
35.1–40	63	57
40–	24	27

6. ábra. A cseres–kocsánytalan tölgyes élőhelyeken az átmérőeloszlás változása a beavatkozás hatására.

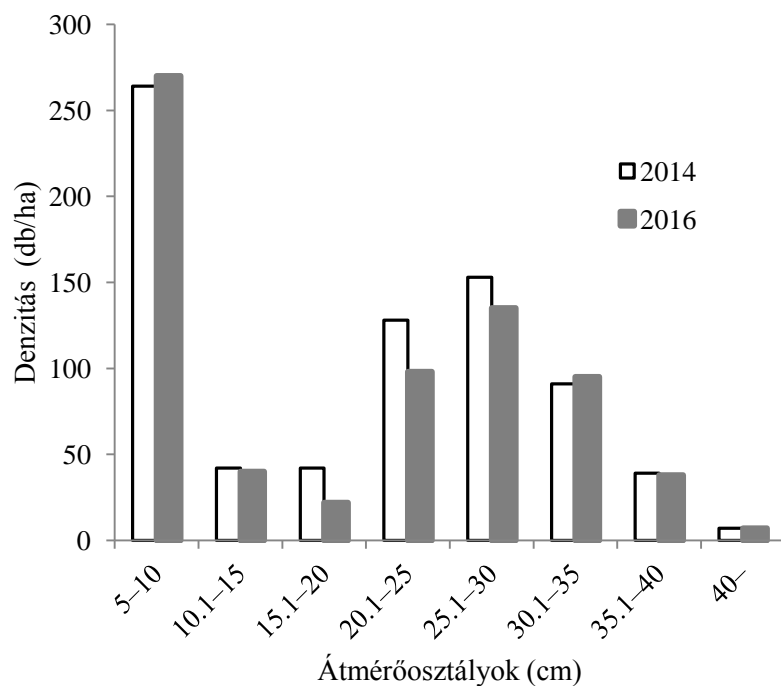


A cseres–tölgyes – gyertyános–tölgyes, illetve a gyertyános–tölgyes – cseres–tölgyes átmenetek esetén az előzőhöz hasonló eredményeket tapasztaltunk (7. és 8. táblázat, 7. és 8. ábra).

7. táblázat. A cseres–tölgyes – gyertyános–tölgyes átmeneti élőhelyeken a különböző átmérőosztályok tőszámai a beavatkozás előtt (2014-ben) és után (2016-ban).

Átmérőosztályok	2014 (db/ha)	2016 (db/ha)
5-10	264	270
10.1-15	42	40
15.1-20	42	22
20.1-25	128	98
25.1-30	153	135
30.1-35	91	95
35.1-40	39	38
40-	7	7

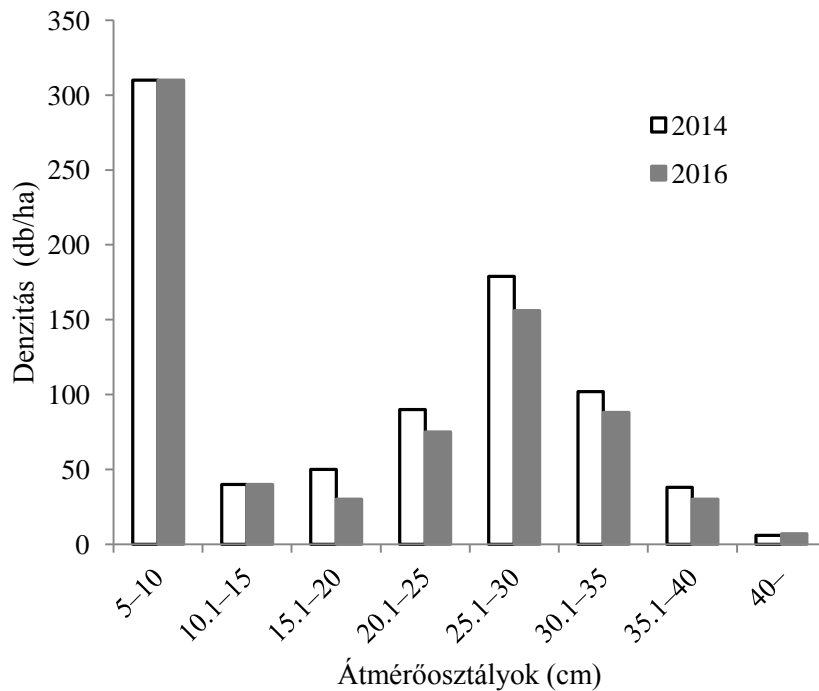
7. ábra. A cseres-tölgyes – gyertyános-tölgyes átmeneti élőhelyeken az átmérőeloszlás változása a beavatkozás hatására.



8. táblázat. A gyertyános-tölgyes – cseres-tölgyes átmeneti élőhelyeken a különböző átmérőosztályok tőszámai a beavatkozás előtt (2014-ben) és után (2016-ban).

Átmérőosztályok	2014 (db/ha)	2016 (db/ha)
5-10	310	310
10.1-15	40	40
15.1-20	50	30
20.1-25	90	75
25.1-30	179	156
30.1-35	102	88
35.1-40	38	30
40-	6	7

8. ábra. A gyertyános–tölgyes – cseres–tölgyes átmeneti élőhelyeken az átmérőeloszlás változása a beavatkozás hatására.

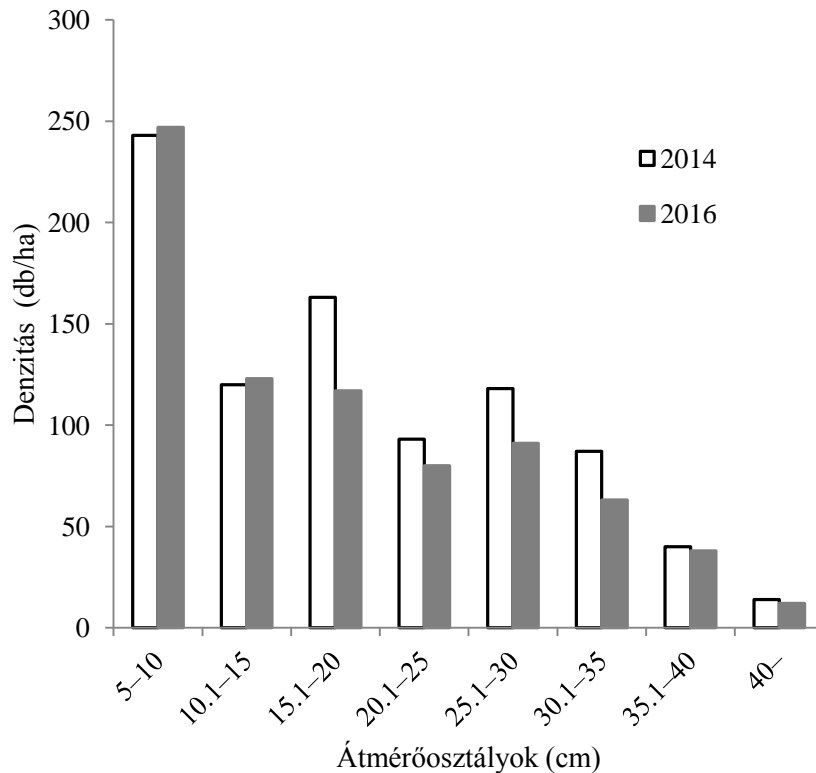


A gyertyános–kocsánytalan tölgyes élőhelyek esetében az átmérőosztályok többcsúcú eloszlását tapasztaltuk. Az első csúcst az 5–10 cm-es, a másodikat a 15–20 cm-es, míg a harmadikat a 25–30 cm-es átmérőosztály adta. A természetvédelmi erdőkezelés hatására csökkent a második és a harmadik csúcs aránya, míg az első csúcse nem változott jelentősen.

9. táblázat. A gyertyános–kocsánytalan tölgyes élőhelyeken a különböző átmérőosztályok tőszámái a beavatkozás előtt (2014-ben) és után (2016-ban).

Átmérőosztályok	2014 (db/ha)	2016 (db/ha)
5–10	243	247
10.1–15	120	123
15.1–20	163	117
20.1–25	93	80
25.1–30	118	91
30.1–35	87	63
35.1–40	40	38
40–	14	12

9. ábra. A gyertyános–kocsánytalan tölgyes élőhelyeken az átmérőeloszlás változása a beavatkozás hatására.



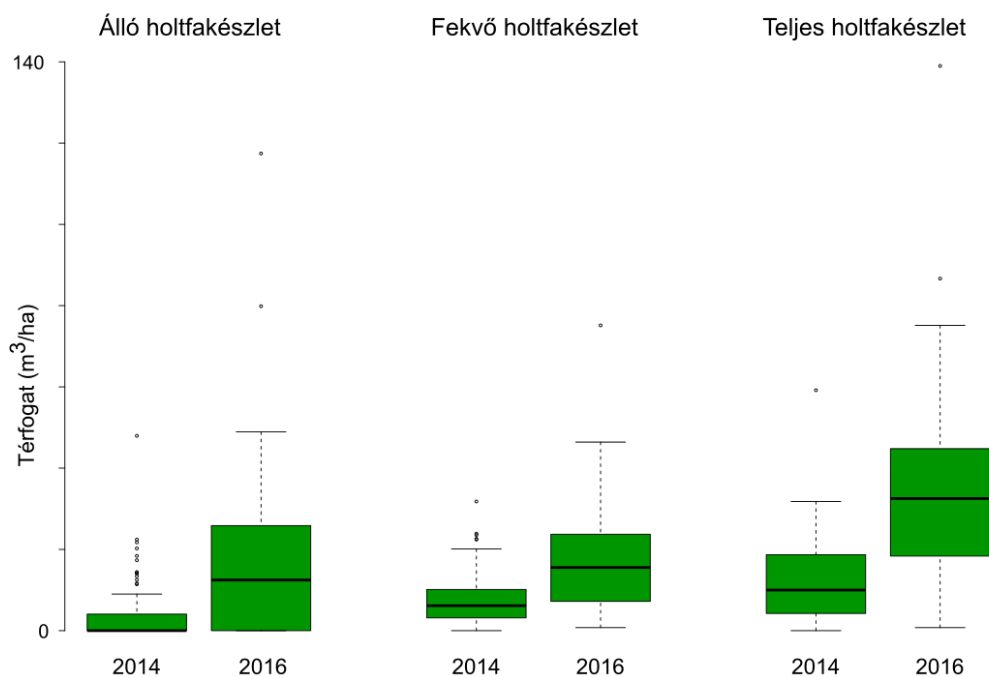
4.4. A holtfa mennyiségének változása

A beavatkozást követően mind az álló, mind a fekvő holtfa-készlet mennyisége szignifikáns mértékben növekedett a páros t-próbák alapján (6. ábra). Az álló holtfa darabszáma a duplájára ($p < 0,0001$), míg térfogata $3,9 \text{ m}^3/\text{ha}$ -ról $16,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ -ra növekedett ($p < 0,0001$). A fekvő holtfa térfogata $7,9 \text{ m}^3/\text{ha}$ -ról $17,5 \text{ m}^3/\text{ha}$ -ra növekedett ($p < 0,0001$). A holtfa-készlet teljes mennyisége a kiindulási állapot háromszorosa lett, összesen $34 \text{ m}^3/\text{ha}$ ($p < 0,0001$).

10. táblázat. A területen jelen levő holtfa mennyisége a beavatkozás előtt (2014-ben) és után (2016-ban).

Élőhely	Mintapont (db)	Álló holtfa (db/ha)	Álló holtfa (m ³ /ha)	Fekvő holtfa (m ³ /ha)	Összes holtfa (m ³ /ha)
2014					
K2	12	67	5.0	7.4	12.3
K2L2a	8	24	6.4	8.3	14.7
L2aK2	20	22	4.5	7.3	11.8
L2a-B	16	25	1.9	8.9	10.8
L2a-F	25	24	3.2	7.8	11.1
összesen	81	30	3.9	7.9	11.7
2016					
K2	12	83	17.3	19.6	36.9
K2L2a	8	45	21.8	19.0	40.8
L2aK2	20	63	17.7	16.4	34.1
L2a-B	16	70	16.7	14.5	31.2
L2a-F	25	44	13.6	18.7	32.3
összesen	81	60	16.6	17.5	34.0

10. ábra. Az álló, a fekvő és a teljes holtfa-készlet mennyiségi viszonyaiban bekövetkezett változások a természetvédelmi kezelés hatásár.



5. Diskusszió és kitekintés

A fafajösszetétel alapján látható, hogy a beavatkozás előtt a vizsgált területen a kocsánytalan tölgy erős dominanciát mutatott. Az ilyen mértékben elegyetlen tölgyesek Magyarországon nagyon gyakoriak. Ezzel szemben érintetlen tölgyesekben a nagyobb méretosztályokban is előforduló elegyfajok miatt a tölgyek relatív dominanciája jóval alacsonyabb (Aszalós és mtsai. 2015). Az észak-amerikai tölgyesekben a tölgyek relatív dominanciája jóval alacsonyabb, mint a hazai hasonló tölgyesekben (Aszalós és mtsai. 2015, Loewenstein és mtsai. 2000). A hazai erdőkben a tölgyek erős dominanciája és az elegyfajok hiánya nem természetes folyamatok eredménye, hanem az ember évszázadokon át folytatott tölgypreferenciája. Ezenkívül a 150 éve folytatott vágásos erdőgazdálkodás szintén a homogén tölgyesek kialakulásának kedvezett (Aszalós és mtsai. 2015, Timár 2016).

A természetvédelmi erdőkezelés eredményeképpen az általunk vizsgált területen uralkodó elegyarányok csak kismértékben változtak meg. A beavatkozás a többi fafajéhoz képest a dominánsan jelen levő kocsánytalan tölgyek tőszámát, ill. körlapösszegét csökkentette a legnagyobb mértékben, így a beavatkozás elősegítette az elegyarányok eltolódását a különböző elegyfajok javára. Ez az eltérés ugyan jelenleg még kismértékű, azonban a természetes regenerációs folyamatok beindulásával és a kiemelt elegyfajok megsegítését célzó további beavatkozásokkal nagyobb eltérések megfigyelése várható. A fafajösszetétel szempontjából a természetvédelmi kezelés sikerességét csak hosszabb távon ítélni lehet meg, ám a jelenlegi eredmények megosztása és közös megvitatása a természetvédelem szakembereivel központi jelentőségű lehet a BNPI által tervezett további beavatkozások megtervezésében.

A tölgyfajok csökkenő részaránya, illetve az elegyfajok egyre növekvő aránya Európa szerte megfigyelhető jelenség a magukra hagyott erdőkben (Aszalós és mtsai. 2015). Hasonló jelenség figyelhető meg a régóta megfigyelt, Síkfőkút melletti cseres-tölgyes állományban, ahol a cser- és kocsánytalan tölgy lombkoronaszintje alatt egy sűrű, mezei juharból álló második szint alakult ki (Kotroczó és mtsai. 2012). Több észak-amerikai tölgyerdőben is juharfajok (*Acer saccharum* és *A. rubrum*) tömeges megjelenését figyelték meg a második lombkoronaszintben (Aszalós és mtsai. 2015). Ezekben az erdőkben azonban a zavarások hiányából kifolyólag a tölgyfajok felújulása akadályozott,

így a jövőben az elegyarányok itt eltolódhatnak az árnyéktűrő fajok javára (Jenkins és Parker 1998).

A léknyitás a tölgyerdő felújulása szempontjából fontos. Több kutatás is alátámasztja a tényt, miszerint a nyílt, fényben gazdag terek, vagy lékek kiemelkedő szerepet játszanak a tölgyerdők felújulásában. Amennyiben ezek nem keletkeznek emberi, vagy egyéb, természetes bolygatások útján, a tölgyerdőknek csak kis esélyük marad a spontán felújulásra (Aszalós és mtsai. 2015, Götmark 2007, Larsen és Johnson 1998, Löff és mtsai. 2015). A lékek létrejötte nemcsak az újulat- és a cserjeszint számára kedvező, hanem segítségükkel a talajszintig is lejutó, nagyobb fény mennyiség hatására a lágyszárúsint is fejlődésnek indulhat (Götmark és mtsai. 2005, Sebek és mtsai. 2015).

Az összes fafajra vonatkoztatott hektáronkénti tőszám adatok csak kismértékben csökkentek, ami arra utal, hogy a beavatkozás csak kis erélyű volt, így nem következett be számottevő változás a fafajok kiindulási egyedszámaiban. Az összes fafajra vonatkoztatott, teljes körlapösszeg azonban jelentős mértékben csökkent le. Ennek egy lehetséges oka az lehet, hogy a mintaterületen levő erdőrészlet viszonylag sűrűn álló, egységesen vastagnak számító, 65–75 éves fákból állt. Az ezeknél fiatalabb, vékonyabb, középkorú faegyedek és az 5 cm-es DBH-nál vékonyabb újulategyedek csak jóval kisebb számban fordultak elő. A beavatkozás során pedig, a változatos koreloszlás szempontjából nagyon helyesen, főleg az erdő fő tömegét adó vastag tölgyfák közül távolítottak el egyedeket, ami a teljes tőszámot ugyan alig érintette, de a teljes körlapösszegben jelentős változást (csökkenést) okozott.

A beavatkozás előtt a területen jellemző volt az átmérőosztályok kétcsúcsú eloszlása, mely a 10–20 cm-es méretosztályok hiányáról tanúskodik. Aszalós és mtsai. (2015) hasonló eredményeket mutattak ki egy, a bükki Vár-hegyen található, négy évtizede felhagyott tölgyesben. A legtöbb északi keményfás őserdőre a fordított J-alakú vagy a forgatott szigmoid átmérőeloszlás jellemző (Lorimer és Krug 2011, Rubin és mtsai. 2006, Westphal és mtsai. 2006), míg az intenzív erdészeti művelés alatt álló erdőkre az egycsúcsú (Lorimer és Krug 2011, Rouvinena és Kuuluvainen 2005). A területen tapasztalt kétcsúcsú eloszlás átmenetet képez a gazdasági erdők és az őserdők jellemző átmérőeloszlása között (Aszalós és mtsai. 2015). A kisebb átmérőosztályokat főként a második lombkoronaszintet adó, árnyéktűrő fajok (pl. gyertyán, mezei juhar), míg a nagyobbakat főként a területen dominánsan jelenlevő kocsánytalan tölgyek alkották. Ehhez hasonló trendet több szakirodalomban is publikáltak már (Aszalós és mtsai. 2015,

Loewenstein és mtsai. 2000, Lorimer és Krug 2011, Schwartz és mtsai. 2005). A tölgyfajok jellemzően kis egyedszámban képviseltetik magukat a kisebb méretosztályokban (Lorimer és Krug 2011), melynek valószínűsíthető fő oka a zárt lombkorona alatt uralkodó fényviszonyok melletti akadályozott felújulásuk lehet (Larsen és Johnson 1998, Löf és mtsai. 2015). Ezzel szemben a második lombkoronaszintet alkotó, alászorult, árnyéktűrő fajok képesek túlélni ezen fényviszonyok mellett is, ugyanakkor a felső lombkoronaszintet alkotó, fényigényes fajokkal szemben kompetitív hátrányban vannak. Ennek eredményeként előfordulhat, hogy az alászorult, árnyéktűrő fajok átmérőeloszlásának alakja közelít a természetes erdőkre jellemző eloszláséhoz, főként a fiatalabb erdőrészekben (Lorimer és Krug 2011). A közepes (20–35 cm-es) átmérőosztályokat főként a felső lombkoronaszintet alkotó tölgyek alkották. Az intenzív erdészeti kezelés alatt álló erdőkre jellemző a közepes vastagságú (tölgy)faegyedek természetesnél magasabb egyedszáma (Rouvinena és Kuuluvainen 2005), mely elsősorban az erdészeti kezelés természetéből adódhat (Loewenstein és mtsai. 2000, Lorimer és Krug 2011, Rouvinena és Kuuluvainen 2005). Bár a természetvédelmi erdőkezeléssel a legtöbb élőhelytípuson sikerült csökkenteni ezen átmérőosztályok magas arányát, sok esetben rontott az eleve hiányosan jelenlevő kisebb (10–20 cm-es) méretosztályok helyzetén, ezért a jövőben elengedhetetlen az átmérőeloszlást figyelembe véve tervezni a további beavatkozásokat.

A vizsgálati területen a beavatkozást megelőzően talált 11,7 m³/ha-os teljes holtfa-készlet átlagosnak mondható egy hazai, gazdálkodással érintett tölgyerdőben. Ez a kismennyiségű holtfa valószínűleg az erdőgazdálkodás történetével van összefüggésben. Az erdőgazdálkodás ugyanis erősen befolyásolhatja – többnyire korlátozhatja – a holtfa előfordulását, sőt, akár annak teljes hiányát is okozhatja. Európai viszonylatban nézve a gazdálkodással érintett lomberdőket, bennük az átlagos holtfa-készletek mennyisége 10 m³/ha alatti. Ezek alapján a magyarországi félszáraz tölgyesekben talált átlagosan 11 m³/hektáros holtfa-készlet európai összehasonlításban viszonylag magasnak tekinthető, bár még ez is messze alulmarad a tölgyes őserdőkben tapasztalható holtfaviszonyokhoz képest (Bölöni és mtsai. 2015, Jonsson és mtsai. 2005). Az ilyen őserdők holtfaviszonyairól Európából kevés adat áll rendelkezésünkre, mivel ezekből az élőhelyekből alig maradtak kapcsolódó referenciaállományok. Érintetlen, üde tölgyesekre jó európai példák a lengyelországi Białowieża erdőség gyertyános–tölgyesei, ill. a romániai Zarándi-hegységben található Runcu-Grosi Nemzeti Rezervátum, bükkal elegendő tölgyesei. A teljes

holtfa-készlet mennyisége mindkét erdőben 130 m³/ha feletti érték. Mégkevesebb referenciánk van a száraz és a félszáraz tölgyesekre vonatkozóan. Európában Szlovákiában, Zólyom mellett található referenciának tekinthető erdőállomány, melyben cser- és kocsánytalan tölgyek uralkodnak. Itt a teljes hektáronkénti holtfamennyiség átlagosan 55 m³-nek adódott (Bölöni és Ódor 2014). A jelen dolgozatban vizsgált mintaterületeken véghezvitt természetvédelmi beavatkozásnak köszönhetően csaknem megháromszorozódott a teljes holtfakészlet. Ez még mindig kevesebb ugyan a tölgyes őserdőkben található mennyiségnél, azonban megközelíti a több évtizede felhagyott erdőkben fellelhető holtfakészlet gazdagságát. Ezért a holtfakészlet mesterséges növelését sikeresnek mondhatjuk a mintaterületeinken. Az európai felhagyott erdőkben az átlagos holtfamennyiség eléri a 30–70 m³/ha-t. Hazánkban az Északi-középhegység cser- és kocsánytalan tölgy uralta felhagyott erdeiben átlagosan 40 m³/ha holtfa fordul elő. Aszalós és munkatársai (2015) felmérése alapján a bükki Vár-hegy erdőrezervátumban az átlagos holtfamennyiség 46 m³/ha volt. Néhány másik hazai erdőrezervátumban 20–40 m³/ha-os fekvőholtfa-mennyiségeket mértek (Bölöni és mtsai. 2015, Bölöni és Ódor 2014).

Az irodalmi adatok alapján elmondható, hogy bár néhány évtizedes felhagyás után is már jelentős változások léphetnek fel az erdőkben, ám ez az idő rendszerint még túl rövid ahhoz, hogy az állományokban változatos fafajösszetétel és faállomány-szerkezet, valamint kellően gazdag holtfa-készlet alakulhasson ki (Aszalós és mtsai. 2015, Bölöni és mtsai. 2015, Bölöni és Ódor 2014). A természetvédelmi erdőkezelések nagymértékben segíthetik elő az erdők természetességi állapotának javulását, az erdődinamikai folyamatok érvényesülését, az erdő természetes változatosságát, ill. a kompozicionális és a strukturális diverzitás megemelkedését. Ilyen célirányos kezelésekkel ezek a folyamatok rövidebb idő alatt érhetnek el szembetűnő eredményeket, szemben a csupán magukra hagyott állományokban zajló ugyanezen folyamatokkal. A természetvédelmi beavatkozások ezenkívül segítik a fokozatos átállást a vágásos gazdálkodással érintett erdőállományok fenntartásáról a folyamatos erdőborítást biztosító szálalásra (Frank és Szmorad 2014). A többszemponútú természetvédelmi kezelés hatásainak átfogó vizsgálata tehát elengedhetetlen a természeteshez hasonló szerkezetű erdők kialakulásának megsegítéséhez.

A jövőben tervezzük a lágyszárú-, ill. a cserjeszint természetvédelmi beavatkozást követő felvételezését, az ezt érintő változások nyomán követését, valamint további

élőlénycsoportok (pl. odúlakó madarak, xilofág rovarok, vagy gombák) bevonását az eddigi vizsgálatainkba.

6. Összefoglalás

Magyarországon jelenleg is széles körben alkalmazott az úgynevezett vágásos üzemmód, mely jelentősen módosítja az erdők természetes összetételét és szerkezetét. Egykorú, fajösszetételben és szerkezetében homogén faállományt hoz létre, illetve csökkenti az elegyfajok arányát, esetenként ezek a fajok teljesen el is tűnhetnek az állományból. Ezekben az erdőkben a természeteshez képest sokkal kevesebb holtfát találunk. A természetes erdőszerkezeti elemek és az elegyfajok jelenléte a legtöbb erdei élőlénycsoport számára nélkülözhetetlen életfeltételt jelentenek, ezért egyre nagyobb szükség van a természetes erdők összetételét és szerkezetét kialakító természetvédelmi tevékenységekre.

2014-ben az MTA ÖK Ökológiai és Botanikai Intézete egy monitoring vizsgálatot kezdett el a Bükki Nemzeti Park Igazgatóságának által végzett természetvédelmi erdőkezelés hatásait illetően. A Cserhátban, Garáb község mellett található 32 hektáros tölgyerdőben a BNPI olyan erdőkezelést hajtott végre, melynek célja a természetes erdőkre jellemző struktúra kialakítása. A több szempontú természetvédelmi kezelés során az állomány megbontásra került egy-egy fa, kisebb facsoport kivágásával, így elindulhat a heterogénebb faállomány-szerkezet, az elegyfajokat és holtfát nagyobb arányban tartalmazó állomány kialakulása. A beavatkozás hatására létrejövő változások vizsgálata során a faállomány szerkezeti és összetételbeli változókat és a holtfa mennyiségi viszonyait érintő módosulásokra koncentráltunk.

A kezelés hatására a területen uralkodó kocsánytalan tölgyek (*Q. petraea*) száma és körlapösszege mérsékelten csökkent (393 tő/ha-ról 337 tő/ha; p-érték = 0.03, illetve 23.5 m²/ha-ról 21 m²/ha-ra; p = 0.06; Student-féle t-próba). Így az arányok kis mértékben eltolódtak az elegyfajok javára. Ez a változás még rendkívül kis mértékű, melynek valószínűsíthető oka, hogy a területen csak nagyon kis számban fordulnak elő ezek a fajok. Ezzel ellentétben mind az álló, mind a fekvő holtfa mennyisége nagymértékben

nőtt, összességében a teljes holtfa mennyisége a háromszorosára növekedett (11.7 m³/ha-ról 34 m³/ha-ra; p-érték < 0.0001; Student-féle t-próba).

Az eredmények fényében elmondható, hogy a természetvédelmi kezeléssel sikerült növelni az elegyfajok arányát. Bár ez az eltérés egyelőre kismértékű, a természetes regenerációs folyamatok beindulásával és a kiemelt elegyfajok megsegítését célzó esetleges további beavatkozásokkal (több tölgy egyed kivételével, elegyfajok ültetésével) nagyobb eltérések detektálása várható. A kezelés hozzájárult a területen levő holtfa mennyiségének jelentős növeléséhez. A jövőben tervezzük a terület faállományának további monitorozását, illetve a fényviszonyok, a cserje- és a gyepszint beavatkozás utáni felvételét.

7. Summary

The shelterwood management system is a widely applied silviculture practice modifying profoundly the natural structure and tree species composition of forest stands. It mostly creates even-aged, compositionally and structurally homogeneous stands, and reduces the proportions, or even completely breaks the existence of non-dominant tree species. Concerning the total dead wood volumes in these stands, the amount of dead wood is universally much lower compared to that of natural forests. The compositional and structural heterogeneity of old-growth forests are essential for conserving the biodiversity of many forest-dwelling organism groups, such as birds, invertebrates, herbs, fungi, or mosses. Sustainable forest management practices focusing also on the conservation of structural and compositional diversity in managed forests should be facilitated.

In 2014, researchers of MTA Centre for Ecological Research started a monitoring survey on the efficiency of the conservation management practices directed by the Bükk National Park Directorate (BNP). In an oak-dominated stand of 32 ha located in the Cserhát mts., the BNP, as a conservation management action, aimed to create a stand structure typical for old-growth forests in intensively managed, even-aged stands. During this, the BNP opened the closed canopy of the original stands by small gaps created by a single tree selection method, or the group selection of some tree individuals. Monitoring the efforts of the BNP, we measured several variables in the field characterizing the stand

structure, tree species composition, and amounts of dead wood before and after this management action to evaluate the efficiency of conservation management practices in the region.

As a result of the conservation actions of the BNP, the number and total basal area of sessile oak (*Q. petraea*) individuals were moderately decreased (from 393 to 337 stumps/ha; $p = 0.03$, and from $23.5 \text{ m}^2/\text{ha}$ to $21 \text{ m}^2/\text{ha}$; $p = 0.06$, confirmed by Student's t-tests). Therefore, the proportions of non-dominant tree species were only very moderately increased due probably to their extremely low starting proportions in the original stand. By contrast, the total volume of snags and logs was significantly increased in consequence of the treatment (from $11.7 \text{ m}^3/\text{ha}$ to $34 \text{ m}^3/\text{ha}$; $p < 0.0001$; Student's t-test).

We provided an evidence-based support that reaching a significant increase of non-dominant tree species proportions in the region conservation management practices should take further efforts. Promoting the natural regeneration of non-dominant trees by eliminating more oak individuals and planting seedlings of non-dominant tree species may be powerful tools for this goal. Conservation management practices focusing on the increase of dead wood volumes have achieved a great success.

In the future, we plan to continue monitoring the stand structural and tree species compositional changes in the region involving additional variables characterizing the light conditions, the shrub layer and the understory vegetation of the studied stands.

Irodalomjegyzék

- Aszalós, R., Horváth, F., Mázsa, K., Ódor, P., Lengyel, A., Kovács, G., Bölöni, J., (2015): A faállomány–szerkezet és összetétel változása egy középhegységi cseres–tölgyesben négy évtizedes felhagyás után. In: J. Bölöni (szerk.) Tanulmányok a félszáraz tölgyesek ökológiai viszonyairól. pp. 19–29.
- Barina, Z., Csikos, V., Csóka, Gy., Frank, T., Gálhidy, L., Gombkötő, P., Harnos, K., Korompai, T., Kovács, K., Mező, H., Siffer, S., Szitta, T., (2015): Natura 2000 erdőterületek kezelése. In: Baráz, Cs. (szerk.) Bábakalács Füzetek 20. (Gyakorlati útmutató erdőgazdálkodók és erdészeti szakszemélyzet számára) Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger
- Bergeron, Y., Harvey, B., (1997): Basing silviculture on natural ecosystem dynamics: an approach applied to the southern boreal mixedwood forest of Quebec. *Forest Ecology and Management* 92, 235–242.
- Bölöni, J., Ádám, R., Aszalós, R., Ódor, P., (2015): Holtfa az észak–magyarországi kezelt és felhagyott cseres–kocsánytalan tölgyesekben. In: Bölöni, J. (szerk.) Tanulmányok a félszáraz tölgyesek ökológiai viszonyairól. pp. 31–45.
- Bölöni J., Molnár Zs., Kun, A. (szerk.) (2011): Magyarország élőhelyei: Vegetációtípusok leírása és határozója, ÁNÉR 2011. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, 439 pp.
- Bölöni, J., Ódor, P., (2014): A holtfa mennyisége a mérsékelt övi erdőkben. In: Csóka, Gy., Lakatos, F. (szerk.), A holtfa. *Silva Naturalis* 5, Nyugat–magyarországi Egyetem, Sopron, pp. 203–217.
- Buesching, C. D., Slade, E. M., Merckx, T., Macdonald, D. W., (2015): Local and landscape-scale impacts of woodland management on wildlife. In: *Managing for Nature on Lowland Farms*. Szerk.: David W. Macdonald és Ruth E. Feber, *Wildlife Conservation on Farmland*. Oxford University Press 2015., pp. 224–240.
- Campronon, J., Brotons, L., (2006): Effects of undergrowth clearing on the bird communities of the Northwestern Mediterranean Coppice Holm oak forests. *Forest Ecology and Management* 221, 72–82.
- Decocq, G., Aubert, M., Dupont, F., Bardat, J., Wattez–Franger, A., Saguez, R., De Foucault, B., Alard, D., Delelis–Dusollier, A., (2005): Silviculture–driven vegetation change in a European temperate deciduous forest. *Annals of Forest Science* 62, 313–323.

- Fox, J. (2005): The R Commander: A Basic Statistics Graphical User Interface to R. *Journal of Statistical Software* 14 (9), 1–42.
- Frank, T., Szmorad, F., (2014): Az erdők kezelésének elvi alapjai. In: Frank, T., Szmorad F. (szerk.) *Védett erdők természetességi állapotának fenntartása és fejlesztése*. Rosalia kézikönyvek 2. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 11–49.
- Franklin, J. F., Shugart, H. H., Harmon, M. E., (1987): Tree death as an ecological process. *BioScience* 37(8), 550–556.
- Franklin, J. F., Spies, T. A., Van Pelt, R., Carey, A. B., Thornburgh, D. A., Berg, D. R., Lindenmayer, D. B., Harmon, M. E., Keeton, W. S., Shaw, D. C., Bible, K., Chen, J., (2002): Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *Forest Ecology and Management* 155, 399–423.
- Gálhidy, L., (2016): A lékek szerepe az erdőgazdálkodásban és az erdők természetvédelmi kezelésében. In: Korda, M. (szerk.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*. (Tanulmánygyűjtemény), Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 421–457.
- Götmark, F., Paltto, H., Nordén, B., Götmark, E., (2005): Evaluating partial cutting in broadleaved temperate forest under strong experimental control: Short-term effects on herbaceous plants. *Forest Ecology and Management* 214, 124–141.
- Götmark, F., (2007): Careful partial harvesting in conservation stands and retention of large oaks favour oak regeneration. *Biological Conservation* 140, 349–358.
- Götmark, F., (2009): Experiments for alternative management of forest reserves: effects of partial cutting on stem growth and mortality of large oaks. *Canadian Journal of Forest Research* 39, 1322–1330.
- Götmark, F., (2013): Habitat management alternatives for conservation forests in the temperate zone: Review, synthesis, and implications. *Forest Ecology and Management* 306, 292–307.
- Guyot, V., Castagneyrol, B., Vialatte, A., Deconchat, M., Jactel, H., (2016): Tree diversity reduces pest damage in mature forests across Europe. *Biology Letters* 12: 20151037. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2015.1037>

- Haila, Y., Hanski, I. K., Niemela, J., Punttila, P., Raivio, S., Tukia, H., (1994): Forestry and the boreal fauna: matching management with natural forest dynamics. *Ann. Zool. Fennici* 31, 187–202.
- Hansen, A. J., Spies, T. A., Swanson, F. J., Ohmann, J. L., (1991): Conserving Biodiversity in Managed Forests. *BioScience* 41(6), 382-392.
- Heyman, E., Gunnarsson, B., Stenseke, M., Henningsson, S., Tim, G., (2011): Openness as a key-variable for analysis of management trade-offs in urban woodlands. *Urban Forestry and Urban Greening* 10, 281–293.
- Jenkins, M. A., Parker, G. R., (1998): Composition and diversity of woody vegetation in silvicultural openings of southern Indiana forests. *Forest Ecology and Management* 109, 57–74.
- Jensen, A. M., Götmark, F., Löf, M., (2012): Shrubs protect oak seedlings against ungulate browsing in temperate broadleaved forests of conservation interest: A field experiment. *Forest Ecology and Management* 266, 187–193.
- Jonsson, B. G., Kruys, N., Ranius, T., (2005): Ecology of Species Living on Dead Wood – Lessons for Dead Wood Management. *Silva Fennica* 39(2), 289–309.
- Kotroczó, Zs., Veres, Zs., Fekete, I., Papp, M., Tóth, J. A., (2012): Effects of climate change on litter production in a *Quercetum petraeae-cerris* forest in Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 8, 31–38.
- Kuuluvainen, T, és Aakala, T., (2011): Natural Forest Dynamics in Boreal Fennoscandia: a Review and Classification. *Silva Fennica* 45(5), 823–841.
- Larsen, D. R., Johnson, P. S., (1998): Linking the ecology of natural oak regeneration to silviculture. *Forest Ecology and Management* 106, 1–7.
- Loewenstein, E. F., Johnson, P. S., Garrett, H. E., (2000): Age and diameter structure of a managed uneven-aged oak forest. *Canadian Journal of Forest Research* 30(7), 1060–1070.
- Lorimer, C. G., Krug, A. G., (2011): Diameter distributions in even-aged stands of shade-tolerant and midtolerant tree species. *American Midland Naturalist* 109(2), 331–345.
- Löf, M., Brunet, J., Filyushkina, A., Lindbladh, M., Skovsgaard, J. P., Felton, A., (2015): Management of oak forests: striking a balance between timber production, biodiversity and cultural services. *International Journal of Biodiversity Science. Ecosystem Services és Management*, DOI: 10.1080/21513732.2015.1120780

- Nordén, B., Paltto, H., Claesson, C., Götmark, F., (2012): Partial cutting can enhance epiphyte conservation in temperate oak-rich forests. *Forest Ecology and Management* 270, 35–44.
- Ódor, P., Tinya, F., Márialigeti, S., Mag, Zs., Király, I., (2011): A faállomány és különböző erdei élőlénycsoportok kapcsolata az őrségi erdőkben. *Erdészeti Lapok* 146(1), 23–26.
- Ódor, P., (2014): A korhadó faanyag szerepe az erdei növények biodiverzitásában. In: Csóka, Gy., Lakatos, F. (szerk.), *A holtfa. Silva Naturalis* 5, 155-170.
- R Core Team (2013): *R: a Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Rouvinena, S., Kuuluvainen, T., (2005): Tree diameter distributions in natural and managed old *Pinus sylvestris*-dominated forests. *Forest Ecology and Management* 208, 45–61.
- RStudio Team (2015): *RStudio: Integrated Development for R*. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Rubin, B. D., Manion, P. D., Faber-Langendoen, D., (2006): Diameter distributions and structural sustainability in forests. *Forest Ecology and Management* 222, 427–438.
- Schwartz, J. W., Nagel, L. M., Webster, C. R., (2005): Effects of uneven-aged management on diameter distribution and species composition of northern hardwoods in Upper Michigan. *Forest Ecology and Management* 211, 356–370.
- Sebek, P., Bace, R., Bartos, M., Benes, J., Chlumská, Z., Dolezal, J., Kovar, J., Machac, O., Mikatova, B., Platek, M., Polakova, S., Skorpik, M., Stejskal, R., Svoboda, M., Trnka, F., Vlasin, M., Zapletal M., Cizek, L., (2015): Does a minimal intervention approach threaten the biodiversity of protected areas? A multi-taxa case study of responses to intervention in temperate oak-dominated forests. *Forest Ecology and Management* 358, 80–89.
- Sopp, L., Kolozs, L., (szerk.) (2000): *Fatömegszámítási táblázatok*. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest.
- Titchenell, M. A., Williams, R. A., Gehrt, S. D., (2011): Bat response to shelterwood harvests and forest structure in oak-hickory forests. *Forest Ecology and Management* 262, 980–988.
- Tímár, G., (2016): A jelenlegi erdőgazdálkodási módok áttekintése: A hagyományos és újszerű erdőgazdálkodás útjai, alapvető hatásai és természetvédelmi szempontú javításának lehetséges irányai. In: Korda, M. (szerk.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére (Tanulmánygyűjtemény)*, Duna-Ípoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 11–29.

Westphal, C., Tremer, N., von Oheimb, G., Hansen, J., von Gadowb, K., Härdtle, W., (2006): Is the reverse J-shaped diameter distribution universally applicable in European virgin beech forests? *Forest Ecology and Management* 223, 75–83.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. Aszalós Rékának, hogy dolgozatom elkészítésében végig segített és értékes tanácsokkal látott el. Köszönöm Frank Tamásnak, valamint a BNPI munkatársainak, de különösen Veréb Krisztinának és Csernák Csabának a terepi mintavételben nyújtott fáradhatatlan segítséget. Köszönöm Dr. Bölöni Jánosnak és Kutszegi Gergelynek a statisztikában nyújtott segítséget. Köszönöm továbbá belső konzulensemnek, Dr. Szabó Péternek, hogy tanácsaival segítette munkám elkészültét.