EGYENLETES BONTÁSON ÉS LÉKVÁGÁSON ALAPULÓ ERDŐFELÚJÍTÁS ÖSSZEHASONLÍTÁSA GYERTYÁNOS-KOCSÁNYTALAN TÖLGYESBEN

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar
Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola
Az erdőművelés biológiai alapjai doktori program

Témavezető: Dr. Koloszár József

Tobisch Tamás

Sopron
2009

EGYENLETES BONTÁSON ÉS LÉKVÁGÁSON ALAPULÓ ERDŐFELÚJÍTÁS ÖSSZEHASONLÍTÁSA GYERTYÁNOS-KOCSÁNYTALAN TÖLGYESBEN

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében,
a Nyugat-magyarországi Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskolája, Az erdőművelés biológiai alapjai doktori programjához tartozóan.

Írta:
Tobisch Tamás

Témavezető: Dr. Koloszár József

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton …..... % -ot ért el,

Sopron, ….....

a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló (Dr. …..... ….....) igen /nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr. …..... ….....) igen /nem

(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr. …..... ….....) igen /nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján….....% - ot ért el

Sopron,

……..

a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése….....

……..

Az EDT elnöke

„A tudomány a közös gondolkodás művészete.”
(Somogyi Z.)

Abstract

A comparison of shelterwood and gap cutting in a Hungarian sessile oak-hornbeam forest.

This study compares the first five years of the regeneration period of uniform shelterwood and gap cutting (circular gaps of one tree height in diameter) in a Hungarian sessile oak-hornbeam forest from the following points of view: increment and crown expansion of the parent stand, establishment, mortality and height growth of tree seedlings, spatial pattern of seedling growth, compositional changes and proliferation of the shrub and herb layers, spatial pattern of the herb layer and some economical aspects. Furthermore, effects of herbivory on regeneration were also examined in the case of gap cutting.

Sessile oak trees grew significantly faster if applying shelterwood cutting than if applying gap cutting. Total increment of the remaining sessile oak trees relative to the total initial standing volume of sessile oak was approximately identical between the two methods. However, in the case of gap cutting, trees closer to the gaps (mainly north to the gaps) produced more increment. Crowns of sessile oak, turkey oak and hornbeam expanded particularly southwards and westwards.

Sessile oak crops after the first cut of the shelterwood cutting could be well utilized for regeneration purposes. In contrast, hardly any oak nuts fell on the area of the gaps. Concurrence of associate tree species was much stronger in the gaps than under the evenly opened canopy. The highest growth rate of sessile oak and that of the associate species occurred at the same topographical positions inside the gaps: in the centre and in the northern part of the gaps. Herbivory facilitated the regeneration of sessile oak since browsing reduced the abundance of the competing ground vegetation.

Temporal patterns of the herb layers were significantly similar on the cutting area of shelterwood and gap cutting in the first three years of the regeneration period. However, weed proliferation was higher in the gaps. Spatial patterns of the herb layers of the gaps did not indicate any site gradients.

Value increment of the parent stand did not differ considerably between the two methods. At the same time, costs of weeding and beating up were much higher if applying gap cutting.

Based on the results, it can be concluded that under the studied site conditions uniform shelterwood cutting is superior over cutting circular gaps of one tree height in diameter from silvicultural point of view. Presumably, gap cutting could be made more effective (and consequently cheaper) if cutting smaller or elliptical gaps and enlarging them gradually.

Kivonat

Kutatásommal az ernyős felújítóvágást hasonlítottam össze lékvágáson alapuló felújítással (kb. egy fahossznyi többé-kevésbé kör alakú lékek) a felújítás első öt évére vonatkozólag egy hazai hegyvidéki gyertyános-kocsánytalan tölgyesben. Az összehasonlítás szempontjai következők voltak: az anyaállomány növedéke, a koronák növekedése, az újulat megtelepedése, magassági növekedése, valamint a növekedés térbeli mintázata, a cserje- és a gyepszint kompozíciójának, valamint az egyes fajok tömegességének változása, a gyepszint térbeli mintázata, ökonómiai vonatkozások. Tanulmányoztam emellett a vad felújításra gyakorolt hatását a lékvágás esetében.

Egyenletes bontásnál a kocsánytalan tölgy faegyedek szignifikánsan gyorsabban növekedtek a lékvágáshoz képest. A főállomány kocsánytalan tölgyeinek összesített korszaki növedéke ugyanakkor a kocsánytalan tölgy kiindulási élőfakészletéhez viszonyítva közel megegyezett. Lékvágásnál azonban a növedék elsősorban a lékszéli fákra rakódott (főként északi irányban). Mindkét technológia esetében a kocsánytalan tölgy, a csertölgy és a gyertyán koronák leginkább a déli ill. a nyugati irányokban nyúltak meg.

Egyenletes bontásnál az első bontást követő makktermések a felújítás szolgálatába állíthatók voltak. A lékek ugyanakkor alig szóródtak be makkal. Az elegyfafajok konkurenciája a lékekben jóval erőteljesebb volt. A kocsánytalan tölgy és az elegyfafajok a lékeken belül ugyanott, a lékek közepén ill. attól északra növekedtek a leggyorsabban. A kerítetlen lékekben a vad a tölgy felújítását az azzal konkuráló vegetáció visszaszorításával inkább segítette, mint gátolta.

A vegetációban lejátszódó folyamatok jellege egyenletes bontás ill. lékvágás esetén szignifikánsan hasonló volt a felújítás első három évében. A lékvágás ugyanakkor a vágásterület erőteljesebb gyomosodását idézte elő. A gyepszint mintázata a lékekben nem indikált termőhelyi gradienst.

Az anyaállomány értéknövedékében a két felújítási eljárás között nem volt lényeges különbség. Az ápolások és a pótlások költsége azonban lékvágásnál jóval magasabb volt.

Az eredmények alapján az a következtetés vonható le, hogy a vizsgált termőhelyen az egy fahossznyi kör alakú lék vágása erdőművelési szempontból kedvezőtlenebb az egyenletes bontáshoz képest. A lékvágáson alapuló felújítást kisebb ill. elnyújtott lékek nyitásával, majd fokozatos tágításával feltételezhetően biztonságosabbá (és ezáltal olcsóbbá) lehet tenni.

TARTALOMJEGYZÉK

1. PROBLÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉSEK 10
2. BEVEZETÉS 11
2.1. A HAZAI GYERTYÁNOS-TÖLGYES ERDŐTÁRSULÁSOK ÉS –TÍPUSOK 11
2.1.1. A gyertyános-tölgyesek elterjedése 11
2.1.2. A gyertyános-tölgyesek cönoszisztematikai rendszerezése és erdőtípusai 11
2.1.3. Az erdőtipológia alkalmazása az erdészeti gyakorlatban 12
2.2. A GYERTYÁNOS-KOCSÁNYTALAN TÖLGYESEK FELÚJÍTÁSA HAZÁNKBAN 13
2.2.1. A természetes felújítás nehézségei 13
2.2.1.1. A kocsánytalan tölgy és a gyertyán erdőművelési tulajdonságai 13
2.2.1.2. A vad hatása 14
2.2.1.3. Fagykár 14
2.2.1.4. Gyomosodás 14
2.2.1.5. Tudományos kutatások szükségessége 15
2.2.2. Mesterséges erdőfelújítási eljárások 16
2.2.3. Természetes erdőfelújítási eljárások 16
2.2.3.1. A hagyományos eljárások és az új irányzatok 16
2.2.3.2. A felújítás és a kocsánytalan tölgy újulat ökológiai igényei 17
2.2.3.3. A hagyományos ernyős felújítóvágás ütemezése 18
2.2.3.4. Az ernyős felújítóvágás előnyei a hazai szakirodalom alapján 19
2.2.3.5. Az ernyős felújítóvágás hátrányai a hazai szakirodalom alapján 20
2.3. „ÚJ” IRÁNYZATOK AZ ERDŐMŰVELÉSBEN – A TERMÉSZETES FOLYAMATOKON ALAPULÓ GAZDÁLKODÁS 24
2.4. A TERMÉSZETES ERDŐDINAMIKA 25
2.4.1. A természetes dinamika fogalma 25
2.4.2. A lék fogalma és a lékvágáson alapuló felújítási módszerek 25
2.4.3. A gyertyános-kocsánytalan tölgyesek természetes dinamikája 27
2.5. A LÉKVÁGÁSSAL ILL. AZ EGYENLETES BONTÁSSAL ÉRINTETT FAÁLLOMÁNYOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA 28
2.5.1. Termőhelyi vonatkozások 28
2.5.1.1. Az időjárás kis térléptékű változásai („mikroklíma”) 28
2.5.1.2. Fény- és nedvességviszonyok, a talaj tápanyagkészlete 29
2.5.2. Botanikai vonatkozások 30
2.5.3. Az anyaállomány fatermése, a koronák növekedése 31
2.5.4. Az újulat megmaradása ill. növekedése 32
2.5.5. Ökonómiai vonatkozások 33
2.6. A KOCSÁNYTALAN TÖLGY FELÚJÍTÁSA LÉKVÁGÁSSAL – ELMÉLETI MEGFONTOLÁSOK A HAZAI SZAKIRODALOM ALAPJÁN 34
2.6.1. A kocsánytalan tölgy térbeli mintázata 34
2.6.2. A hazai termőhelyi adottságok 35
2.6.3. A kocsánytalan tölgy újulat fényigénye 35
2.7. KIINDULÁSI HIPOTÉZISEK 36
3. A VIZSGÁLT TERÜLET JELLEMZÉSE 38
3.1. AZ ERDŐRÉSZLET TERMŐHELYI VISZONYAI 38
3.2. AZ ERDŐRÉSZLET FAÁLLOMÁNYA ÜZEMTERVI ADATOK ALAPJÁN 39

3.3. A MINTAVÉTELI IDŐSZAK IDŐJÁRÁSA 40
3.4. VADSŰRŰSÉG 41
4. MÓDSZEREK 42
4.1. A KÍSÉRLET ELRENDEZÉSE 42
4.2. AZ EGYENLETES BONTÁS ÉS A LÉKVÁGÁS KIVITELEZÉSE 43
4.3. MINTAVÉTELEZÉS 46
4.3.1. Az anyaállomány mintavétele 47
4.3.2. Az újulat mintavétele 49
4.3.3. A cserje- és a gyepszint botanikai mintavétele 50
4.4. A FELVÉTELI ADATOK FELDOLGOZÁSA 50
4.4.1. Az anyaállomány adatainak feldolgozása 51
4.4.2. Az újulat adatainak feldolgozása 53
4.4.3. A cserje- és a gyepszint adatainak feldolgozása 57
4.4.4. Ökonómiai számítások 63
5. EREDMÉNYEK 66
5.1. AZ ANYAÁLLOMÁNY NÖVEKEDÉSE 66
5.1.1. Kiindulási állapot 66
5.1.2. A mellékállomány fatérfogata 66
5.1.3. A főállomány fatérfogatának növekedése 68
5.1.4. A koronavetületek változása 69
5.2. AZ ÚJULAT MENNYISÉGÉNEK VÁLTOZÁSAI ÉS MAGASSÁGI NÖVEKEDÉSE 71
5.2.1. A csemeték számának változása 71
5.2.1.1. Kiindulási állapot 71
5.2.1.2. A fél méternél alacsonyabb csemeték számának változása az anyaállomány megbontása ill. a lékvágás után 74
5.2.1.3. A fél méternél magasabb csemeték számának változása az anyaállomány megbontása ill. a lékvágás után 74
5.2.2. Az újulat magassági növekedése 77
5.2.2.1. A fél méternél alacsonyabb csemeték növekedése 77
5.2.2.2. A fél méternél magasabb csemeték növekedése 80
5.2.2.3. Az újulat magassági növekedésének térbeli változatossága 82
5.3. A CSERJE- ÉS A GYEPSZINT VÁLTOZÁSA 86
5.3.1. Kiindulási állapot 86
5.3.2. Az egyenletes bontás ill. a lékvágás hatására lejátszódó folyamatok jellegének összehasonlítása a 2001-2005. közötti időszakra vonatkozóan 87
5.3.3. Az egyenletes bontás ill. a lékvágás hatására lejátszódó folyamatok mértékének összehasonlítása a 2001-2005. közötti időszakra vonatkozóan 88
5.3.4. A szeder borításának változása egyenletes bontás ill. lékvágás esetén 91
5.3.5. A gyepszint térbeli mintázata 94
5.3.6. Az egyes parcellák növényzetének változása 2005. és 2007. között 95
5.4. ÖKONÓMIAI SZÁMÍTÁSOK 95
6. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE 96
6.1. AZ ANYAÁLLOMÁNY NÖVEKEDÉSE 96
6.1.1. Az anyaállomány fatermése 96
6.1.2. A koronavetületek megváltozása 99
6.2. AZ ÚJULAT MENNYISÉGI VÁLTOZÁSAI ÉS MAGASSÁGI NÖVEKEDÉSE 100
6.2.1. A kocsánytalan tölgy és az elegyfafajok megtelepedése a felújítás megkezdése előtt 100

6.2.2. Az első bontás ill. a lékvágás utáni fokozott újulatpusztulás lehetséges okai ... 101
6.2.3. Az első bontást ill. a lékvágást követő makktermésből származó újulat megtelepedése ... 101
6.2.4. A kocsánytalan tölgy csemeték megmaradását és növekedését korlátozó tényezők ... 103
6.2.5. Az ápolások szükségessége ... 106
6.2.6. A vad hatása lékvágás esetében ... 107
6.2.7. Az újulat növekedésének térbeli változatossága ... 108
6.2.8. Az újulat növekedése a lék-környéki zárt faállományban ... 109
6.3. A CSERJE- ÉS A GYEPSZINT VÁLTOZÁSA ... 110
6.3.1. Az egyenletes bontás ill. a lékvágás hatására lejátszódó folyamatok jellege ... 110
6.3.2. A vágásterület gyomosodása ... 111
6.3.2.1. Általános megállapítások ... 111
6.3.2.2. Szedresedés ... 112
6.3.3. A gyepszint térbeli mintázata ... 114
6.3.4. A vad hatása lékvágás esetében ... 116
6.3.5. A felújítás jövőbeni folytatásának lehetséges hatásai ... 116
6.4. ÖKONÓMIAI VONATKOZÁSOK ... 117

7. A FŐBB EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA (TÉZISEK), HIPOTÉZISVIZSGÁLAT ... 119

7.1. AZ ANYAÁLLOMÁNY FATÉRFOGATÁNAK ÉS MINŐSÉGÉNEK VÁLTOZÁSA ... 119
7.2. AZ ANYAÁLLOMÁNY KORONAVETÜLETÉNEK VÁLTOZÁSA ... 119
7.3. AZ ÚJULAT MEGTELEPEDÉSE, MEGMARADÁSA ÉS MAGASSÁGI NÖVEKEDÉSE ... 119
7.4. A CSERJE- ÉS A GYEPSZINTBEN LEJÁTSZÓDÓ FOLYAMATOK ... 120
7.5. A TÁJÉKOZODÓ JELLEGŰ VIZSGÁLATOK FŐBB EREDMÉNYEI ... 120
7.6. HIPOTÉZISVIZSGÁLAT ... 121

8. KÖVETKEZTETÉSEK ... 122

9. ÖSSZEFOGLALÁS ... 124

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS ... 127

11. IRODALOMJEGYZÉK ... 128

1. PROBLÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

A korszerű erdőgazdálkodás alapvető célkitűzése a természetben lejátszódó folyamatok utánzásával végzett erdőművelés. Az 1990-es években a magyar erdészeti szakma egyes köreiben elterjedt az a nézet, hogy jelenlegi természetesnek ítélt erdeink természetes körülmények között kb. egy fahossznyi lékekben különösebb emberi beavatkozás nélkül is képesek felújulni.

A gyertyános-tölgyes társulások lékvágással való felújítása különösen izgalmas kérdés a két társulásalkotó fafaj eltérő erdőművelési tulajdonságai miatt. Sem a hazai, sem a nemzetközi irodalomban nem találtam azonban gyertyános-tölgyesben végrehajtott lékvágással kapcsolatos kutatást.

A disszertációban ismertetett kísérlettel a lékvágáson (kb. egy fahossznyi többé-kevésbé kör alakú lékek nyitása) és az egyenletes bontáson alapuló felújítást hasonlítom össze:

1. Milyen mértékű különbség alakul ki egyenletes bontás ill. lékvágás hatására az anyaállomány növedékében egy hazai, hegyvidéki gyertyános-tölgyesben a felújítás első öt éve alatt?
2. Hogyan változik meg a koronák alakja és mérete az egyenletesen megbontott ill. a lék-környéki faállományban?
3. Milyen a tölgy újulat megmaradása ill. növekedése a kétféle felújítási eljárás esetén?
4. Milyen mértékű az elegyfafajok konkurenciája (mennyisége ill. növekedése), a cserje- és a gyepszint fajai borításának változása a kétféle vágásmód alkalmazásakor?
5. Kimutatható-e a lékben ill. a lék-környéki faállományban termőhelyi heterogenitás hatása az újulat növekedésére?

A kutatás során három további kérdésre is kerestem a választ, inkább tájékozódó jelleggel, hiszen azok megválaszolása egyenként egy-egy disszertációt is kitölthetne. Ennek ellenére úgy gondolom, hogy ezek a vizsgálatok a két felújítási eljárás további, igen fontos szempontjait elemzik, ezért – ha röviden is – de megemlítendők:

6. Indikál-e a gyepszint térbeli mintázata a lékben ill. a lék-környéki faállományban termőhelyi heterogenitást?
7. Hogyan módosítja a vad az újulat fajainak megmaradását és növekedését ill. a gyepszintben lejátszódó folyamatokat lékvágás esetén?
8. Milyen mértékű ökonómiai különbség van a két eljárás között a felújítás első öt évében?

2. BEVEZETÉS

2.1. A hazai gyertyános-tölgyes erdőtársulások és –típusok

2.1.1. A gyertyános-tölgyesek elterjedése

Bár a disszertáció a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek felújításával kapcsolatos, a társulások elterjedését ill. erdőtipológiai rendszerezését a gyertyános-kocsányos ill. a gyertyános-kocsánytalan tölgyesekre együttesen adom meg. Ennek oka, hogy az erdészeti termőhelyismerettanban ill. az erdőállomány adattárakban a gyertyános-tölgyesekre vonatkozó adatokat általában nem osztják fel a tölgy fafaja szerint (Járó 1973, MgSzH online adatok I., II.).

A gyertyános-tölgyesek hazánk jellegzetes, nagy területet elfoglaló, főképp klímazonális erdei. Elterjedésüket tehát elsősorban a klíma határozza meg. Ez alól csak egyes alföldi előfordulások képeznek kivételt (Fekete et al. 1997). Termőhelyei klímáját gyertyános-tölgyes klímának nevezzük (Járó 1973). Jellemzője, hogy a júliusi 14 órai relatív légnedvesség átlaga 55 és 60 % közötti. Az évi csapadékmennyiség 600 mm feletti, az évi középhőmérséklet pedig 8 – 9 °C. Erdőterületünk 38,5 %-a gyertyános-tölgyes klímájú (forrás: MgSzH online adatok I.), ugyanakkor csupán 6,3 %-án tenyészik gyertyános-tölgyes (forrás: MgSzH online adatok II.).

2.1.2. A gyertyános-tölgyesek cönoszisztematikai rendszerezése és erdőtípusai

A gyertyános-tölgyeseket kettős lombkoronaszint jellemzi. A felsőben kocsányos vagy kocsánytalan tölgy, az alsóban gyertyán található. Fekete et al. (1997) összesen 11 gyertyános-tölgyes társulás típust (asszociációt) különít el florisztikai alapon. Ezek részletes ismertetését terjedelmi okok miatt nem közlöm.

A gyertyános-tölgyes asszociációkon belül Majer (1962, 1968) nyomán a talajnak a lágyszárú szint alapján becsült vízgazdálkodása és savanyúsága szerint több szubasszociációt, vagy közismertebb nevén erdőtípust különböztethetünk meg. Az erdőtípusok jellemzője és egyben elkülönítésük alapja a lágyszárú szintben egyes, elméletileg jól körülhatárolható ökológiai igényekkel rendelkező lágyszárú fajok tömeges megjelenése. Meg kell említeni azonban, hogy az ún. típusjelző fajok (Majer 1963) valós ökológiai igényei nem ismertek kellő mértékben. Majer (1962, 1963) ugyanis konkrét termőhelyi adatokat nem közölt az egyes fajok előfordulására ill. tömeges elszaporodására vonatkozólag.

Annak ellenére, hogy az erdőtípusokat Majer (1962, 1968) is szubasszociációként értelmezi, gyertyános-tölgyes erdőtipológiai rendszerét nem hozza szoros összefüggésbe a cönoszisztematikával. Egyes esetekben (acidofil típusok) a kapcsolat nyilvánvaló. Más esetekben viszont inkább az a jellemző, hogy egy – egy erdőtípus több társulás típus szubasszociációja is lehet.

Majer (1962, 1968) az alábbi gyertyános-tölgyes erdőtípusokat különbözteti meg:

- Igen száraz – acidofil: *Vaccinium myrtillus*; *Dicranum – Polytrichum*; *Deschampsia flexuosa*.
- Száraz – acidofil: *Luzula luzuloides*; *Calamagrostis arundinacea*.
- Száraz – bazifil: *Melica uniflora*; *Glechoma hederacea* vagy *hirsuta*.
- Félszáraz: *Poa nemoralis*, *Carex pilosa, Vinca minor, Hedera helix, Festuca drymeia*.
- Üde: *Galium odoratum, Nudum, Carex sylvatica, Brachypodium sylvaticum*.
- Félnedves: *Oxalis acetosella, Aegopodium podagraria, Corydalis cava, Allium ursinum, Carex sylvatica, Urtica dioica*.
- Nedves: *Impatiens noli-tangere, Circaea lutetiana, Stachys sylvatica*.

2.1.3. Az erdőtipológia alkalmazása az erdészeti gyakorlatban

A későbbiekben az erdőfelújítási irányelveket Majer (1962, 1968) erdőtipológiai rendszere alapján dolgozták ki (pl. Danszky és Rott 1964, Szappanos 1967a, Danszky 1973, Szappanos 1987a), ill. újították meg (Solymos 2000, Csépányi 2001). Az erdőművelési gyakorlat ugyanakkor – látszólag – sokkal inkább a termőhely típus változaton alapul. Ezt jelzi, hogy az üzemtervi lapon az erdőtípus nincs feltüntetve, sőt a típusjelző fajok is legfeljebb megjegyzésként szerepelnek, ha egyáltalán szerepelnek. Ennek egyik oka éppen az lehet, hogy a típusjelző fajok valós ökológiai igényei hazai viszonyok között nem ismertek kellő mértékben. Majer (1962, 1968) rendszerét tehát a gyakorlat mindezidáig nem tudta kellő mértékben széles körűen, az erdőtervezés és a felügyelet szintjén alkalmazni.

Legújabban a Bartha és munkatársai (Bartha et al. 1995) által meghatározott ún. potenciális erdőtársulásokból képezett erdőtársulás-csoportot szerepeltetik az üzemtervi lapon (Sódor és Madas 1998, ÁESZ 2005). Ennek az erdőművelési gyakorlatra tett hatása azonban egyelőre nem ismert.

2.2. *A gyertyános-kocsánytalan tölgyesek felújítása hazánkban*

2.2.1. A természetes felújítás nehézségei

A kocsánytalan (és a kocsányos) tölgy természetes felújítása mind hazai, mind nemzetközi szinten számos nehézségbe ütközhet (Tobisch 2002, Harmer 1995, Harmer és Boswell 1997, Kelly 2002). A disszertáció további részeiben azonban csak a kocsánytalan tölgy felújításával kapcsolatos problémákat említem. Ezek közül öt olyat emelek ki, amelyet a disszertáció témájával kapcsolatban különösen fontosnak ítélek. Az első értelemszerűen csak gyertyános-tölgyesek természetes felújítása esetében jelentkezik, a többi általában igaz tölgyeseink természetes (vagy mesterséges) felújítására.

2.2.1.1. A kocsánytalan tölgy és a gyertyán erdőművelési tulajdonságai

A gyertyános-tölgyesek természetes felújítása az erdőművelés legnehezebb feladatai közé tartozik. Ennek okai a két társulásalkotó fafaj, a kocsánytalan tölgy és a gyertyán eltérő erdőművelési tulajdonságai.

A természetes felújítás előfeltételei Majer (1967a) szerint:

1. Legyen magtermő faállomány.
2. A megfelelő helyre a megfelelő időpontban hulljon a mag.
3. A magnak adottak legyenek a csírázási feltételei.
4. Az újulat megmaradjon (ill. növekedjen).

Ha ezeknek a szempontoknak megfelelően összehasonlítjuk a gyertyán valamint a kocsánytalan tölgy sajátságait (Roth 1935, Krahl-Urban 1959. cit. von Lüpke 1998, Majer 1968, Nemky 1973, Csesznák 1986a, Szappanos 1987b, Koloszár 2004 alapján), rögtön kiderül, mi teszi gyakran különösen nehézzé a természetes felújítást (1. táblázat).

1. táblázat A kocsánytalan tölgy és a gyertyán főbb erdőművelési tulajdonságai.

Feltétel	Kocsánytalan tölgy	Gyertyán
1.	Magzókora: 40-50 év. Magtermés: periodikus, Roth (1935) szerint 8 – 10 évente van bő termés.	Magzókora: ~ 40 év. Minden évben terem, gyakran bőségesen.
2.	A nehéz tölgymakk általában nem terjed messzire.	Magja szél által jobban terjed.
3.	A mag feltételezhetően kevésbé fekszik át (bár erre vonatkozó konkrét adatot az irodalomban nem találtam), ráadásul a vad egyik kedvenc eledele.	Átfekvő magvú, így a csírázáshoz szükséges feltételeket „kivárhatja”.
4.	Az újulat kezdetben jól tűri az árnyalást, később fényigényes. Fiatalon közepes gyorsasággal nő. Fagyérzékeny.	Csemetekorban árnytűrő, később mérsékelten fényigényes, de elviseli az árnyalást. Gyors bontásnál jó termőhelyen gyorsan nő. A tölgyet könnyen túlnőheti. Nem fagyérzékeny.

A természetes felújítás során tehát gyakran az egyik fontos feladat a gyertyán fékentartása. Erdőművelési szempontból ezért ajánlatos a gyertyánokat már jóval a felújítás megkezdése előtt kitermelni, ahogy ezt már Fekete (1888) leírta.

2.2.1.2. A vad hatása

A vadkár Európa-szerte megnehezíti a kocsánytalan tölgy felújítását (Gill és Beardall 2001). Bár a nemzetközi irodalomban ilyen jellegű megállapításokat elsősorban a bükkre vonatkozóan lehet olvasni (Diaci és Rozenbergar 2001), feltételezhető, hogy a kocsánytalan tölgyre ugyanez még fokozottabban igaz, hiszen a tölgyet még a bükknél is nagyobb előszeretettel fogyasztja a vad (Hees et al. 1996, Kuiters és Slim 2002). Közismert, hogy mind a rágcsálók, mind a nagyvad (főként a vaddisznó) jelentős mennyiségű tölgymakkot fogyaszt. A kicsírázott csemetéket aztán a nagyvad legeli le, jelentősen visszavetve ezáltal a csemeték növekedését (Hees et al. 1996, Chaar et al. 1997a, Kuiters és Slim 2002, Drexhage és Colin 2003).

2.2.1.3. Fagykár

A kocsánytalan tölgy a kései fagyra érzékeny (szemben a gyertyánnal; Csesznák 1986b, Szappanos 1987c). A fagykár tehát szintén megnehezítheti a felújítást (konkrét adatokat például Deans és Harvey 1996, Chaar és Colin 1999, valamint Tobisch 2008a közöl). A jelenség az egyenletes bontás és a lékvágás közötti mikroklimatikus különbségek tanulmányozásakor kap különös hangsúlyt.

2.2.1.4. Gyomosodás

A gyomnövény fogalmát számos módon lehet definiálni (Hunyadi et al. 2000). A disszertációban a Hunyadi (1974 cit. Hunyadi et al. 2000) által adott meghatározást követem: *„Gyomnövénynek nevezünk bármelyik fejlődési stádiumban lévő olyan növényt vagy növényi részt (rizóma, tarack, hagyma, hagymagumó stb.), amely ott fordul elő, ahol nem kívánatos”*. A definíció értelmében tehát gyomnak fogok nevezni minden növényt, ami a felújítás sikerét kisebb vagy nagyobb mértékben veszélyezteti. A gyom kifejezés tehát éppúgy használható mesterséges, mint természetes felújítás esetében. (Utóbbira egyébként a lejjebb hivatkozott szakirodalomban számos példát találhatunk).

A meghatározás szerint a célfafajon (jelen esetben a tölgyön) kívül a felújítás szempontjából minden egyéb faj gyomnak minősül. Természetesen adott faj biológiai értékéről így a gyom fogalom a jelen dolgozatban semmit nem mond. Nem jelenti továbbá a gyom kifejezés azt, hogy az adott faj populációját feltétlenül el kell távolítani (sőt még azt sem, hogy feltétlenül vissza kell szorítani). Figyelembe veendő továbbá, hogy egyazon faj (pl. a földi szeder vagy a magas kőris) egyidejűleg segítheti ill., gátolhatja is a felújítást. Sőt, a felújítás idejében még gyomnak tekintett faj később az ökoszisztéma nélkülözhetetlen részévé válhat (pl. a gyertyán). A gyom fogalmat tehát dinamikusan kell értelmezni (azaz időben változó, mit tekintünk gyomnak). Ennek ellenére a továbbiakban – az egyszerűsítés kedvéért, követve az erdészeti gyakorlat szakirodalomban fellelhető szakzsargonját – gyomosodásnak fogom nevezni a növényzet borításának emelkedését fajtól függetlenül (leszámítva természetesen a kocsánytalan tölgyet). (Megjegyzendő, hogy az angolszász irodalomban szintén használják természetes felújítás esetében is a *„weed”* = gyom szót, pl. Harmer 1995-ös cikkében ekvivalensként használja ezt a szót a *„ground flora”* = aljnövényzet, *„excessive surface vegetation”* = elburjánzott aljnövényzet kifejezésekkel, továbbá megemlíti, hogy a gyom segítheti a felújítást).

A vágásterületek gyomosodása közismert probléma, amely régóta foglalkoztatja a hazai és a külföldi erdőművelőket egyaránt. Az egyenletes bontás ill. a lékvágás összehasonlításával kapcsolatban alapvető fontosságú. A témával kapcsolatos eddigi megfigyelésekre és kutatásokra a későbbiekben fogok kitérni.

2.2.1.5. Tudományos kutatások szükségessége

A gyertyános-tölgyesek felújításával kapcsolatban hazánkban alig végeztek tudományos igényű kutatást. (Megjegyzendő, hogy ugyanez nemzetközi szinten is igaz). Tudomásom szerint két ilyen kísérlet eredményei kerültek publikálásra. Az egyiket Szappanos (1967b, 1969a, 1969b) végezte Pilismarót községhatárban *Carex pilosa* erdőtípusban. A másikat Somogyi közreműködésével Béky tervezte meg, és irányította a Farkaserdőn. Az adatokat később Tobisch (2007a, 2008a) értékelte ki.

Az ismertetésre kerülő felújítási eljárások tehát nagyobb részben gyakorlati tapasztalatokon alapulnak, amelyek azonban mért adatokkal nincsenek alátámasztva, ezért szubjektívek. Az erdőművelés során azonban az erdei ökoszisztémák tér- és időbeli változásának az emberi léptéket meghaladó volta miatt *a szubjektív tapasztalatok nem lebecsülendők, szerepük igen nagy*.

2.2.2. Mesterséges erdőfelújítási eljárások

A mesterséges felújítás kivitelezésére vonatkozólag a legszélesebb körű, legalaposabb tájékoztatást a „Zöld Könyvek” sorozat adta (Danszky 1963). Ebben a szerzők az összes hazai erdőgazdasági tájra vonatkozóan erdőtípusok szerint ismertették a célállomány megkívánt elegyarányát, a vetendő makk vagy ültetendő csemete mennyiségét, a csemete korát és minőségét (magágyi vagy iskolázott), a célállomány tervezett vágásérettségi korát, a tervezett pótlás arányát és az erdősítés időtartamát.

A 10 évvel később megjelent Erdőművelés I. (Danszky 1973) c. könyv a mesterséges felújítások technológiai kérdéseire vonatkozólag is részletes információkat tartalmaz (a talajelőkészítés, magvetés, csemeteültetés, talajápolás, pászta ápolás stb. különböző eljárásainak bemutatása). A „Zöld Könyvekhez” képest a termőhelyi adottságok is nagyobb figyelmet kapnak. Részletesen ismerteti ugyanis, hogy az egyes célállomány típusok a különböző termőhelyi adottságok között milyen növekedésűek.

Jelen dolgozatban nem ismertetem részletesen a gyertyános-tölgyesek mesterséges felújítási eljárásait. Azok ugyanis nem tartoznak szorosan a kutatás tárgyához.

2.2.3. Természetes erdőfelújítási eljárások

2.2.3.1. A hagyományos eljárások és az új irányzatok

A gyertyános-kocsánytalan tölgyesek természetes felújítására vonatkozólag számos szakember az egyenletes bontáson alapuló fokozatos (ernyős) felújítóvágást ajánlja (pl. Fekete 1888, S. D. 1902, Divald 1903, 1904, Gesztes 1906, Muzsnay 1911, Rainiss 1911, Vadas 1921, Szeless 1941, Danszky 1963, Majer 1967a, Szappanos 1967a, Bernáth 1971, Danszky 1973, Szappanos 1987a, Koloszár 1989). Elterjedten alkalmazták ennek módosított változatát, amelynek során az első bontóvágás egyenletes volt, majd az újulat felszabadítását csoportos bontásokkal hajtották végre (Danszky és Rott 1964, Majer 1967a).

Újabban – a természetközeli erdőgazdálkodás követelményeinek megfelelően – a csoportos bontás és a felújítási idő meghosszabbítása került előtérbe (Csépányi 2001), hiszen ezáltal lehet a természetes folyamatokat leginkább közelíteni (Frank 2000, a „természetközeli” fogalom definiálását ld. a 2.4.2. alfejezetben). Ennek ellenére a gyertyános-tölgyeseket napjainkban is ernyős felújítóvágással, vagy annak az előző bekezdésben ismertetett módosított változatával újítják fel (Solymos 2000, Csépányinak 2001).

2.2.3.2. A felújítás és a kocsánytalan tölgy újulat ökológiai igényei

A természetes felújítás során elsősorban az újulat fény- és nedvességigényét kell szem előtt tartani (Roth 1916). A két tényező közül kezdetben a kocsánytalan tölgy újulat fényigényére helyezték a hangsúlyt. Hazánkban ugyanis mind a kocsányos, mind a kocsánytalan tölgy újulatot fényigényesnek tartják (bár ez utóbbi kezdetben jól tűri az árnyalást), ezért az újulat gyors felszabadítást igényel, amire az ernyős felújítóvágás kiválóan alkalmas.

Később Magyar (1933b) arra mutatott rá, hogy a hazai termőhelyi adottságok között a kocsánytalan tölgy újulat leggyakrabban nem fény-, hanem nedvességhiány miatt pusztul el. Szappanos (1967b, 1969a) vizsgálata pedig bebizonyította, hogy a kocsánytalan tölgy csemeték növekedését a természetes felújítás során valóban limitálhatja nedvességhiány. Figyelembeveendő azonban, hogy mind Magyar (1933b), mind Szappanos (1967b, 1969a) csupán egy erdőrészletben végzett konkrét kutatást. Általános érvényű következtetéseikben tehát nagy szerepet játszott a szubjektív benyomás.

Magyar (1933c) vizsgálatai arra is rámutattak, hogy a felszabadítás ütemének meghatározásakor a termőhelyi adottságokat hangsúlyosabban kell figyelembe venni. Jobb vízellátottság esetében ugyanis az újulat jobban tűri az árnyalást (Magyar 1933c). Ilyen termőhelyi adottságok között ugyanakkor a gyomosodás veszélye is nagyobb, így a felszabadítást is lassabban kell végezni (Magyar 1933b).

Fontos megjegyezni, hogy Európa humidabb vidékein a gyakran borult égbolt valamint a csapadékbőség hatására a felújítás során a nedvesség helyett a fény lehet a limitáló tényező (Kelly 2002). Krahl-Urban (1959 cit. Kelly 2002) szerint Európán belül délkeletről északnyugatra haladva a kocsányos ill. a kocsánytalan tölgy árnytűrése csökken. Egyes, laboratóriumi körülmények között végzett kísérletek szintén azt igazolták, hogy elegendő nedvesség mellett a fényviszonyok határozzák meg a kocsánytalan tölgy újulat növekedését (Ovington és MacRae 1960).

A nedvességviszonyok mellett a felújítást nagymértékben befolyásolja a talaj savanyúsága is. A gyertyán vitalitása a kocsánytalan tölgyhöz képest ugyanis a savanyú erdőtípusokban (pH < 5) erősen lecsökkenhet (Majer 1967, Csesznák 1986a).

2.2.3.3. A hagyományos ernyős felújítóvágás ütemezése

A termőhelyi sajátságok figyelembevételével tehát a természetes felújításról kezdetben alkotott kép (Fekete 1888) árnyaltabbá vált. Szappanos (1967b, 1970) szerint szárazabb erdőtípusokban 5-10, üdébb típusokban 10-15 év alatt kell a felújítást elvégezni. A termőhely függvényében a gyakorlat is megközelítőleg ilyen felújítási időszakokkal dolgozott (Majer 1967, Szappanos 1967a, Danszky 1973). A klasszikus, Hartig-féle ernyős felújítóvágás négyütemű (előkészítő, vető-, felszabadító és végvágás), ám ez a gyakorlatban gyakran két- vagy háromüteműre egyszerűsödik (Danszky 1963, Majer 1967, Szappanos 1967a).

Az előkészítő vágás célja a jó magágy kialakítása, a koronafejlesztés (Roth 1935, Majer 1967a). A vágás során a beteg, a böhönc valamint a nemkívánatos faegyedek (gyertyán!) kerülnek kitermelésre. A mellékállomány fatérfogata: 15-30 %.

Az ernyős felújítóvágás további bontóvágásai során a csemeték fokozatosan egyre több fényhez (a csökkent lombsátor záródás miatt, Szappanos 1969b) ill. talajnedvességhez (a csökkent intercepció valamint az anyaállomány csekélyebb gyökérkonkurenciája miatt, Szappanos 1967b, 1969a) jutnak, ugyanakkor az időjárás viszontagságaitól (kései vagy korai fagy, aszály) az anyaállomány „ernyői” alatt védve maradnak (Majer 1967a, Szappanos 1967a).

A vetővágást a maghullást követően (három éven belül) hajtják végre (Roth 1935, Majer 1967a). A kitermelt faanyag ismét az élőfakészlet 15 – 30 %-a. Makktermés hiányában esetenként állomány alatti telepítést alkalmaznak (Danszky 1963, Majer 1967, Szappanos 1967a, Danszky 1973, Szappanos 1987a). Szükség esetén bozótirtás (Szappanos 1987a), valamint részleges talajelőkészítés (Danszky 1973, Szappanos 1987a) javasolt.

A felszabadító vágással az újulat növekedését segítik elő (Roth 1935, Majer 1967a). A kitermelt fatérfogat: 20 – 50 %. A még lábon maradt fákat a végvágás során távolítják el.

A végvágással azonban nem ér véget a felújítás. A végvágott területen először vágástakarítást végeznek. A végvágást követő években pedig a felújítás sikerét, a megfelelő elegyarány kialakítását pótlással ill. rendszeres ápolásokkal biztosítják (Danszky 1963, Majer 1967a, Szappanos 1967a, Danszky 1973, Szappanos 1987a).

A természetes felújítási technológiákat legrészletesebben Szappanos (1987a) ismerteti. Gyakorlati beállítottságú tanulmányában a termőhely függvényében adja meg az alkalmazható eljárásokat az azokhoz szükséges eszközök ismertetésével.

2.2.3.4. Az ernyős felújítóvágás előnyei a hazai szakirodalom alapján

Az ernyős felújítóvágás feltételezett előnyeit és hátrányait a XX. század folyamán számosan megfogalmazták, viszont adatokkal igen ritkán bizonyították. Pontokba szedve az előnyök a következők (a szerzők megállapításai után egyes esetekben gondolatjellel elválasztva röviden megjegyzéseket fűztem):

- A munkát viszonylag kis, jól körülhatárolható területre korlátozza (szemben a szálalóvágással és szálalással; Roth 1935).
- Védi a talajt (Roth 1935, Majer 1967a, Szappanos 1967b), de kevésbé mint a szálalóvágás ill. szálalás (Roth 1935).
- Kedvező mikroklímát biztosít a mag átteleléséhez, csírázásához és az újulat növekedéséhez (Majer 1967a, Szappanos 1967a).
- Az újulat a helyi termőhelyi viszonyokhoz alkalmazkodott, vagyis akklimatizált anyaállományról származik (Majer 1967a, Szappanos 1967a). – Ez csak akkor állja meg a helyét, ha a történelem folyamán még nem volt olyan felújítás az adott területen, amelynek során más termőhelyről származó makkal erdősítettek. Ezt viszont nehéz bizonyítani (a témával kapcsolatban Deans és Harvey /1996/ cikkének bevezetője idéz számos konkrét felmérést, esetenként megdöbbentő számokkal).
- Az anyaállomány védi az újulatot az időjárás viszontagságaitól (Fekete 1899, Majer 1967a, Szappanos 1967a).
- A vágásterület gyomosodása viszonylag kismértékű (Szappanos 1967a). – Ezzel szemben számos szerző ennek az ellenkezőjét állítja (ld. a 2.2.3.5. alfejezetet).
- Védi az újulatot a rovarkárosítással szemben (Fekete 1899, Majer 1967a, Szappanos 1967a). – Ugyancsak fellelhetők ezzel ellentétes vélemények (ld. a 2.2.3.5. alfejezetet).
- Az egységnyi területre eső újulatszám magas, ezért a törzsek egyenes növekedésűek (Szappanos 1967a).
- A fiatalos állása sűrű, így jó az ágfeltisztulás (Szappanos 1967a).
- Nagy a természetes vagy mesterséges szelekció lehetősége (Roth 1935, Majer 1967a, Szappanos 1967a).
- A mellékfafajoknak jó felújulási lehetőséget biztosít (Majer 1967a, Szappanos 1967a). – Több szakember azonban cáfolja ezt az állítást (ld. a 2.2.3.5. alfejezetet).
- A méretes fák fenntartásával többlet-fatermést biztosít a tarvágáshoz képest (Szappanos 1967a).

- Folyamatos fatermést biztosít (Roth 1935, Majer 1967a, Szappanos 1967a), de kevésbé, mint a szálalóvágás ill. a szálalás (Roth 1935).
- Kihasználhatja a felújítási növedéket (Majer 1967a), amely ellensúlyozhatja a kitermelés többletköltségét (Szappanos 1967a). Igaz, Majer (1967a) hozzáfűzi, hogy – mivel gyakran gyors ütemben termelik ki az anyaállományt – a felújítási növedék nincs kellő mértékben kihasználva.
- Nincs szükség maggyűjtésre, csemetetermesztésre, talajelőkészítésre stb. (Szappanos 1967a). – Meglepő Szappanosnak ez az állítása, hiszen később (Szappanos 1987a) részletesen ismerteti, hogyan érdemes pótlást vagy talajelőkészítést végezni.
- Az erdő felújítása olcsó (Majer 1967a).
- *„Kevesebb munkaerő kell”* (Majer 1967a). – Majer a mesterséges felújításhoz viszonyítva állítja ezt. Számomra a kijelentés nehezen értelmezhető, hiszen számos munka megfelelő terepviszonyok mellett a mesterséges felújítás során gépesíthető, ahogy erre Majer (1967b) maga is felhívja a figyelmet.

2.2.3.5. Az ernyős felújítóvágás hátrányai a hazai szakirodalom alapján

A hátrányokra vonatkozólag a szerzők a következő megállapításokat tették:

- *„…az érvényesülő természeti erők és a gazdaság adminisztratív vitele között szükséges kapcsolat nehezen biztosítható”* a területi és időbeli korlátok miatt (Roth 1935). – Roth azonban nem adja meg, mihez képest biztosítható nehezen az említett kapcsolat. Az állítás elsősorban a jól tervezhető mesterséges felújítással szemben állja meg a helyét. A szálalóvágás ill. a szálalás esetében ugyanis az ernyős felújítóvágáshoz viszonyítva az adminisztrálás nyilvánvalóan még nehézkesebb, ahogy erre például Majer (1967a) is felhívja a figyelmet.
- Nincs kellő mértékben tekintettel a természeti viszonyokra (Roth 1925, 1935): *„Az ernyős vágás lehetőleg egyöntetű viszonyokat követel úgy az állományt (egykorú, elegyetlen), mint a termőhelyet és a talajviszonyokat illetőleg: a felújítás egyes stádiumai kedvező viszonyok között lehetőleg egyformán és egyidőben következzenek be egy egész állományban végig, amiért az egyenletesen dolgozó ernyős felújítás eredménye bizonytalan.”* (az idézetet Roth /1925/ közölte, de a forrást nem jelölte meg, csak feltételezhető, hogy Gayertől /1895/származik).

- Az ernyős felújítóvágás nincs tekintettel a termőhely mozaikosságára (Jablánczy 1956a, Majer 1967a). – Az állítás erdőművelési jelentőségére vonatkozóan azonban a szerzők részleteket nem közölnek.
- Jóformán egykorú, elegyetlen faállományokat eredményez (Bund 1920, Roth 1935, Jablánczy 1956a). – Ez a megállapítás is erősen vitatható, hiszen – saját terepi tapasztalataim alapján – például egy gyertyános-kocsánytalan tölgyes faállomány végvágott területére kimenve első látásra is viszonylag szembetűnők az elegyfafajok (pl. madárcseresznye, hárs, kőris, gyertyán, juharok, barkóca stb.). Számos újulatfelvételi adatunk ugyanezt bizonyítja (Tobisch 2008b). Jelenlegi faállományainkat igen gyakran ernyős módszerrel újították fel. Az elegyfafajok mégsem tűntek el. Más kérdés, hogy mi lenne a természetes elegyarány, de – véleményem szerint – erre a meglévő ismeretek alapján nem adható válasz.
- A koronafejlesztésre rövid időt hagy (Roth 1935). – Roth ugyanakkor eltekint attól, hogy a koronafejlesztés elsősorban az állománynevelés feladata (Csesznák 1967, Szappanos 1967c). A nem megfelelő nevelés okozta hiba a felújítás ideje alatt már nehezen hozható helyre, hiszen a koronafejlesztő képesség vágásérettségi korra lecsökken (Majer 1967b, Szappanos 1967c).
- A humuszosodási folyamatokra nem hagy elég időt, így a csemeték megtelepedése nehézségbe ütközik (Roth 1935, Jablánczy 1956a). – Ennek megcáfolására elegendő, ha makktermést követően sétálunk gyertyános-kocsánytalan tölgyesekben (konkrét adatokat ld. pl. Szappanos 1967b, 1969a, 1969b, Tobisch 2007b, 2008a, 2008b). Az eddigi adatok szerint nem annyira az újulat megtelepedése, mint inkább megmaradása okoz gondot. Azt pedig a fény- és nedvességviszonyok befolyásolják döntően (ld. a 2.2.3.2. alfejezetet).
- Az anyaállományon fattyúhajtások képződnek (Roth 1935). Roth ugyanakkor hozzáteszi, hogy a viszonylag rövid felújítási idő miatt, ez nem komoly probléma. – Szappanos (1967b) szerint a fattyúhajtások még viszonylag erőteljes (70 %-os) bontás esetében sem veszélyeztetik komolyan az anyaállomány minőségét, mert a törzs alsó, értékes részén nem képződnek fattyúhajtások. A szálalóvágás ill. a szálalás esetében viszont még nem ismert a fattyúhajtások képződésének a törzs minőségére gyakorolt hatása.
- Nagy a döntési és közelítési kár (Bund 1920, Roth 1935, Jablánczy 1956a, Majer 1967a). – Ezek a károk magasabbak, mint a mesterséges felújítás esetében (ahol értelemszerűen nincs újulatra döntés), de a szálalóvágás ill. a szálalás esetében az ilyen jellegű károk veszélye az erdő egy részén jóval magasabb. Az ernyős felújítóvágás során ugyanis az anyaállományt

viszonylag hamar kitermelik, a fiatal csemete pedig könnyebben regenerálódik. Szálalóvágás ill. szálalás alkalmazásakor viszont már idősebb újulat esetében is kell az anyaállományból vágni. Így – a különböző térbeli elrendezések ellenére – a döntési károk nehezen (vagy csak többletköltséggel) kerülhetők el (Kaán 1903b). Az ún. befalazódás veszélyére a csoportos szálalóvágás esetében már Roth (1935) felhívta a figyelmet. A befalazódás azt jelenti, hogy a csoportok területének növelésével, előbb-utóbb az újulatra döntés elkerülhetetlenné válik, valamint a kitermelt faanyagot is a már újulattal borított területen kell kiszállítani.

- Egyetlen makktermésre alapoz, ami bizonytalanná teheti a felújítás sikerét (Jablánczy 1956a, Majer 1967a). – Az állítást adatokkal is bizonyították (pl. Mátyás 1961, Boda 1999). Meg kell jegyezni ugyanakkor, hogy a már megbontott faállományban – a szabadabb állás következtében (Mátyás 1961, 1962, Szappanos 1967b) – könnyen lehetnek a felújítás időszaka alatt újabb makktermések (mint ahogy ez történt a jelen disszertációban bemutatott kísérlet; valamint a Farkaserdőn folytatott, a pilisihez hasonló kísérlet során is, ld. Tobisch 2007b).
- Az anyaállomány gyökér- és fénykonkurenciája nagymértékben érvényesül (Jablánczy 1956a, Majer 1967a). – Szappanos (1967b, 1969a, 1969b) kísérletei igazolták a feltételezést, valamint – az adott erdőrészletre vonatkozólag – tisztázták a konkurencia mértékét. Az az állítás azonban, miszerint – a fény- és gyökérkonkurencia miatt – csak olyan területeken alkalmazható sikerrel az ernyős felújítóvágás, ahol az átlagos évi csapadék meghaladja a 700 mm-t (Jablánczy 1956a), véleményem szerint nagyon merész, és könnyen cáfolható, hiszen erdeink jelentős része fekszik olyan területeken, ahol a csapadék 700 mm alatti.
- Az anyaállomány gyors letermelése miatt kicsi a „ritkítási növedék” (Jablánczy 1956a).
- Nincs idő az első bontást követően újabb csemeték természetes megtelepedésére ill. pótlásra (Jablánczy 1956a). – Az állítás nem állja meg teljes mértékben a helyét, hiszen a bontást követően könnyen bekövetkezhet makktermés. Nem világos számomra továbbá, hogy a pótlásnak miért szab az idő korlátot, hiszen az minden évben lehetséges.
- Jablánczy (1956a) szerint az ernyős felújítóvágás nem nyújt elég fényt a kocsánytalan tölgynek. – Mind Szappanos (1967b, 1969a, 1969b), mind Somogyi és Béky kísérlete (Tobisch 2008a), mind a jelen disszertációban bemutatott kísérlet, mind pedig az erdészeti gyakorlat cáfolja ezt a feltételezést (hiszen számos gyakorlati erdőművelő szakember javasolja az eljárást saját tapasztalatai alapján, ld. a 2.2.3.1. alfejezetet).

- Roth (1922) éppen annak ellenkezőjét állítja, mint Jablánczy (1956a): az ernyős felújítóvágás során az újulat számára túl erőteljes a megvilágítás, és túl meleg van.
- Több szakembert kíván, mint a mesterséges felújítás (Majer 1967a). – Feltételezhetően Majer a nagyobb szakértelem szükségességére hívta fel ezzel az állításával a figyelmet.
- Nehezebb és drágább a kitermelés, mivel kevésbé gépesíthető a mesterséges felújításhoz viszonyítva (Majer 1967a). – Ezzel az állítással Majer ellentmond Szappanosnak (Szappanos 1967b; ld. a 2.2.3.4. alfejezetet).
- Nem teszi lehetővé a felújítási idő megnyújtását, amire az üde és nedves erdőtípusokban lenne szükség (Majer 1967a). – Feltételezhetően Majer itt arra gondol, hogy a felújítási idő megnyújtásával a döntési és közelítési károk is emelkednek (mivel fejlettebb újulat fölött folyik a termelés).
- A rövid visszatérési idők miatt az esetleges hibák nehezen hozhatók helyre (Majer 1967a).
- A vágásterület erőteljesen gyomosodhat (Engler 1905, Gesztes 1906, Roth 1916, Bund 1928, Béky 1932). Bund (1921) és Roth (1922) szerint az ernyős felújítóvágás könnyen elgyertyánosodáshoz vezethet.
- A szél szárító hatása egyenletesen megbontott faállományokban nagymértékben érvényesülhet (Bund 1920).
- Az ernyős felújítóvágással kialakított jóformán egykorú, elegyetlen faállományokban a biotikus (rovar) és az abiotikus (pl. széldöntés) károk veszélye nagy (Kaán 1903a, 1904, Roth 1920, 1923).

Az ernyős felújítóvágás hazai irodalmának részletes elemzése alapján megállapítható, hogy egymásnak ellentmondó feltételezéseket publikáltak neves erdőművelőink. Ez annak a következménye, hogy tudományos igényű kutatás a témában alig volt, így a szerzők főként csak saját tapasztalataikra hagyatkozhattak.

2.3. „Új” irányzatok az erdőművelésben – a természetes folyamatokon alapuló gazdálkodás

A XX. század végén az ökológia az emberiség figyelmének középpontjába került. Ennek fő okai: az erőteljes iparosodás okozta környezetszennyezés, a túlnépesedés, időjárási szélsőségek okozta katasztrófák (árvizek, hurrikánok, tüzek stb.), a fajok gyorsuló kihalása és a klímaváltozás (Környezet és Fejlődés Konferencia, Rio 1992, Somogyi et al. 2001, Gamborg és Larsen 2003, Pommerening és Murphy 2004). Sokan ökológiai válságról ill. katasztrófa helyzetről beszélnek.

Az ökológiai szemlélet, a természetvédelem előtérbe kerülése hamarosan kiterjedt az európai erdőkre, valamint ezzel egyidejűleg az erdőművelésre (Miniszteriális Konferenciák az Európai Erdők Védelmére 1993, 1998, 2003, 2007, *Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe,* online ismertető). 1989-ben Szlovéniában megalakult a Pro Silva mozgalom (Pro Silva, online ismertető), amelynek célkitűzései között szintén szerepel a természetközeli gazdálkodás, a biodiverzitás, valamint az erdők sokrétű funkciójának megőrzése, vagyis a tartamosságnak az addigiaknál holisztikusabb, tágabb értelmezése (Besze et al. 1999). A természetközeli erdőművelés vizsgálatára az 1990-es évek elején a IUFRO kutatócsoportot alakított (IUFRO online ismertető, Schütz 2002).

Természetközelinek akkor nevezik az erdőművelést, ha annak során a természetben spontán lejátszódó folyamatokat nagymértékben követik, utánozzák (Somogyi 2000, Gamborg és Larsen 2003). A XX. század végétől megszámlálhatatlanul sok kutatás foglalkozik a természetközeli erdőművelés különböző területeivel (ezt bizonyítja például a nemzetközi Nat-Man projekt /*Nature-based management of beech in Europe*, online ismertető/, amiben hazánk is érintett volt, vagy a IUFRO 2004-es iráni /Sagheb-Talebi et al. 2004/ és 2006-os brassói konferenciáján /Nicolescu et al. 2006/ ismertetésre kerülő nagyszámú vizsgálat).

A nemzetközi folyamatok a rendszerváltás utáni Magyarországon is éreztették hatásukat. Ezt jelzi az erdőrezervátum-hálózat kialakítása az 1990-es évek elején (Mátyás 1993), az 1996. évi LIV. törvény az „Erdőről és az erdő védelméről”, a Pro Silva Hungaria megalakulása 1999-ben (Besze et al. 1999), a természetvédelem erdészeti koncepciójának megalkotása 2004-ben (Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium 2004), valamint számos könyv (pl. Mátyás 1996, Solymos 1998, Czirok 1999, Frank 2000, Solymos 2000, Bartha 2001, Somogyi et al. 2001, Solymos 2005, Bodonczi et al. 2006, Török 2006). A hazai erdőművelésben is megkezdődött tehát a prioritások megreformálása, a természetvédelmi szempontok előtérbe kerülése. Ennek a folyamatnak az eredménye az ún. TERMERD projekt (Bartha et al. 2003),

valamint az egyes termőhelytípus-változatokon alkalmazható célfafajok körének megváltoztatása (ÁESZ 2005), és Magyarország erdészeti tájbeosztásának megújítása (Halász 2006).

A természetközeli erdőművelés problémaköre azonban sem Európában, sem Magyarországon nem új keletű. A XIX. század végén és a XX. század elején mind Európában (pl. Biolley, Möller, Krutzsch), mind pedig Magyarországon több erdész szakember javasolta a természetes erdődinamika hangsúlyosabb figyelembe vételét (szálalás, szálalóvágás problematikája; Krutzsch 1952, Pommerening és Murphy 2004). Magyarországon a XX. század első felében az ernyős felújítóvágást a hazai erdőművelési tudomány nagyjai (Béky, Bund, Jablánczy, Kaán, Roth) élesen kritizálták, és az egyenlőtlen bontást ill. a szálalóvágást és a szálalást próbálták – külföldi példák alapján – hazánkban népszerűsíteni (pl. Kaán 1903a, 1904, Engler 1905, Roth 1916, 1920, Bund 1920, 1921, Béky 1922, Roth 1922, Schudich 1926, Bund 1928, Jablánczy 1956b, Nemky 1957, Borsos 1958). A gyakorlatba azonban ezeket a módszereket nem vezették be, a XX. század második felében pedig ez az irányzat a szakirodalomban is már csak elvétve jelent meg.

2.4. A természetes erdődinamika

2.4.1. A természetes dinamika fogalma

Az erdődinamika szó jelentése a Wikipedia (online) szerint: *„az erdődinamika azokat a fizikai és biológiai erőket írja le, amelyek megváltoztatják, és formálják az erdőt.”* Vagyis az erdő összetételére és szerkezetére hatással vannak. Sódor és Temesi (2001) szerint: *„Az erdődinamika az erdő összetételének, szerkezetének és működésének időbeli változásait írja le.”*

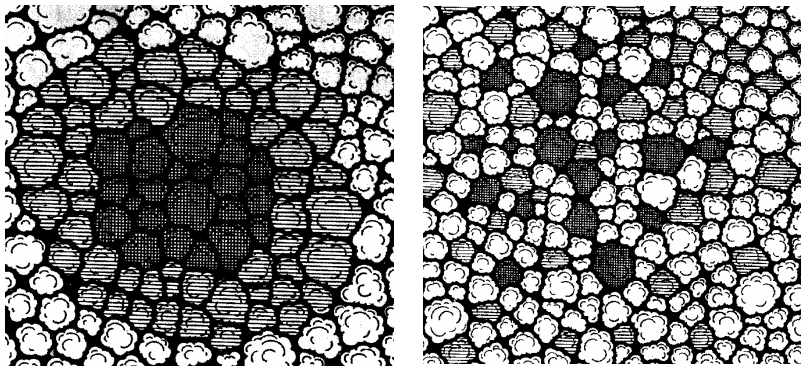
Definíciója alapján az erdődinamika több tér- időskálán értelmezhető. A természetközeli erdőművelés során a legtöbb esetben a spontán lékesedési folyamatokat veszik alapul a felújítás megtervezésekor.

2.4.2. A lék fogalma és a lékvágáson alapuló felújítási módszerek

A hazai és nemzetközi szakirodalom átolvasása közben világossá vált, hogy a szerzők nem tesznek különbséget a lék és a csoport között (ahogy azt Roth /1935/ teszi, 1. ábra), valamint léknek neveznek akár több hektáros területet is (Sagheb-Talebi et al. 2004, Nicolescu et al. 2006). A lék fogalmának használatakor tehát figyelemmel kell lenni a különböző

értelmezésekre. Jelen dolgozatban a léket Roth (1935) szerint definiálom, miszerint a lék az az egy fahossznyi vagy kisebb átmérőjű terület, amelyről adott időpontban minden fát kivágnak.

1. ábra A lékvágás (bal oldalon) és a csoportos bontás (jobb oldalon) vízszintes vetületi képe. A keresztben sraffozott koronavetületek az első, az egyszerűen sraffozottak a második bontást jelölik. Az ábrán egy lék ill. csoport látszik. Forrás: Roth (1935).



A lékvágáson alapuló felújítások egyik típusa a gyűrűs szegélyvágás (Vadas 1879 cit. Roth 1935, Bund 1920). Ennek első lépése a tulajdonképpeni lékvágás, majd a lékek méretét körkörösen szegélyvágásokkal növelik. Roth (1935) és Majer (1967a) ugyanerre a felújítási módra a lékes felújítóvágás fogalmát használja, amely a tarvágásos felújítóvágás egyik formája. (Bár Roth /1935/ nem írja le közvetlenül a „lékes felújítóvágás" kifejezést, csupán az egy pontból kiinduló felújítóvágások egyik módszereként említi azt, melynek során a felújítást lékvágással indítják /525. oldal/).

A lékvágáson alapuló felújítások másik módja az lehet, ha a meglévő lékek tágítása helyett új lékeket nyitnak a faállományban, így a lékek mérete nem változik. Erre vonatkozó nomenklatúrai definíciót azonban a szakirodalomban nem találtam.

A jelen dolgozatban bemutatott, lékvágáson alapuló felújítás megnevezésére tehát nem lehet egyértelműen a lékes felújítóvágás fogalmát használni, hiszen a lékek méretét a kutatás ideje alatt nem növeltük. Így legfeljebb a lékes felújítóvágás kezdeti szakaszának feleltethető meg a kísérletben alkalmazott módszer.

2.4.3. A gyertyános-kocsánytalan tölgyesek természetes dinamikája

A gyertyános–kocsánytalan tölgyesek természetes dinamikája tudományos szempontból kevéssé ismert. Már arra az alapvető kérdésre is nagyon nehéz válaszolni, mekkora területet foglalnának el a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, ha az emberi tevékenység nem módosította volna elterjedésüket. Köztudott ugyanis, hogy a bükköt a XX. század elejéig fájának vetemedése miatt gyomfának tekintették, ezért igyekeztek háttérbe szorítani a kocsánytalan tölgy javára. Ha ehhez még azt is hozzátesszük, hogy a mai bükkösöket és gyertyános-kocsánytalan tölgyeseket aljnövényzetük alapján is nehéz elválasztani (Fekete et al. 1997), rögtön felmerülhet a gyanú, hogy a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek mai területe jóval nagyobb is lehet a természeteshez képest. (Ráadásul még azt sem tudjuk, hogy emberi beavatkozás nélkül milyen lenne a gyertyán, a kocsánytalan tölgy és az egyéb fafajok aránya…).

A gyertyános-kocsánytalan tölgyesekben nyitott szemmel járva gyanúnk fokozódhat, hiszen az embernek az a benyomása, hogy a termőhelyek zömén a gyertyán vitalitása (társulásképessége) a kocsánytalan tölgyét messze meghaladja. Egy – egy spontán lékben általában csupán elvétve akad egy – egy kocsánytalan tölgy, ami a gyertyánnal képes versenyben maradni. Létezhet-e tehát, és ha igen, milyen termőhelyi körülmények között a jellegzetes, kétszintű gyertyános-kocsánytalan tölgyes emberi beavatkozás nélkül?

A kérdésre jelenlegi ismereteink alapján csak egy válasz adható: nem tudjuk. A kocsánytalan és a kocsányos tölgy gyenge társulásképességét felismerve több kutató azt állítja, hogy az európai gyertyános-tölgyesek nagymértékben antropogén hatásra jöttek létre, további fennmaradásuk ezért erdészeti tevékenységhez kötött (Peterken 1976, Míchal 1983, Tybirk és Strandberg1999 cit. Hofmeister et al. 2004).

A kocsánytalan tölgynek – elméletileg – két esélye lehet a gyertyánnal szemben: magas életkora, valamint a gyertyánhoz viszonyítva nagyobb tűrőképessége a meleggel és a szárazsággal szemben (Csesznák 1986c, Szappanos 1987d). A kocsánytalan tölgy magas életkora lehetővé teszi, hogy a tölgy „kivárja” a gyertyán anyafák pusztulását, a konkurencia mérséklődését. Elképzelhetőnek tartom, hogy a több száz évig élő kocsánytalan tölgy életében előfordulhatnak olyan hosszabb ideig tartó aszályos periódusok, amiknek hatására nagyobb területekről is eltűnik a gyertyán. A kedvezőtlen periódus elmúltával a tölgy felújulásának kedvező körülmények (fény-, és nedvességviszonyok, csekély konkurencia) alakulhatnak ki. Ezt a feltételezést azonban emberi léptékben már nehéz volna igazolni.

Gyertyános-kocsánytalan tölgyes természetes dinamikájával kapcsolatos megfigyelést az irodalomban nem találtam. A kocsányos tölgy spontán felújulásával kapcsolatos meglévő,

alacsony számú külföldi kutatás (Bobiec 2007) is azonban csupán odáig jutott, hogy felismerje: a spontán lékekben (függetlenül a lék méretétől!) a legsikeresebben a gyertyán és a kislevelű hárs újul. A kocsányos tölgy felújulásával kapcsolatban Bobiec (2007) is csak feltételezésekbe tud bocsátkozni (ha a vad számára elérhetetlen helyre hullik a makk…). Megjegyzendő ugyanakkor, hogy a Bobiec (2007) által vizsgált erdő anyaállományában (őserdő!) már eleve is igen kevés volt a kocsányos tölgy, és igen sok a gyertyán (ugyanakkor az is igaz, hogy éppen a természetes dinamika alakította ki az elegyarányt).

2.5. A lékvágással ill. az egyenletes bontással érintett faállományok összehasonlítása

2.5.1. Termőhelyi vonatkozások

2.5.1.1. Az időjárás kis térléptékű változásai („mikroklíma”)

Papp (1954, 1958) kimutatta, hogy vágásterületen a zárt faállományhoz képest mind a nappali felmelegedés mind az éjszakai lehűlés erőteljesebb. A levegő relatív páratartalma nappal a faállományban, éjszaka a vágásterületen magasabb. Megállapította továbbá, hogy már egy viszonylag kis átmérőjű lék mikroklímája is lényegesen szélsőségesebb a környező faállományhoz képest. Feltételezi, hogy a lék méretének növekedésével párhuzamosan fokozódik mikroklímájának szélsősége. Felismeri ugyanakkor, hogy az *„erdei mikroklímában a tisztásokra jellemző kedvezőtlen változás akkor is létrejöhet, ha a lombsátorban több apró hézag keletkezik, vagyis ha általában a záródás csökken.”* Ez viszont az anyaállomány túlzott mértékű egyenletes megbontása mellett következhet be.

Manninger (2008) mérései részben eltérő eredményre vezettek. A bükki Bélkövön folytatott kétéves folyamatos mérésen alapuló vizsgálat alapján az egy fahossznyi lék és a zárt faállomány között a levegő relatív páratartalmában és a léghőmérsékletben nem talált lényeges különbséget. Papp (1954, 1958) és Manninger (2008) eredményei közötti különbségek okának kiderítése további kutatómunkát igényel (termőhelyi hatások). A külföldi tapasztalatok többsége (pl. Canham és Marks 1985, Collins és Pickett 1987, Blennow 1998, Ritter és Vesterdal 2002) részben vagy teljesen Papp (1954, 1958) eredményeit támasztja alá.

Az eddigi eredmények alapján feltételezhető, hogy a lékesedés (vagy lékvágás), az egyenletes bontás valamint a végvágás a mikroklímára hasonló hatást gyakorol, csupán a hatás mértékében van különbség: a végvágás hatása a leginkább drasztikus, míg a mérsékelt egyenletes bontás a legkevésbé.

Gyertyános-kocsánytalan tölgyesre vonatkozó eredményt sem a hazai, sem a külföldi szakirodalomban nem találtam. Feltételezhető, hogy a lék és a környező zárt faállomány mikroklímájának különbségei hasonló jellegűek, csak a különbségek mértékében lehet eltérés. A kérdés különösen akkor kap nagyobb hangsúlyt, ha figyelembe vesszük, hogy a kocsánytalan tölgy újulat fagyérzékeny.

2.5.1.2. Fény- és nedvességviszonyok, a talaj tápanyagkészlete

A lékesedés három fő módon befolyásolja a felújulás szempontjából különösen fontos fény- és nedvességviszonyokat:

1. Az anyaállomány párologtatásának megszűnésével (a lék helyén) ill. intercepciójának mérséklődésével talajnedvesség többlet keletkezhet (Canham és Marks 1985, Ritter és Vesterdal 2002, Bauhus és Bartsch 1995, Ritter et al. 2005b, Gray et al. 2002, Hagyó és Rajkai 2004, Page és Cameron 2006, Gálhidy et al. 2006, Manninger 2008).
2. A lék talaja ugyanakkor erőteljesebben felmelegszik, tehát a napsugarak szárító hatása a zárt faállományhoz képest jobban érvényesül (Papp 1954, 1958, Collins et al. 1985, Török 1997, 2000, Vilhar et al. 2005, Török 2006, Manninger 2008).
3. Az anyaállomány oldalárnyékolása miatt a léken belül ill az azt közvetlenül szegélyező faállományban a termőhely egyes sajátságaiban (pl. talajnedvesség, fényviszonyok) különbségek alakulhatnak ki (Collins és Pickett 1987, Bauhus és Bartsch 1995, Bauhus 1996, Brown 1996, Török 2000, Mihók et al. 2005, Ritter 2005, Ritter et al. 2005a, Gálhidy et al. 2006, Török 2006). Egyes esetekben ugyanakkor az oldalárnyékolás hatása nem volt érzékelhető (Gagnon et al. 2003, Hagyó és Rajkai 2004).

Ez a három tényező – elvileg – különböző termőhely- és erdőtípusok esetében egyaránt érvényesül. A különbség az érvényesülés mértékében van.

A felsorolt három jelenség közül az első kettő az egyenletesen megbontott faállományokra is igaz, feltételezhetően kisebb mértékben, ill. végvágott területekre, feltételezhetően nagyobb mértékben (pl. Papp 1958, Borman és Likens 1979, Canham és Marks 1985, Lockaby et al. 1997, Messina et al. 1997, Ballard 2000, Agestam et al. 2003).

A fakivágás hatására bekövetkező mikroklíma változás, valamint a talajnedvesség esetleges emelkedése a talajban lakó mikroorganizmusok számára általában kedvező (Collins et al. 1985, Bauhus és Bartsch 1995, Bauhus 1996, Ritter 2005). A szervesanyag lebomlási sebessége tehát fokozódik, a talaj tápanyagtartalma átmenetileg nő (Canham és Marks 1985,

Palik et al. 1997, Boudreau és Lawes 2005, Ritter et al. 2005b). Az erdészeti beavatkozásoknak a mikroorganizmusok aktivitására gyakorolt hatása a vágás erélyétől és a vágásterület nagyságától függően a mikroklímához hasonlóan változik (Canham és Marks 1985). Hazai kutatást ebben a témában ugyanakkor csak elvétve végeztek (Fehér 1931a, 1931b, Bodnár 1989). A kevés meglévő eredmény a külföldi tapasztalatokkal összhangba hozható.

2.5.2. Botanikai vonatkozások

Az erdőművelés a növényzetre elsősorban közvetetten hat, a termőhely egyes sajátságainak megváltoztatása által. Minél drasztikusabbak tehát a termőhelyre gyakorolt hatások, várhatóan annál nagyobb mértékben fog az eredeti növényzet is megváltozni.

Az előző fejezetekben bemutatott kutatásokból nyilvánvaló, hogy az anyaállomány kitermelése gyakran a növényzet számára szükséges életfeltételek (források) ideiglenes túlkínálatával jár (fény-, nedvesség- és tápanyagbőség). Ezért a túlkínálatért versengés alakul ki. A már a területen élő fajok igyekeznek elszaporodni, egyúttal még nem jelen lévő fajok próbálnak a területre betörni (kolonizálni, Ehrenfeld 1980). A kolonizáció történhet magbankból, levegőből vagy valamilyen állat segítségével (annak felszínén ill. elfogyasztás és kiürítés útján). A versengés kiéleződése miatt egyes fajok visszaszorulnak, ill. eltűnnek a területről (Noble és Slatyer 1980, Tóthmérész 1989, Csontos 1996). Összességében azonban a növényzet biomasszája ill. összborítása, így az újulattal való konkurenciája a vágást követő néhány éven belül emelkedik (Papp 1984, Katona és Tóthmérész 1985, Csontos 1996).

A gyom – az anyaállományhoz hasonlóan – mind a fényért, mind a talajnedvességért (esetleg valamelyik, a növekedést limitáló tápanyagért; gyökérkonkurencia) való küzdelemben versenytársa az újulatnak, így értelemszerűen az újulat megmaradását és növekedésének ütemét gyakran csökkenti (Magyar 1933a, Ovington és MacRae 1960, Davies 1985, Collet és Frochot 1996, Collet et al. 1996, Chaar et al. 1997b, Collet et al. 1997, Löf 2000, Kelly 2002, Hamer et al. 2005, Harmer és Morgan 2007). A fizikai kompetíción kívül számolni kell a kémiaival is (allelopátia). Jarvis (1964a) kimutatta, hogy erdei humuszban a kocsánytalan tölgy újulat növekedését gátló anyagok fordulnak elő. (Azt azonban nem sikerült azonosítania, hogy melyik faj felelős ezekért az anyagokért).

Ernyős felújítóvágás alkalmazásakor az első bontóvágások hatására kezdetben a vegetációban viszonylag csekély mértékű változás várható (Götmark et al. 2005), majd a végvágás után a terület növényzete lényegesen átalakul (ami a felújítást nagymértékben megnehezítheti,

Csontos 1996). Később, a fiatalos záródásával a felújítási területről majdnem minden lágyszárú faj kiszorul (Csontos 1996).

A lényeges minőségi különbség az egyenletes bontás ill. a lékvágás között a környező zárt faállomány megléte (lékvágás esetében) ill. hiánya (egyenletes bontás esetében). Bund (1928) éppen ennek hiányát tartja a gyomosodás előidézőjének a hagyományos felújítások során: *„egyenletes ritkítás mellett a napfény a vágásterületet mindenütt éri s nyomán az elgyomosodás csakhamar fellép…nélkülözöm általában az oldalról árnyékoló sűrűbben tartott állományrészeket, amelyek a gyomot fékentartják”*. Bund (1928) állítása alapján azt lehet feltételezni, hogy lékvágással a gyomosodás mérsékelhető az egyenletes bontáshoz képest. Figyelembe kell venni ugyanakkor a termőhelynek, a bontás erélyének ill. a lék méretének és alakjának módosító hatását is. Ezzel kapcsolatban azonban még nem áll rendelkezésre kellő mennyiségű, tudományosan megalapozott információ.

A léken belül (ill. a lék-környéki faállományban ld. Fahey és Puettmann 2008) a termőhelyi tényezők sajátos heterogenitása a növényzet mintázatát erőteljesen befolyásolhatja. Ennek erdőművelési jelentőségére hazánkban Török (1997, 2000, 2006) mutatott rá. Kutatásai alapján úgy találta, hogy a bükk újulat ill. az arra veszélyes lágyszárúak a termőhelyi viszonyok térbeli változatossága miatt a térben elkülönülnek, így könnyebbé válhat a felújítás. Gyertyános-kocsánytalan tölgyesre vonatkozólag azonban mindezidáig nem publikálták olyan kutatás eredményeit, ami az ernyős felújítóvágás ill. a lékvágás gyepszintre gyakorolt hatását összehasonlította volna.

2.5.3. Az anyaállomány fatermése, a koronák növekedése

Az ernyős felújítóvágás és az anyaállomány fatermése közötti kapcsolat mind hazánkban, mind nemzetközi szinten kevéssé tanulmányozott. Hazánkban ebben a témában gyertyános-kocsánytalan tölgyesre vonatkozólag Szappanos (1967b) végzett vizsgálatokat. A nemzetközi irodalomban ugyanakkor nem találtam ilyen jellegű publikált kutatást. Szappanos (1967b) eredményei szerint a kocsánytalan tölgy fatermése a felújítás ideje alatt jelentős lehet (az újulat fatermésének akár duplája), így a felújítás során azt is érdemes figyelembe venni. A felújítási idő nyújtásának azonban az újulat fejlettsége is határt szab a döntési és közelítési károk miatt.

A felújítási növedék vizsgálatával kapcsolatban meg kell említeni Borsos (1967) kutatását. Eredményei alapján azt állítja, hogy a kocsánytalan tölgy növedéke 120-130 év fölött is számottevő marad (130-140 éves faegyedek esetében 1,5 mm-nél vastagabb évgyűrűk is

képződtek). Ilyen idős faállományban a kismértékű átmérő-növekedés is jelentős fatérfogat növedéket jelent (hiszen a növedék nagyobb felületre rakódik). Borsos (1967) szerint a kocsánytalan tölgyfa fatérfogata 100 és 150 éves kor között a 100 éves korban mért érték kétszeresére emelkedhet.

Mind az ernyős felújítóvágásnál, mind a lékvágásnál feltétlenül figyelembe veendő az anyaállomány minőségére gyakorolt hatás. A kocsánytalan tölgy ugyanis törzsének megvilágítása hatására könnyen fejleszt fattyúhajtásokat (éppen ezért kell „fedetlen fővel, subában" nevelni, ahogy azt már Fekete /1888/ leírta). Szappanos (1967b) szerint ugyanakkor erőteljes egyenletes bontás (30 %-os záródás) mellett is kielégítő marad az anyaállomány minősége. Papp (1983) megfigyeléseiből azt a következtetést vonta le, hogy a végvágás előtt 3-5 évvel kialakult fattyúhajtások a fa műszaki tulajdonságát nem rontják, mivel csak a háncs szintjéig hatolnak. A lékvágás hatására a lék szélén álló fák szintén képezhetnek fattyúhajtásokat (a témában kutatást azonban tudomásom szerint nem végeztek).

Az anyaállomány koronáinak a felújítás időszaka alatti növekedése két szempontból jelentős. Egyfelől az asszimiláló felület emelkedésével a növekedés gyorsulhat (Drobyshev et al. 2007). Másfelől a koronák növekedésének üteme határozza meg az anyaállomány visszazáródásának sebességét. Ez utóbbi ugyanakkor a kocsánytalan tölgy újulat számára fontos fény- és nedvességviszonyokat döntően befolyásolja (Szappanos 1967b). A ma elterjedt nézet szerint a kocsánytalan tölgy koronája a felújítási korban már nem plasztikus, azaz bontást követően a visszazáródás igen lassú (Szappanos 1967c, Longuetaud et al. 2008).

2.5.4. Az újulat megmaradása ill. növekedése

A kocsánytalan tölgy újulat megmaradását és növekedését gyertyános-kocsánytalan tölgyesben végzett ernyős felújítóvágás során Szappanos (1967b, 1969a, 1969b) valamint Béky és Somogyi kísérlete alapján Tobisch (2008a) vizsgálta. Mind Szappanos (1967b, 1969a) mind Tobisch (2008a) úgy találta, hogy az újulat megmaradása az anyaállomány záródásától független volt. A bontóvágások eltérő erélyének ill. időzítésének az újulat növekedésére gyakorolt hatása a végvágást követően hamar kiegyenlítődött.

A hazaiakkal ellentétben egyes külföldi tapasztalatok (Kelly 2002, Harmer és Morgan 2007) szerint ugyanakkor az anyaállomány záródása a kocsánytalan tölgy megmaradását alapvetően befolyásolja. A jelenség meglepő, hiszen a Kelly (2002) által vizsgált termőhelyen az évi csapadék jóval több a hazainál (1500 mm), a legmelegebb hónap középhőmérséklete 19,3 °C, a leghidegebbé 3,1 °C. (Harmer és Morgan /2007/ sajnos nem ad semmiféle felvilágosítást a

termőhelyi viszonyokra vonatkozóan /!/, de a nagy-britanniai faállomány klímája feltehetően ugyancsak óceáni). Hazai körülmények között tehát azt várnánk, hogy üdébb körülmények között az újulat jobban tűri az árnyalást. Az óceáni klíma (állandóan borult égbolt) hatására ebben az esetben azonban a víz helyett sokkal inkább a fény limitálhatja a csemeték megmaradását (Kelly 2002). Ezt a hatást csak fokozza az örökzöld aljnövényzet árnyalása (Kelly 2002). Kelly (2002) eredményei és a hazai eredmények összehasonlításából azt a következtetést lehet levonni, hogy a külföldön, eltérő termőhelyi körülmények között eltérő társulásban szerzett tapasztalatok a magyar erdőművelés szempontjából inkább csak elméleti, mintsem gyakorlati jelentőséggel bírnak.

A 2.5.3. valamint az ebben az alfejezetben említett kutatások felhívják a figyelmet az anyaállomány minősége és a felújítási növedék, valamint az újulat megmaradása és növekedése további vizsgálatának fontosságára. Szappanos (1967b, 1969a, 1969b) és Borsos (1967) kutatásai, valamint Tobisch (2008a) tanulmánya sokatmondók ugyan, azonban korántsem széleskörűek, eredményeik ezért nem általánosíthatók. Szükséges továbbá a lékvágás kutatása is, hiszen ezidáig gyertyános-kocsánytalan tölgyesben nem végeztek ilyen jellegű vizsgálatokat.

2.5.5. Ökonómiai vonatkozások

Napjainkban egyre több külföldi tanulmány hasonlítja össze a „folyamatos erdőborítást" biztosító erdőművelést (azaz a szálalást ill. a szálalóvágást) a hagyományos vágásos gazdálkodással (pl. Tarp et al. 2000, Knoke et al. 2001, Andreassen és Øyen 2002, Hanewinkel 2002, Nord Larsen et al. 2003). Ezek azonban gyertyános-kocsánytalan tölgyeseinkre nem lehetnek irányadók, mégpedig több szempontból sem. Egyfelől a vizsgálatok zöme módszertanilag vitatható (Hanewinkel 2002), másfelől főként nem-hazai termőhelyen tenyésző bükkösökre ill. fenyvesekre vonatkoznak. Kifejezetten lékvágással kapcsolatos gazdaságossági számításokat az irodalomban nem találtam.

2.6. A kocsánytalan tölgy felújítása lékvágással – elméleti megfontolások a hazai szakirodalom alapján

Hazánkban a kocsánytalan tölgy lékben való felújítása egyesek szerint ökológiai szempontból lehetetlen (Szappanos 1986). Bár Szappanos (1986) nem közvetlenül a lékvágásos eljárásokkal kapcsolatban állítja ezt, írásából feltételezhető, hogy a lékvágásról is ez a véleménye:

„Tölgyeseink esetében a csoportos, vonalas, szegélyes és a kombinált eljárások általában nem alkalmazhatók hazai viszonyaink között, legfeljebb ritka kivétellel. Ez utóbbi eljárásokat a kocsánytalan tölgy újulatának többé – kevésbé egyenletes megjelenése – akár szokványos akár közepes makktermésből kizárja…A tölgyesek esetében nem alkalmazhatók a hosszú felújítási idővel járó szálalóvágásos eljárások. Ezek alkalmazhatóságát a tölgyek fényigényessége és újulatuk megtelepedésének törvényszerűségei ugyancsak kizárják."

Szappanos (1986) szerint tehát tölgyeseink ernyős felújítóvágását ökológiai szempontból három fő tényező indokolja:

1. Az újulat egyenletes megjelenése.
2. A hazai termőhelyi adottságok.
3. Az újulat fényigénye.

2.6.1. A kocsánytalan tölgy térbeli mintázata

A kocsánytalan tölgy újulat megtelepedésének térbeli mintázatával kapcsolatban szintén igen kevés a rendelkezésre álló információ. Hazánkban Béky és Fodor (1989) vizsgálta részletesebben egy kocsánytalan tölgy faállomány makktermési sajátságait ebből a szempontból. Eredményeik ellentétben állnak Szappanos (1986) feljebb idézett kijelentésével, miszerint az újulat többé-kevésbé egyenletesen telepszik meg. Szórványos makktermés esetében ugyanis nem egyformán teremnek az anyafák. Míg egyes fák tömegesen teremnek, mások alig. Így az újulat eloszlása sem egyenletes. A csoportos bontáson alapuló felújítás hívei éppen ezt a jelenséget kívánják kiaknázni (pl. Kaán 1903a, 1921). Az újulat megtelepedésének térbeli mintázata alapján tehát a lékvágás nem utasítható vissza egyértelműen.

2.6.2. A hazai termőhelyi adottságok

Jelenlegi ismereteink alapján a hazai termőhelyi adottságok között a csapadékmennyiségnek van kiemelkedő szerepe, hiszen a kocsánytalan tölgy újulat megmaradását a talajnedvesség nagymértékben befolyásolja (ld. a 2.2.3.2. alfejezetet). Lékvágással az ernyős felújítóvágáshoz képest elméletileg talajnedvesség többlet nyerhető. Ennek három oka van (Jablánczy 1956a, 1956b, Majer 1982):

1. Az ún. horizontális csapadék képződése. A horizontális csapadék képződésének magyarázata az, hogy éjszaka a lékben erőteljesebb a lehűlés, így a szomszédos faállományból ideáramló meleg, páradús légtömegekből csapadék csapódik le. Nagyobb területen egyenletesen megbontott ill. végvágott faállományban ez a jelenség értelemszerűen kisebb jelentőségű.
2. Az anyaállomány csekélyebb gyökérkonkurenciája. Jelentőségére utal Szappanosnak (1967b, 1969a, 1969b) az a megfigyelése, hogy ernyős felújítóvágás esetében az anyaállomány gyökérkonkurenciájának mesterséges kiküszöbölése az újulat növekedési erélyét jelentősen növelte függetlenül attól, hogy milyen volt az anyaállomány záródása.
3. Az anyaállomány csekélyebb intercepciója.

A jelenlegi ismeretek alapján tehát a lékvágást a hazai termőhelyi adottságok szempontjából sem lehet egyértelműen visszautasítani.

2.6.3. A kocsánytalan tölgy újulat fényigénye

Hazai erdőművelőink egyetértenek abban, hogy az újulat – különösen üdébb termőhelyi viszonyok között – néhány évig elviseli az árnyalást (ld. a 2.2.3.2. és a 2.2.3.3. alfejezeteket). Ugyancsak ezt támasztja alá Jarvis (1964b) vizsgálata is, aki kimutatta, hogy a fiatal kocsánytalan tölgy az árnyalásra adott alaktani és élettani reakcióját tekintve árnytűrő fajnak tekinthető. Arra vonatkozólag azonban, hogy milyen termőhelyi viszonyok között pontosan hány évig és milyen mértékű árnyalást visel el az újulat, igen eltérőek a vélemények.

Illés (1905) meglepő jelenséget tapasztalt egy hazai tölgyesben: a tölgycsemete a sűrű cserjeszintből ki tudott nőni. *„Legnagyobb bizonyitéka annak, hogy árnyékot, nyomást el bir szenvedni.”* –írja Illés. Majd hozzáteszi: *„Egyáltalán azt, hogy a tölgyújulat oly rövid ideig bírná ki az anyafák lombsátorának árnyékát, mint a német irók tanitják, mi Magyarországon nem tapasztaljuk.”* Béky (1922) Mayr és Wagner alapján a következőt írja: *„a világosság távolról sem olyan nyomatékú tényező a természetes felujulásnál, mint ahogyan ezt venni*

szokták, mert egészen fiatal korában nemcsak hogy közvetlen napsugarat nem kiván a facsemete, hanem a közvetett fényből is megelégszik kevéssel is." Ugyanezt hangsúlyozza Roth (1916, 1922) is, hozzáfűzve, hogy egyenesen káros, ha a csemete fiatal korában hosszabb ideig ki van téve közvetlen napsugárzásnak.

Csoportos felújítás alatt lévő faállományban tett megfigyelésekről számol be Bund (1921) és Lippóczy (1921). *„Több év óta tapasztaljuk, hogy az oldalvilágosság a természetes felújulásra, nevezetesen a bükk- és nemesebb fiatalos fejlődésére nagyon kedvező hatással bír."* –írja Lippóczy. *„Nemcsak magában a felszabadított csoportban, hanem körülötte az egyelőre még záródott erdő szegélyén, a Lippóczy által kiemelt oldalvilágításban a nemesebb fafajok (bükk, tölgy, kőris, juhar) bámulatosan buja fejlődésnek indulnak és az ott is mindenütt lappangó gyertyánt elnyomják."* –olvashatjuk Bund cikkében. Jablánczy (1956b) szerint csoportok alkalmazásával az erdész a tölgy újulat számára kedvező irányban módosíthatja a fényviszonyokat.

Végezetül álljon itt az orosz Morozov (1952) véleménye is a témával kapcsolatban: *„…a tölgy, mint fényigényes fafaj, még saját anyaállománya alatt sem tud felújulni. Első pillanatra nyilvánvaló, hogy ez a tétel nem állja meg a helyét, hiszen a természet nem hozhat létre olyan élő szervezeteket, amelyek a saját anyaállományaiban nem tudnak felújulni."* Megjegyzendő, hogy Morozov (1952) kijelentését a kocsányos tölgyre vonatkozólag tette, de – ahogy az idézetből is olvasható – az állítás elméletileg a kocsánytalan tölgyre is kiterjeszthető.

A szakirodalom áttekintése alapján tehát az a következtetés vonható le, hogy mindezidáig nincsenek olyan kutatási eredmények, amelyek szerint a kocsánytalan tölgy újulat fényigényessége kizárja a lékvágás alkalmazását hazai faállományainkban.

2.7. Kiindulási hipotézisek

A szakirodalom alapján a kutatás kérdéseire (ld. az 1. fejezetben) vonatkozóan a következőket feltételeztem:

1. Közvetlenül a lék szélén álló kocsánytalan tölgyeken a nagyobb növőtér miatt növedéktöbblet képződik a léktől távolabbi faegyedekhez képest. Az egyenletesen megbontott faállomány kocsánytalan tölgyei ugyanakkor átlagosan erőteljesebben vastagodnak a lék-környéki (legfeljebb 0,5 fahossznyi távolságban a lék szélétől) állomány faegyedeihez viszonyítva. Lékvágás esetében az elegyfafajok növedéke jelentős, ami a faállomány értéknövedékében is megmutatkozik.

2. A kocsánytalan tölgyek koronái sem egyenletes bontás, sem lékvágás esetében nem nőnek számottevő mértékben, mivel ennek a fafajnak a koronája a felújítási kor közelében már kevéssé plasztikus. Lékvágás esetében a koronák leginkább a lék irányában nyúlnak meg, hiszen ebben az irányban a legnagyobb a növekedés lehetősége, ill. leginkább kedvezőek a fényviszonyok. Az egyenletesen megbontott faállományban a koronák növekedésének nincs kitüntetett iránya.
3. A kocsánytalan tölgy újulat megmaradása jobb a lékben és növekedése gyorsabb, mint az egyenletesen megbontott faállományban az anyaállomány kisebb gyökérkonkurenciája ill. intercepciója miatt.
4. A lékben mind az elegyfafajok, mind a gyepszint konkurenciája eleinte (az ernyős felújítóvágás második bontóvágásáig) magasabb. A gyepszint ill. az elegyfafajok konkurenciája azonban a lékben az anyaállomány oldalárnyékolásának fékező hatása miatt nem veszélyezteti komolyan a felújítást.
5. A lék különböző részein az egyes fafajok újulata eltérően növekedik a termőhelyi heterogenitás miatt. A léken belül tehát az egyes fafajok térben elkülönülten találják meg a növekedésükhöz szükséges optimumot. A lékvágás hatása a lék-környéki faállományban is észlelhető, különösen a léktől északi irányban.

A tájékozodó jellegű vizsgálatok kérdéseivel kapcsolatban előzetesen a következő hipotéziseket fogalmaztam meg:

6. A gyepszint indikálja a lékben ill. a lék-környéki faállományban a fény- és nedvességviszonyok térbeli heterogenitását, mivel a lék északi része ill. a léktől északra található zárt faállomány hosszabban megvilágított és szárazabb a déli részhez képest. A kocsánytalan tölgy újulat és a felújítását leginkább veszélyeztető fajok a térben szétválaszthatók (a legerőteljesebb magassági növekedés ill. a legnagyobb mérvű elszaporodás tekintetében).
7. A vad a kerítetlen lékekben a kocsánytalan tölgy és a magas kőris felújulását megakadályozza. A vaddal szemben a gyertyán a legellenállóbb. A legelés meggátolja, hogy a gyepszintben egy-egy faj tömegesen elszaporodjon. A termőhelyi heterogenitásnak az újulat növekedésére ill. a gyepszint mintázatára gyakorolt hatását nehezen kimutathatóvá teszi.
8. A felújítás első öt évében nincs lényeges ökonómiai különbség az egyenletes bontás és a lékvágás között.

3. A VIZSGÁLT TERÜLET JELLEMZÉSE

3.1. Az erdőrészlet termőhelyi viszonyai

A kísérleti erdőrészlet Pilisszentkereszt községhatárban (47°42'N, 18°52'E) található (Pilisszentkereszt 33 A erdőrészlet). Területe az üzemtervi lap szerint: 15 ha. Ugyancsak az üzemtervi lapon megadottak alapján az erdőrészlet gyertyános-tölgyes klímában, többletvízhatástól független pszeudoglejes barna erdőtalajon, igen mély termőrétegen, 600 m tszf. magasságban, 20 °-os lejtőn tenyészik. A kocsánytalan tölgyre vonatkozóan a termőhely a III. fatermési osztályba tartozik.

Ezzel szemben a Google Earth adatbázis (online), valamint a Pilis turistatérképe (online) szerint az erdőrészlet tengerszint feletti magassága mindössze 480 m körüli. Az erdőrészlet a Dobogókő délnyugati oldalán található, kitettsége inkább délnyugati, mint déli.

Az erdőrészletben a termőhely alaposabb megismerésének érdekében a faállomány-szerkezet és az aljnövényzet alapján három talajszelvényt nyitottunk: az 5., a 7. és a 8. parcella (2. ábra) közvetlen közelében. A többi parcella esetében talajfúrásokat végeztünk (talaj-profil vizsgálat).

A talaj-profil vizsgálat alapján a következőket állapítottuk meg: az 1. és a 4. parcella talaj leginkább az 5. parcelláéhoz (I. csoport), a 2., a 3. és a 6. parcella talaja leginkább a 7. parcelláéhoz (II. csoport), hasonlít. A 8. parcella talaja ugyanakkor jelentősen eltér a többi parcelláétól.

Az erdőrészlet andezit alapkőzeten fekszik. A laborvizsgálat alapján kiderült, hogy az I. és a II. csoport talajai átmenetet képviselnek a ranker talajtípus és valamilyen barna erdőtalaj között, mivel kismértékű agyagvándorlás figyelhető meg (ami azonban nem éri el a barna erdőtalajoknál szokásos mértéket). A fizikai talajféleség vályog. A talaj kémhatása savanyú (pH (H_2O) a felső rétegekben 5 alatti, a pH (KCl) pedig 4 alatti). Saját megfigyelésem alapján mindkét csoport esetében lehet többletvízhatás. Hóolvadáskor ill. nagyobb csapadék eseményeket követően a faállomány hegylábi helyzete miatt szivárgó víz léphet fel.

A fő különbség az I. és a II. csoport között a termőréteg vastagságában van. Az I. csoport esetében a termőréteg vastagsága a középmély (~60 cm), a II. csoport esetében a mély (~75 cm) kategóriába esik.

A 8. parcella talaja pszeudoglejes barna erdőtalaj sekély (~35 cm) termőréteggel, vályog fizikai talajféleséggel. A talajban található tömöttebb réteg változó vízgazdálkodást

eredményez. A talaj kémhatása gyengén savanyú (a felső rétegekben pH (H_2O) ill. pH (KCl) 6 alatti).

A termőhelyi vizsgálatok alapján azt a következtetést lehet levonni, hogy a 8. parcella kivételével a többi parcella termőhelyében nincs olyan mértékű különbség, ami a kísérlet eredményeit lényegesen befolyásolná. A 8. parcella esetében azonban a felújítás hatására lejátszódó folyamatok várhatóan módosulni fognak a többi, azonos módszerrel felújított parcellában lejátszódó folyamatokhoz képest. A parcella helyzetének módosítására azonban nem volt lehetőség (ld. a 4.1. alfejezetet).

A klíma feltételezhetően már bükkös klímába hajló, hiszen az erdőrészlettől a Pilis és a Dobogókő közötti völgyön (Római út) felfelé, a Két-bükkfa nyereg irányában már bükkösök díszlenek. A termőhelyi tényezők pontos ismerete az eredmények értékeléséhez nélkülözhetetlen.

3.2. Az erdőrészlet faállománya üzemtervi adatok alapján

Az MgSzH adatai szerint 2002-ben a felső lombkorona szintet elsősorban (68 %) a kocsánytalan tölgy (KTT) alkotta, de jelentős mennyiségben (11 %) fordult elő a csertölgy (CS) is. A második szintben főként gyertyán volt található (GY, 13 %), de a bükk is megjelent (B, 8 %). Az egyéb fafajok közül a felújítás szempontjából elsősorban a szálanként elegyedő magas kőrisnek (MK) volt jelentősége. Az anyaállomány a felújítás kezdetén (2002-2003. közötti tél) 82 éves volt. A vizsgált termőhelyen ez a kor még a növedékfokozó gyérítések kora (Béky 1987). Nem volt azonban lehetőségünk egy, valóban felújítási korú gyertyános-tölgyes vizsgálatára, ami a kísérlet egyéb kívánalmainak megfelelt volna. Az eredmények értékelésekor tehát a faállomány korát is figyelembe kell venni.

Meg kell jegyezni, hogy a mintavételi parcellák faállománya a teljes erdőrészletre megadottaktól jelentősen különbözhet. A parcellák részletes jellemzését az Eredmények c. fejezetben közlöm. A felső lombkorona szint általunk mért magassága minden parcellában 25 m körüli volt.

Az erdőrészlet vegetációját az Eredmények c. fejezetben mutatom be (hiszen az is a vizsgálat tárgyát képezte). Itt csak annyit jegyzek meg, hogy a faállományban helyenként az alsó lombkorona szint hiánya miatt a kísérlet kezdetén gyertyán fiatalos volt található (1. kép).

1. kép Az erdőrészletben az alsó lombkorona szint hiánya miatt a kísérlet kezdetén helyenként sűrű gyertyán fiatalos volt található, amelyet az első bontás alkalmával vágtak ki.

3.3. A mintavételi időszak időjárása

A mintavételi időszak időjárása igen változatos volt, főként a csapadékmennyiség és -eloszlás tekintetében. A bemutatott időjárási adatok Tát mérőállomásra vonatkoznak (Függelék CD). A vizsgált erdőrészlet időjárása a bemutatottól lényegesen eltérhet, ugyanakkor az adatokból bizonyos tendenciák kiolvashatók.

2001. január 1. és 2007. december 31. között átlagosan 521 mm csapadék hullt évenként, amelyből a fő növekedési időszakra (május 1. és július 31. közé) átlagosan 154 mm jutott (OMSZ napijelentések). A kutatás ideje alatt két szélsőséges év volt: 2003. és 2005. 2003-ban az évi csapadék mindössze 254 mm volt (a fő növekedési időszak alatt ekkor csupán 93 mm esett), 2005-ben viszont 728 mm-t mértek (a fő növekedési időszakban ugyanakkor csak 149 mm-t). Ugyancsak 2003-ban a nyár a többi évhez képest melegebb, 2005-ben hűvösebb volt. A Szentendrére vonatkozó 50 éves adatsor (Kakas 1967) alapján azt a következtetést lehet levonni, hogy a kutatás teljes időtartamára vetítve az időjárás nem nagyon tért el a sokévi átlagtól (a tavaszi /április-május/ és az őszi (október-november) csapadék valamivel kisebb, a nyári /július-augusztus/ valamivel nagyobb; ld. a Függelék CD-n).

3.4. Vadsűrűség

A vadhatás vizsgálatának értelmezéséhez tájékoztató jelleggel megadom a Pilisszentkereszti Erdészet területére vonatkozó nagyvadsűrűség becsléseket a Pilisi Parkerdő Zrt. adatai alapján:

- Gímszarvas: 11 db/10^3 ha;
- Őz: 11 db/10^3 ha;
- Muflon: 3 db/10^3 ha;
- Vaddisznó: 17 db/10^3 ha.

Az adatok a 2009. évre vonatkoznak, de tájékoztató jelleggel a teljes mintavételi időszakra is elfogadhatók, hiszen 2001. és 2008. között a vadállomány sűrűségében rendkívüli változás nem volt (Pollák Barnabás vadászati előadó személyes közlése).

4. MÓDSZEREK

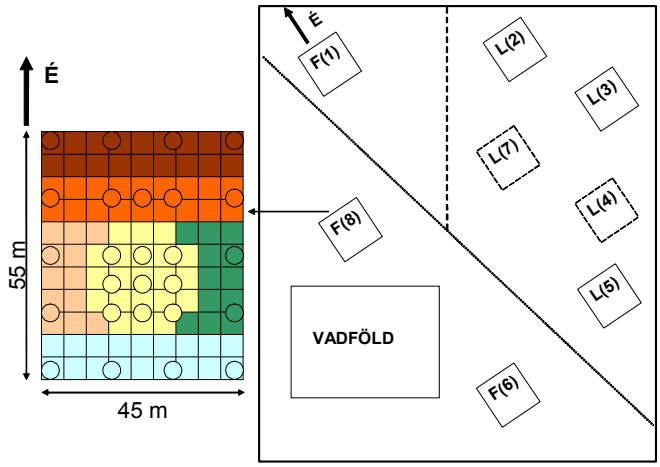
4.1. A kísérlet elrendezése

Az erdőrészletet 2001-ben alaposan bejártuk Kaitz Zoltán erdőmérnök hallgatóval, és a faállományról vázlatos térképet készítettünk. A faállomány-szerkezet valamint a domborzat alapján összesen nyolc, É-D valamint K-NY irányban 55 m x 45 m-es mintaterületet tűztünk ki (2. ábra). A parcellák létesítése során a következő szempontokat vettem figyelembe:

- Legyenek egymással viszonylag jól összehasonlítható parcella-párok.
- A parcellák szélei közötti, valamint a parcellák szélei és az erdőrészletben lévő utak ill. az erdőrészlet szélei közötti távolság legalább egy fahossznyi (30 m) legyen.

A parcellák közül hatot 2002. augusztusában a vadkár ellen bekerítettek.

2. ábra A kísérlet elrendezése. Az erdőrészletet egy árok (pontozott vonal) és egy mesterséges határ (szaggatott vonal) két részre bontja. Az erdőrészlet egyik felét egyenletesen megbontották, itt három kerített parcella került kitűzésre (az ábrán *F* betűvel jelzettek). A másik felében öt léket vágtak (*L* betűvel jelzett parcellák), amelyek közül kettőt nem kerítettek be (a szaggatott vonallal határoltakat). A többi parcella kerített. A kinagyított parcellában az újulatfelvételhez használt mintavételi körök, valamint a botanikai mintavételhez használt rácsháló van feltüntetve. A sárgával jelzett terület a léket (ill. az *F* parcellák azonos területét) jelöli, a többi szín a lék-környéki zárt faállományt (ill. az *F* parcellák azonos területét). Utóbbi esetében a színek az újulat valamint a gyepszint mintázatelemzéséhez használt topográfiai pozícióknak felelnek meg (a léktől északi irányban egy közelebbi és egy távolabbi zónát különítettem el).



Az erdőrészletet egy árok két részre bontja (2. ábra). A kísérlet elrendezését is célszerűnek láttam ehhez igazítani. Így az árok – mint természetes határ – mentén húztam meg a kétféle kezelés típus (egyenletes bontás ill. lékvágás) határát. Emellett azonban szükség volt egy mesterséges határra is, mert a természetes határ önmagában nem tette volna lehetővé a mintavételi parcellák megfelelő elrendezését. Így az egyenletes bontás ill. a lékvágás mintaterületeinek száma eltérő lett (3 ill. 5). A térbeli elrendezés előnyei ugyanakkor:

- Könnyű tájékozódás, ami nagyban könnyítette a kerületvezető erdész ill. a fakitermelő brigád munkáját.
- A vadkár hatását ugyan csak a lékvágás esetében lehet tanulmányozni, de ott két kerített ill. két kerítetlen parcella segítségével. Így a következtetések a lékvágásra vonatkozólag biztosabbak lesznek.
- Egyszerűen megoldható lett, hogy a lékek közötti faállományt bontatlanul hagyják (hiszen a lékek egy jól körülhatárolható tömbben helyezkednek el). Ez kulcsfontosságú, hiszen így érvényesülhet kellő mértékben az anyaállomány oldalárnyékolása.

A termőhelyi vizsgálatok során azonban kiderült, hogy a 8. parcella talaja a többi parcelláétól számottevően különbözik (ld. a 3.1. alfejezetet). A parcella helyzetének módosítására viszont térbeli okok miatt nem volt lehetőség. Az erdőrészlet változatossága miatt ugyanis a parcellát semmilyen módon nem lehetett úgy elhelyezni, hogy megfelelő távolságban (kb. egy fahossz) legyen a többi parcellától, a vadföldtől, az erdőrészletben található utaktól, és mindemellett az egyéb termőhelyi sajátságok (kitettség, meredekség stb.) tekintetében a többi parcellával megegyezzen. Eltérő talaja miatt a 8. parcellát a disszertációban nem tanulmányozom.

4.2. Az egyenletes bontás és a lékvágás kivitelezése

A vizsgált erdőrészletben 1998-ban viszonylag bő makktermés volt. Az újulat a megfelelő termőhelyi adottságok miatt néhány évig elviselte az anyaállomány árnyékát (ld. az 5.2.1.1. alfejezetben közölt adatokat). Így sem az ernyős felújítóvágás, sem a lékvágás esetében nem kértem alátelepítést.

A lékek jelölésénél elsősorban a lékméretet, másodsorban a faállomány sajátságait tartottam szem előtt (értékes elegyfafajok kímélése, gyertyán visszaszorítása stb.). Az alkalmazott lékméret (átmérő) 25-30 m (kb. egy fahossz) volt. A lékek alakja „izodiametrikus” (azaz többé-kevésbé kör). A lékek közötti zárt faállományban nem jelöltem, hiszen a lékek sajátos termőhelyi sajátságai éppen a megfelelően sűrűn tartott anyaállomány oldalárnyékolása következtében alakulnak ki (ld. a 2.5.1. alfejezetet).

Az ernyős felújítóvágás első bontásának jelölését a helyi kerületvezető erdész végezte a következő szempontok figyelmbe vételével (Farkas Viktor erdészetvezető személyes közlése):

- A felső lombkorona szint megbontásával elegendő fény biztosítása a kocsánytalan tölgy újulat megmaradásához és megerősödéséhez.

- A záródás csökkentésével a makktermés fokozása, az elnyomott kocsánytalan tölgy koronák megsegítése.
- A gyertyán visszaszorítása a felső lombkorona szintből.
- Az alsó lombkorona szint kímélése a kocsánytalan tölgyek fattyúhajtásosodásának megelőzése érdekében. Az alsó lombkorona szintben a gyertyán a helyi tapasztalatok szerint kevésbé terem a felső lombkorona szinthez képest, „megéri" tehát a gyertyánok kímélése is.
- Az értékes elegyfafajok (vadgyümölcsök) kímélése.

Az első bontást ill. a lékvágást 2002-2003. telén hajtották végre (2. táblázat). A 4., az 5., és a 7. parcellában foltokban előforduló gyertyán fiatalost ugyancsak ekkor vágták ki. A termeléseket követően az újulat jelentős része eltűnt a lékekből (konkrét adatokat ld. az 5.2.1.2. alfejezetben). Ennek ellenére 2003-ban nem kértem pótlást. Feltételeztem ugyanis, hogy a kocsánytalan tölgy csemeték gyökfőből később újra kihajthatnak (gyökcsemeték, Szappanos 1969a, Bernáth 1971). Ápolást sem végeztettem ebben az évben. A gyepszint tömegessége ugyanis ekkor még nem volt jelentős, ugyanakkor az anyaállomány oldalárnyalásának hatása értelemszerűen csak ápolás nélkül tanulmányozható igazán.

2. táblázat Az erdőrészlet felújítása során végzett munkák.

Dátum	Tevékenység
2002. nyár	Kerítésépítés
2002-2003. tele	Egyenletes bontás ill. lékvágás; gyertyán fiatalos kivágása
2004. ősz	A földi szeder eltávolítása a 2. és a 3. lékből, ugyanitt pótlás 1 m x 1 m-es hálózatban, kétéves csemetével.
2005. tavasz	Mechanikus ápolás.
2005. nyár	Mechanikus ápolás.
2005. ősz	Pótlás (2., 3., 7. lék; 1 m x 1 m-es hálózatban, kétéves csemetével).
2006. nyár	Mechanikus ápolás.
2006-2007. tele	Az egyenletes bontás második bontóvágása.
2007. nyár	Mechanikus ápolás.

Várakozásommal ellentétben a kocsánytalan tölgy csemeték 2004-ben sem hajtottak ki. A földi szeder (*Rubus fruticosus agg.*, továbbiakban: szeder) viszont nagymértékben elterjedt a 2. és a 3. parcellában (konkrét adatokat ld. az 5.3.4. alfejezetben). Az ápolással ill. a pótlással tehát nem lehetett tovább várni. 2004. őszén ezt a két parcellát megápoltattam (mechanikus kézi ápolás a lágyszárúak és a szeder ellen), a nagymennyiségű szedret a parcellák területéről kidobattam. A két lékbe pedig 500 – 500 kétéves (2.0), pilismarótról származó csemetét ültetettem ékásóval 1 m x 1 m-es hálózatban. A többi parcellára vonatkozólag ugyanakkor semmilyen erdőművelési beavatkozást nem kértem. A parcellák művelése ezáltal

inhomogénné vált, hiszen az ápolások és pótlások végrehajtása az egyes parcellákban különbözött. Az inhomogén művelést az alábbiakkal indoklom:

- Kísérletemmel erdőfelújítási módszereket hasonlítok össze. Az erdőfelújítás során a gyakorlatban természetes, hogy a felújítás sikere érdekében ápolni és pótolni kell. Az ápolások ill. pótlások ugyanakkor soha nem egyformán érintik az erdőrészlet teljes területét. (Ha például mindenhol végeztettem volna pótlást, akkor később nehezebb lett volna arra a kérdésre felelni, vajon pótlás nélkül hogyan lehet felújítani a többi parcellát, ill. milyen mértékű pótlás szükséges az erdőrészlet sikeres felújításához; ezek pedig ökonómiai szempontból a gyakorlat számára lényeges kérdések).
- A kocsánytalan tölgy újulat léken belüli megmaradásáról az első három év (2002-2004.) adatai kellő tájékoztatást adtak. Az újulat léken belüli növekedését ugyanakkor csemeték nélkül értelemszerűen nem lehet vizsgálni, így a pótlásokra szükség volt.
- A parcellák művelése inhomogén. A kocsánytalan tölgy csemeték növekedése érdekében ugyanakkor éppen az ápolás által homogenizáltuk a parcellák eltérő sajátságait (a gyepszint elszaporodásának eltérő mértékét).
- Bárhogyan is próbálnánk egy erdőrészletben homogén műveleteket végrehajtani, az sosem fog sikerülni a természet nagyfokú változatossága miatt (nyilvánvaló például, ha mindenhol ápoltattam volna is, az ápolás mértékében úgyis lett volna különbség).

Az inhomogén művelésnek ill. az erdő nagyfokú változatosságának hatását a kísérlet parcellánkénti kiértékelésével csökkentettem. A parcellánkénti értékelés lehetővé teszi ugyanis az eltérő mértékű ápolások ill. pótlások hatásának nyomon követését.

A 2005. évben, májusban és június végén minden parcellát megápoltattam. Ennek során nemcsak a gyepszintet szorították vissza mechanikus kézi ápolással, hanem tavasszal a nemkívánatos elegyfafajokat is tőre vágták. Mind az elegyfafajok, mind a gyepszint visszaszorítása természetesen egyértelműen befolyásolja az eredményeket, kevéssé ellenőrizhető módon. Ismét figyelembe veendő azonban, hogy a kísérlet „erdőfelújítási”. A magról kelt elegyfafajok növekedésére vonatkozólag ugyanakkor az első három év adatai kellő tájékoztatást adtak, ami alapján a növekedés további útja is nagy biztonsággal megjósolható volt. Az elegyfafajok tőre vágott egyedei később kisarjadtak. A kisarjadt egyedek növekedésének tanulmányozása gyakorlati erdőművelési szempontból szintén igen fontos (további ápolások szükségessége).

A 2004. évben ültetett csemeték megmaradása – feltételezhetően a szeder és a magas kórók nagy tömege miatt – igen rossz volt. 2005. novemberében ezért 1 m x 1 m-es hálózatban újra

beültettük a 2. és a 3. parcellában a léket kétéves, az előző évivel azonos származású és azonos minőségű csemetével. Szükséges volt továbbá a 7. lékben is pótlást végeztetnem (ugyanezzel a módszerrel). Az ültetés azonban ismét nem volt kellő mértékben sikeres. A mintavételi adatok szerint (Függelék CD) alig maradt meg csemete (5 % alatt) a két pótlás során ültetettekből. Ezt figyelembe véve a kocsánytalan tölgy esetében a disszertációban nem teszek különbséget az újulat (helyben termett makkból származó egyedek) és a csemete (pótlásból származó egyedek) kifejezések között.

2006. júniusában az összes parcellát mechanikusan megápolták (elsősorban gyertyán, magas kőris, szeder, siskanád valamint a magas kórók ellen). Az erdőrészletben 2006. őszén jelentős makktermés volt, így újabb pótlást nem kértem. Az ernyős felújítóvágással érintett parcellákban a második bontást 2006-2007. telén hajtották végre. Ekkor az alsó lombkorona szintet gyakorlatilag teljes mértékben kivágták, hogy a kocsánytalan tölgy újulat növekedéséhez szükséges nedvesség- és fényviszonyokat biztosítsák.

A 2007. évben csak augusztusban, a botanikai vizsgálatok után kértem a parcellák megápolását. Demonstrálni lehet ugyanis ezáltal – a szeder és a siskanád borításának becslésével – az egyes parcellákra vonatkozólag az ápolások szükséges erélyét. A kvantitatív ökonómiai vizsgálatok érdekében emellett megmértük az egyes parcellák ápolására fordított időt azonos brigád alkalmazásának segítségével.

Jelen disszertációban tehát csupán az ernyős felújítóvágás valamint a lékvágás első öt évét (2003-2007.) tudom összehasonlítani. Az előbbi esetben a végvágást várhatóan 5 éven belül fogják végrehajtani. A lékvágással felújított tömbben újabb, de – az eddigiektől eltérően – kisebb, elnyújtott lékeket fognak vágni, majd azok méretét az újulat növekedése szerint növelni. A lékvágás módját a kísérlet eredményei szerint változtatták meg.

4.3. Mintavételezés

A mintavételezés alapegységei É-D, K-NY irányú 55 m x 45 m-es téglalapok (parcellák, 2. ábra). A lékvágás esetében a lék a parcella közepétől kissé (kb. 5 m-rel) délebbre helyezkedik el, így a léktől északi irányban a faállományt nagyobb területen vettük fel. Ez az elrendezés – az újulat és a botanikai mintavételhez használt mintavételi egységek térbeli eloszlásával együttesen – lehetőséget teremt nemcsak a lékben, hanem a léket közvetlenül szegélyező anyaállományban lezajló folyamatok megismerésére is. Utóbbi ugyanis mind erdőművelési, mind természetvédelmi szempontból jelentős lehet (Fahey és Puettmann 2008). A léktől északra lévő faállomány részletesebb tanulmányozása azért fontos, mert a legmesszebbre ill. a leghosszabb ideig ide süt a Nap (Mihók et al. 2005, Ritter et al. 2005a).

A 4. parcellában a többi parcellához képest a lék további 5 m-rel délebbre helyezkedik el. A lék alakja pedig kissé elliptikus. Ez a lékvágás előtti faállomány-szerkezettel magyarázható. Már a lékvágás előtt is volt egy kisméretű lék a faállományban. Két választási lehetőségem volt tehát: vagy úgy vágatok új léket, hogy az a meglévővel összenyíljon, vagy kissé odébb. A teljes parcella helyzetét ugyanis a közelítő nyomok ill. a többi parcella elhelyezkedése miatt nem tudtam lényegesen módosítani. Célszerű volt a második megoldást választani, mert az első esetben az anyaállomány oldalárnyalása nem érvényesült volna kellő mértékben. Az eredményeket ugyanakkor a kisméretű (~ 0,25 fahossznyi) lék megléte lényegesen nem befolyásolja (hiszen a növényzetre gyakorolt hatása elhanyagolható, összehasonlítva az egy fahossznyi lék vágása által előidézett változásokkal). Tovább növeli a 4. parcella egyediségét, hogy jelölési vagy kitermelési hiba miatt egy fát a lék közepén meghagytak. Az eredmények parcellánkénti értékelésével azonban a lék közepén hagyott fának a felújításra ill. a cserje- és a gyepszint változására gyakorolt esetleges hatásai kiderülnek.

4.3.1. Az anyaállomány mintavétele

A továbbiakban az anyaállományra vonatkozóan az erdőnevelés terminusait használom az egyszerűsítés kedvéért. Ennek értelmében főállomány alatt a kiindulási faállomány azon egyedeinek összességét értem, amelyek a mintavételi időszak során (2002-2008. között) mindvégig lábon maradtak. Ezzel szemben mellékállománynak azon egyedek összességét nevezem, amelyeket a mintavételi időszak során, az ernyős felújítóvágás első ill. második bontásának alkalmával, ill. a lékvágással eltávolítottak a területről. Végül egészállomány alatt a teljes kiindulási faállományt értem.

Kiindulási állapotban, azaz 2002. nyarán munkatársaimmal a hét parcellában a faállomány minden egyedét teodolit (Zeiss – DAHLTA 010A) és ultrahangos távolságmérő (SONIN Combo PRO) segítségével pozícionáltuk. Ezt követően ősszel, a vegetációs periódus után megmértük az egyedek átmérőjét két irányból. A famagassági görbe szerkesztéséhez parcellánként és fafajonként minden átmérő kategóriából (1 cm-es felbontásban) egy átlagos méretű egyed magasságát mértük meg digitális magasságmérővel (Vertex III). Ezzel a mintavételi módszerrel már megfelelően pontos görbe szerkeszthető (Illés, nem publikált adatok). Magassági osztályokat nem különítettem el, hiszen a faállománynak viszonylag egyöntetű volt a vertikális szerkezete (kocsánytalan tölgy és csertölgy a felső szintben, gyertyán és bükk az alsó szintben; ld. a Függelék CD-n bemutatott magassági görbéket).

Egyszerű tükörrel és ultrahangos távolságmérővel É, D, K és NY irányban meghatároztuk az egyedek koronáinak horizontális irányú kiterjedését.

Az ernyős felújítóvágással érintett parcellákban a második bontás előtt (2006-2007. telén) másodszor is megmértük a kivágandó faegyedek átmérőjét. Magasságmérést ekkor nem végeztünk. A magasságot az első felvétel magassági görbéiből határoztuk meg. A görbe alakjának esetleges időbeli megváltozása ugyanis az eredményeket lényegileg nem befolyásolja, hiszen azt a mellékállomány fatérfogatának kiszámításához használtam. A lékes ill. az ernyős módszer között ugyanakkor a felújítás első öt évére vonatkozóan a mellékállomány fatérfogatában a felvételi adatok alapján olyan mértékű a különbség (5.1.2. alfejezet), hogy ahhoz képest a görbe alakjának változása által előidézett kismértékű eltérések elhanyagolhatók.

2007-2008. telén a megmaradt faállományt minden parcellában újra mintavételeztük. Ennek során azonban nemcsak az egyedek átmérőjét mértük két irányból, hanem az összes egyed magasságát és ernyős felújítóvágás esetében a koronavetületét is, az első felvétellel megegyező módszerekkel. A minden fára kiterjedő magasságmérést az indokolta, hogy a lékek esetében az anyaállomány növekedése vélhetően inhomogén, így a kiindulási magassági görbék már nem feltétlenül lettek volna kellő mértékben pontosak. Az ernyős felújítóvágás mintaterületein a jobb összehasonlíthatóság és a nagyobb pontosság miatt végeztünk teljes körű magasságmérést. Lékvágás esetében csak a léket határoló fák koronavetületét mértük meg. Longuetaud et al. (2008) alapján feltételeztem ugyanis, hogy a zárt faállományban a koronák növekedése alacsony mértékű volt, hiszen az anyaállomány záródása igen magas volt (ld. a Függelék CD-n közölt koronavetületi térképeket).

Az egyenletes bontás ill. a lékvágás összehasonlításánál az anyaállomány minőségére (fattyúhajtások képzése) gyakorolt hatás tanulmányozása különösen fontos. A faállomány kora miatt azonban erre vonatkozólag csak tájékozódó jelleggel végeztem vizsgálatokat. A növedékfokozó gyérítések időszakában ugyanis a kocsánytalan tölgy hajlamosabb a fattyúhajtás-képzésre a felújítási időszakhoz képest (Szappanos 1987b). További nehézséget jelentett, hogy sok kocsánytalan tölgy már a kiindulási állapotban is fattyúhajtásos volt. Ennek oka feltételezhetően a faállomány-szerkezet, egyes parcellákban a hiányos (vagy teljesen hiányzó) alsó lombkorona szint, ill. egyes faegyedek esetében a nem megfelelő koronaméretek (Szappanos 1967c). A már a kiindulási állapotban is fattyúhajtásos törzsek a későbbi bontások hatására nemcsak új fattyúhajtásokat képezhetnek, hanem a meglévőket is tovább fejleszthetik (az újak rovására). A legegyszerűbb módszer, a hajtások számlálása tehát nem ad feleletet arra a kérdésre, miként befolyásolják az egyes erdőfelújítási módszerek a

fattyúhajtásosodás mértékét. A kérdés megválaszolásához olyan alapos felvételt kellett volna végezni (fattyúhajtások méretének, térbeli eloszlásának vizsgálata), amire nem volt lehetőségem. Ennek ellenére az eredmények értékelésénél megemlítek néhány, a fattyúhajtásosodás mértékével kapcsolatos tapasztalatot, amire a kocsánytalan tölgyek törzsenkénti szemrevételezésével tettem szert.

4.3.2. Az újulat mintavétele

Az újulatot 2 m sugarú, szisztematikusan elhelyezett, állandósított mintavételi körökben mintavételeztük 2002-től 2007-ig évente egy alkalommal, a növekedés befejeződése után. A köröket a mintavételi periódus kezdetén a parcellákban egyenletesen helyeztük el, összesen 20 kört. A 2004. évtől a mintavétel pontossága érdekében minden parcellában 26-ra emeltük a körök számát. Ezt a kocsánytalan tölgy újulat egyes lékekből való eltűnése tette indokolttá. Az új köröket ezért lékvágás esetében a léken belül helyeztük el (2. ábra). Az egyenletes bontás parcelláiban az elrendezés ezzel megegyező volt.

A körök számának változtatása az egyes parcellák adatállományát azonos módon befolyásolta, hiszen a körök számának emelését minden parcellában azonos módon végeztük. A parcellák tehát minden évre vonatkozólag egymáshoz hasonlíthatók. Az újabb körök kitűzésével csupán a becslés pontossága emelkedett. A szisztematikus mintavétel becslési pontossága eléri az egyszerű random mintavételét (random kezdőpont nélkül is! ld. Milne 1959, Cochran 1977). Az állandósítást vasszögekkel oldottuk meg, amelyeket fémkereső (AF 101) segítségével tudtunk később visszakeresni.

A mintavétel során az 50 cm-nél alacsonyabb csemeték magasságát (fafajonként és a gyertyán esetében mag- ill. sarjeredet szerint elkülönítve) a kör két, É-D ill. K-NY irányú átmérője mentén, 1 m széles sávban mértük meg (azaz 2004-től kezdődően minden parcellában 26 x 7 m^2-en). Az 50 cm-nél magasabb csemetéket 2003-tól a kör teljes területén felvettük (azaz 2004-től kezdődően parcellánként 26 x 12,6 m^2-en). 2002-ben az egyes parcellákon található gyertyán fiatalos foltok miatt az 50 cm-nél magasabb csemeték esetében nem végeztünk magasságmérést. A sarjeredetű egyedek esetében egy-egy sarjcsokorból csupán a legmagasabb egyed magasságát mértük meg (lehetetlen lett volna ugyanis mindegyikét). Az ápolások során visszavágott egyedeket csak egy alkalommal (az első visszavágás után, 2005-ben) vettük fel.

2. kép A botanikai mintavételezés kivitelezése. A karók a mintavételi rácsháló egyes celláit (vagyis a kvadrátokat) jelölik ki.

4.3.3. A cserje- és a gyepszint botanikai mintavétele

A botanikai mintavételhez az egyes parcellákra 5 m x 5 m-es rácshálót fektettünk (2. ábra, 2. kép). Így parcellánként 99 db 5 m x 5 m-es négyzetben vettem fel a cserje- (0,5 – 5 m magas fásszárúak) és a gyepszintet a tavaszi és a nyári aszpektus során 2001-ben, valamint 2003-tól 2005-ig évente. Az egyes fajok borítását 1-3 skálán becsültem (1: >33 %; 2: 33-66 %; 3: 66 %<). A disszertációban a fajok nevezéktana a Flora Europaea (Tutin et al. 1964-1980) nevezéktanát követi.

A 2001-2005. közötti időszak mintavétele az eredmények alapján elégségesnek tűnt a növényzet kezdeti változásainak leírásához (különösen azt figyelembe véve, hogy a rendszeres ápolások a szukcessziót minden alkalommal visszavetik). Ennek ellenére 2007-ben kiegészítő jelleggel egyszerűsített formában újra felvettem a cserje- és a gyepszintet: az eredeti rácsháló egy-egy, a lék (ill. a parcella) közepén áthaladó sorában ill. oszlopában (tehát összesen 19 db 5 m x 5 m-es négyzetben).

4.4. A felvételi adatok feldolgozása

Az adatok feldolgozása statisztikai szempontból igen összetett feladat volt. A különböző statisztikai eljárásokra vonatkozó információkat két statisztikussal (Lőw és Rohlf) való személyes megvitatás, valamint a következő könyvek alapján gyűjtöttem össze: Podani (1997), McGarigal et al. (2000), Sokal és Rohlf (2003), Legendre és Legendre (2004), McDonald (2008). Az adatelemzéshez használt szoftverek: SYNTAX 5.02 (Podani 1993), SYNTAX 2000 (Podani 2001), BIOMSTAT 3.3 (2002).

Az adatok feldolgozását az egyes parcellák szintjén végeztem el. Az erdőben lejátszódó folyamatok ok-okozati összefüggéseit ugyanis az erdő nagy változatossága (finom léptékű termőhelyi mozaik, faállomány-szerkezeti viszonyok stb.) miatt leginkább kis térléptékben lehet hatékonyan feltárni.

4.4.1. Az anyaállomány adatainak feldolgozása

A 2002. évi átmérő és magasság adatokból minden parcellára vonatkozóan fajonként magassági görbéket szerkesztettem természetes alapú logaritmikus regresszióval (Veperdi 2008), amelynek segítségével meghatároztam azoknak az egyedeknek a magasságát, amelyekét közvetlenül nem mértük. Az alsó lombkorona szint görbéire számolt korrelációs koefficiensek értékei magasak (0,8 felettiek) voltak. Ezzel szemben a felső lombkorona szint esetében néhány koefficiens igen alacsonynak (0,5 alattinak) bizonyult. Általában elmondható, hogy minél meredekebb volt a görbe, annál nagyobb volt a korrelációs koefficiens értéke. Az egészen kis meredekségű görbe esetében azonban az átmérő emelkedésével a magasság alig változott (ld. a Függelék CD-n bemutatott görbéket), így a fatérfogat meghatározását az esetenként alacsony korrelációs koefficiens gyakorlatilag nem befolyásolta.

Az anyaállomány minden egyedére vonatkozóan kiszámítottam a Király-féle bruttó fatérfogatot (Király 1978) a 2002. és a 2007. évre, valamint az egyenletesen megbontott parcellák esetében a 2006-2007. telén kivágandó faegyedekre a 2006. évre vonatkozóan. Azokat az egyedeket, amelyeknél a magasság erőteljes koronatörés vagy ferdeség miatt nem volt mérhető, kihagytam az elemzésekből. Az így nyert adatokból fajonként meghatároztam a főállomány növedékét a kiindulási fatérfogathoz képest (százalékban kifejezve) valamint a mellékállomány fatérfogatát. Az anyaállomány fatermési adatait hektárra vonatkoztattam, ami lékvágás esetében bizonyos értelmezési nehézségekbe ütközik. Ezeket – mivel gazdaságossági vonzatuk is van – az ökonómiai számítások módszertanának bemutatása során ismertetem.

A kocsánytalan tölgy esetében a faegyed szintjén Kruskal-Wallis teszttel vizsgáltam, van-e szignifikáns különbség a 2007-ig lábon maradó faegyedek növedékében a kétféle felújítási mód között. A nem-parametrikus próbát az tette szükségessé, hogy a parametrikus variancia analízis feltételei (normális eloszlás) nem teljesültek (terjedelmi okokból nem közölt adatok). A Kruskal-Wallis teszt feltételei (az összehasonlítandó eloszlások ne különbözzenek túlságosan) ugyanakkor teljesültek (terjedelmi okokból nem közölt adatok; a teszttel

kapcsolatos tudnivalókat ld. a 4.4.2. alfejezetben). A tesztelés során páronkénti összehasonlítást végeztem, azaz minden egyenletesen megbontott parcellát minden lékvágással érintett parcellával összehasonlítottam.

A lékes parcellák esetében az anyaállomány egyedeit a lékhez viszonyított helyzetük alapján csoportosítottam (É, D, K, NY), majd Kendall-féle rang korrelációval vizsgáltam, van-e összefüggés égtájanként a kocsánytalan tölgy növedéke és a lék középpontjától való távolság között. A nem parametrikus teszt alkalmazását a fentiekhez hasonlóan az indokolta, hogy a parametrikus teszt feltételei (kétváltozós normális eloszlás, varianciák homogenitása) nem teljesültek. A Kendall-féle korreláció előnye, hogy az ún. rangok közötti különbségeket egyformán kezeli (szemben a Spearman-féle korrelációval). Az egymáshoz közeli faegyedek növedékkülönbségei így éppúgy befolyásolják az eredményt, mint az egymástól távolabb lévők növedékkülönbségei (nem úgy, mint a Spearman korrelációnál, ahol az utóbbiak befolyása nagyobb). A lék közvetlen közelében pedig feltételezhetően kis térléptékben is erőteljesen változnak a termőhelyi adottságok, így a faegyedek növedékkülönbségei kis térléptékben is viszonylag jelentősek lehetnek.

Az Y_1 és az Y_2 változókra meghatározott Kendall-féle korrelációs koefficiens képlete a következő (az egyenlet előtti szám, az egyenlet sorszáma):

(1.) $\tau = N / [n * (n-1)]$, ahol:

- *N:* a rangokból kiszámított mennyiség (adott változó adott értékének a rangja az a sorszám, amelyet az adott érték kap akkor, ha az adott változó összes értékét nagyság szerinti sorba rendezik; a sorba rendezett adatok képezik a rangsort);
- *n:* mintanagyság.

N meghatározásának többféle módja ismert, pl.:

(2.) $N = 4 * \sum_{i=1}^{n} C_i - n * (n-1)$, ahol:

- *n:* mintanagyság;
- C_i: Y_2 változó azon rangjainak összege, amelyek a sorbarendezett Y_1 változó *i*-edik értékéhez tartozó Y_2 érték rangjánál magasabbak és az Y_1 változó *i*-edik értékénél nagyobb értékhez tartoznak.

A Kendall-féle korreláció számításmenetének részletesebb ismertetése a dolgozat keretei között nem lehetséges (Sokal és Rohlf /2003/ az eljárást négy oldalon /594-597. old./ keresztül ismerteti). Ehelyütt csak annyit jegyzek meg, hogy a korrelációs koefficiens statisztikai próbáját a *t* eloszlás alapján lehet elvégezni.

A domináns fafajok (KTT, GY, CS) koronavetületének megváltozását parcellák és égtájak (északi, keleti stb. korona) szerint hasonlítottam össze. A lékvágással érintett parcellák esetében emellett a kocsánytalan tölgy faegyedeket a lékhez viszonyított helyzet (északi, keleti stb.) alapján csoportosítottam, de az egyes parcellák adatait összevontan elemeztem. Az adatösszevonás információvesztéssel is jár (finomabb térléptékben felfedezhető ok-okozati összefüggések), ugyanakkor a megfelelő mintanagyság miatt mégis jobban értékelhetővé válnak az adatok. Az egyes parcellákban ugyanis a lékhez viszonyított négy különböző irányban lévő kocsánytalan tölgyek száma irányonként igen alacsony volt. A parcellánkénti elemzés emellett nehezebben értékelhetővé is tette volna az adatokat, hiszen az 5 lék, a lékhez viszonyított 4 helyzet, valamint az égtájak szerinti korona-negyedek összesen 80 eloszlást eredményeznek. Előzetes vizsgálataim eredményei szerint az adatösszevonás az eredményeket lényegesen nem befolyásolta, hiszen az egyes parcellák esetében a koronanövekedés hasonló tendenciájú volt.

A koronavetület változására vonatkozólag nem végeztem statisztikai próbát. Lékvágás esetében ugyanis a parcellánkénti mintanagyságok ehhez túl alacsonyak lettek volna. Az összevont adatokra vonatkozólag ugyancsak értelmetlen lett volna próbát végeznem, hiszen a hasonló koronanövekedési tendencia ellenére a növekedés mértékében az egyes parcellák között is előfordultak számottevőbb eltérések (a Kruskal-Wallis teszt értékelését ld. a 4.4.2. alfejezetben). Az adatok (átlag, szórás) ennek ellenére jól értékelhetők.

4.4.2. Az újulat adatainak feldolgozása

Az újulat adatainak feldolgozása során három fajt (MK, KTT, GY) különböztettem meg, ill. a gyertyán esetében a mag- és a sarjeredetű egyedeket elkülönítve értékeltem. Az összes többi fajt az „egyéb” kategóriába soroltam. Így összesen öt kategóriát használtam (MK, KTT, GY, GY-sarj, egyéb).

Az elemzések során a parcellákat két részre osztottam: a léket (ill. egyenletes bontás esetében a parcellák ugyanazon részét, a továbbiakban *L*, 2004-től 9 kör) és a zárt faállományt (ill. az annak megfelelő részt, a továbbiakban *Z*, 17 kör; 2. ábra).

Az 50 cm alatti és feletti újulat adatait külön-külön vizsgáltam, mivel mintavételi metodikájuk is eltérő volt. A parcellák *Z* és *L* részét az újulat fajonkénti mennyisége és magassága szerint hasonlítottam össze. Ezáltal minden egyes mintavételi évre vonatkozólag 5 (faj- ill. eredetkategória) x 2 (magassági kategória) x 2 (magassági ill. mennyiségi adatok) x 2 (*L* ill. *Z* rész) = 40 változó átlagát, szórását és a kettő hányadosát, a variációs koefficienst vizsgáltam

parcellánként. A variációs koefficiens kiszámítását az összehasonlítandó minták átlagának ill. szórásának különbségei tették szükségessé (ld. a Függelék CD-n közölt adatokat). Az 50 cm-nél magasabb csemeték adatainak elkülönített elemzése lehetővé teszi az újulat magassági eloszlásának mélyebb megismerését.

Sem a mennyiségi, sem a magassági adatok nem elégítették ki a parametrikus variancia analízis feltételeit (normális eloszlás, a varianciák homogenitása; terjedelmi okokból nem közölt adatok). Az adatok feldolgozásához ezért tájékozódó jelleggel Kruskal-Wallis tesztet használtam. Ennek előnyei:

- amennyiben az adatok teljesítik a parametrikus variancia analízis feltételeit majdnem olyan hatékony, mint az;
- alacsony elemszámnál is jól használható (kivéve, ha az összehasonlítandó minták elemszáma mintánként ötnél kisebb);
- az egyezéseket (azaz azokat az eseteket, amikor a vizsgált változó értéke megegyező) jól tudja kezelni;
- eltérő mintanagyságnál is használható.

További előnye a Kruskal-Wallis tesztnek, hogy nem az átlagadatok közötti különbséget teszteli, hanem a teszt – a rangsoroláson alapuló számításoknak köszönhetően – a teljes eloszlásra vonatkozik.

A Kruskal-Wallis teszt során kiszámított, majd a χ^2 eloszlás alapján tesztelt statisztika képlete a következő:

$$(3.)\ H = \left[\frac{12}{\sum_{i=1}^{a} n_i * \left(\sum_{i=1}^{a} n_i + 1 \right)} * \sum_{i=1}^{a} \frac{\left(\sum_{k=1}^{n_i} R_k \right)_i^2}{n_i} \right] - 3 * \left(\sum_{i=1}^{a} n_i + 1 \right), \text{ ahol}$$

- *a:* az összehasonlított minták száma;
- n_i: *i*-edik minta mintanagysága;
- R_k: a vizsgált változó *k*-adik értékének rangja (ld. a 4.4.1. alfejezet *1.* egyenleténél azzal a különbséggel, hogy ebben az esetben a különböző mintákban mért értékekből egyetlen rangsort képeznek).

Egyezések esetén a statisztika a következő korrigálás mellett alkalmazható:

$$(4.)\ H_{adj} = \frac{H}{D}, \text{ ahol}$$

- H_{adj}: a módosított *H* statisztika;

- *D:* korrekciós tényező, amelynek képlete:

$$(5.)\ D = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{m} T_j}{\left(\sum_{i=1}^{a} n_i - 1\right) * \sum_{i=1}^{a} n_i * \left(\sum_{i=1}^{a} n_i + 1\right)}, \text{ ahol}$$

- *m:* az egyező értékekkel rendelkező csoportok száma (az egyező értékekeket a számítás során az értékek alapján csoportokba rendezik);
- T_j: az egyezésekből az alábbi képlet segítségével kiszámított mennyiség:

$$(6.)\ T_j = (t_j - 1) * t_j * (t_j + 1), \text{ ahol}$$

- t_j: a megegyező értékek száma az egyezések *j*-edik csoportjában.

McDonald (2008) a Kruskal-Wallis teszt feltételeként adja meg, hogy az összehasonlítandó eloszlások ne különbözzenek túlságosan. A „túlságosan" szót azonban nem számszerűsíti. Csupán annyit jegyez meg, ne legyen az egyik eloszlás jobbra, a másik balra ferde. A magassági adatok a hasonló eloszlás feltételének megfelelnek, a mennyiségiek azonban nem (terjedelmi okokból nem közölt adatok).

A magassági adatok feldolgozása során is azonban nehézségekbe ütköztem:

- Az egyes parcellák, az azokon belül elkülönített két rész és a két csoportba (értsd: 50 cm fölötti ill. alatti csemeték) sorolt változók, valamint a felvételi évek szerint ezres nagyságrendű próbát kellett volna elvégezni, mivel többváltozós nem parametrikus variancia analízis nem létezik. (Kétutas létezik, azonban annak feltétele az egyező mintanagyság, ami a vizsgált adatok esetében csak elvétve teljesül).
- Hasonló alakú eloszlás számtalan esetben szignifikánsan különbözött akkor is, ha az átlagok között elenyésző (néhány cm-es) különbség volt. Minél nagyobb volt a mintanagyság, annál kisebb mértékű (akár 1 cm-es!) különbség is szignifikánsnak bizonyult. Az erdőművelés szempontjából ugyanakkor ilyen mértékű különbség nem számottevő, hiszen a különbség oka az újulat magasságát meghatározó, az ember által nem kontrollálható változók sokasága miatt nem kideríthető. Az említett jelenség következtében az egyes parcellák újulatának magassága gyakran már a kiindulási állapotban szignifikánsan különböző volt. A későbbi évekre vonatkozóan így statisztikai próbákat végezni értelmetlen lett volna, hiszen a különböző felújítási módszerrel érintett parcellák ill. a kerített és kerítetlen lékes parcellák közötti eltérések a mintavételi időszak során fokozódtak.

A felsorolt okok miatt arra a következtetésre jutottam, hogy a Kruskal-Wallis teszt a jelen kísérlet újulati adatainak feldolgozására nem alkalmas, legalábbis erdőművelési szempontból értelmes módon. A másik, elvileg alkalmazható módszer a Mann-Whitney U teszt lett volna. Az egyezéseket azonban az nem jól kezeli (Sokal és Rohlf /2003/ szerint egyezések megléte esetén nem egzakt). Biztosan állítható továbbá, hogy megfelelő mintanagyság esetén az U teszt alkalmazásával csekély eltérések szintén szignifikánsnak bizonyultak volna.

Az említett okok miatt a szeder borítására vonatkozólag sem végeztem statisztikai próbát (ld. a 4.4.3. alfejezetet). A kocsánytalan tölgy faegyedek növekedését azonban Kruskal-Wallis teszttel vizsgáltam (ld. a 4.4.1. alfejezetet). Ebben az esetben ugyanis kismértékű különbségeknek is nagy a jelentősége erdőművelési szempontból. Az egyedi szinten meghatározott növedékben abszolút értékben csekély eltérés egy erdőrészlet területére kivetítve már jelentős lehet, hiszen az eltérések összeadódnak.

Azt lehet mondani, hogy kisebb térléptékben (gyep- és cserjeszintbeli újulat ill. szeder) a véletlenszerű folyamatok erőteljesebben érvényesülnek, az anyaállomány szintjén pedig kevésbé (ld. Grigal és Arnemann 1978, McCune és Antos 1981). Míg az előbbi esetben például az újulat növekedését (ill. a szeder terjedését) számos, nehezen azonosítható tényező befolyásolja egyidejűleg (pl. vad, mikrodomborzat, környező vegetáció, a talaj finomléptékű sajátságai stb.), addig az anyaállomány növekedését meghatározó feltételek sokkal könnyebben meghatározhatók.

A fél méter alatti magas kőris és gyertyán újulat magassági eloszlását térben is vizsgáltam a 2002. és a 2004. évre (ápolás előtti állapot) vonatkozólag. A lassú növekedésű kocsánytalan tölgy esetében a térbeli elemzést a kiindulási mellett a 2007. évi adatok alapján végeztem el. A fél méternél magasabb újulat kis mintanagyságai miatt a magassági eloszlások helyett a mennyiségi adatokat elemeztem, hiszen azok jól jelzik a növekedés ütemét. Erdőművelési szempontból nagyobb jelentőséget tulajdonítottam annak, hogy hány csemete nőtt 50 cm-nél magasabbra, mint annak, hogy a viszonylag kevés fél méternél magasabb csemetének mekkora az átlagmagassága. Utóbbi azért sem informatív kellő mértékben, mert már a felújítás kezdetén volt néhány, 50 cm-nél magasabb csemete egyes parcellákban, amelyek az átlagmagasság értékét jelentősen befolyásolták.

A térbeli vizsgálatok során a parcellák *Z* részét öt, *L* részét kilenc alegységre bontottam. A *Z* részen belül a léktől északra található zárt faállományt két részre különítettem el (2. ábra), mert ide süt be leghosszabban a Nap (Mihók et al. 2005, Ritter et al. 2005a). A léken belül pedig minden kört egyedileg elemeztem, mivel azt feltételeztem, hogy ott a termőhelyi

tényezők finom térléptékben is nagymértékben változhatnak (ld. a 2.5.1. fejezetben hivatkozott kutatásokat).

A fél méternél alacsonyabb újulat mennyiségének térbeli mintázatát nem vizsgáltam. A széllel terjedő magvú elegyfafajok ugyanis feltehetően a lék teljes területét beszórják maggal, igaz az anyafához közelebb több mag hullik. A csemeteszám léken belüli térbeli mintázatát ebben az esetben a magterjesztési mód erőteljesen befolyásolja, hiszen minden évben van utánpótlás. Ha tehát a csemeték megmaradása a léken belül különböző topográfiai helyzetekben különböző is volna, azt a csemeteszám nem feltétlenül tükrözné. A kocsánytalan tölgy esetében a helyzet fordított. A csemeték megmaradásának térbeli mintázata a termőhelyi tényezőkre vonatkozóan lehetne indikatív, hiszen a kocsánytalan tölgy diszperziós képessége jóval kisebb. Figyelembe kell venni ugyanakkor, hogy a 2003. évi aszály miatt jelentős mennyiségű kocsánytalan tölgy csemete tűnt el a lékekből. Egyes lékekben szinte nem maradt csemete. Később pedig a pótlások befolyásolták – igaz csak kismértékben – a csemeteszámot. A részben ültetett, részben természetesen megtelepedett csemeték számának térbeli ingadozása a léken belül tehát kevéssé indikatív. A növekedés mintázata ugyanakkor ebben az esetben is sokatmondó lehet.

4.4.3. A cserje- és a gyepszint adatainak feldolgozása

Az 1-3 skálán felvett nyers botanikai adatokat a borítási intervallumok közepének meghatározásával százalékos adattá alakítottam (1 = 17 %; 2 = 50 %; 3 = 84 %). A továbbiakban borítás alatt minden esetben az így meghatározott adatokra ill. az azokból származtatott értékekre fogok utalni. Az alkalmazott skála tehát meglehetősen durva, azonban annak finomítása olyan mértékű többlet-terhet jelentett volna, amelynek vállalására nem volt lehetőségem. Figyelembe veendő ugyanakkor, hogy már a borítás 5 %-os megváltozása is indikatív értékű lehet, hiszen például adott lékre vonatkozóan azt jelentheti, hogy a lékben elhelyezett 21 kvadrátból több kvadrátban (akár hatban, ha megelőzőleg nem volt jelen) megjelenik, vagy eltűnik az adott faj, ill. valós borítása számottevően megváltozik. A durva borítási skála becslési pontatlanságának hatását tehát a kvadrátok magas száma ellensúlyozza.

A tavaszi ill. a nyári aszpektus adatait kombináltan dolgoztam fel, azaz az egyes fajokat a két aszpektus során becsült borítási értékek közül a nagyobbikkal jellemeztem. A nagyobb borítás értéknek ugyanis az indikatív értéke is magasabb. A tavasszal még csak kihajtó-félben lévő fajok tavasszal becsült alacsony borítása ill. a nyárra esetlegesen megmaradt geofitonok nyári kis tömege a termőhely- ill. a faállományviszonyokról viszonylag csekély információt hordoz.

A fenológiai ciklusuk kezdetén vagy végén kis tömegben jelenlévő fajok a kocsánytalan tölgy újulatnak csekély konkurenciát jelentenek. A két aszpektus adatainak elkülönülten való elemzése az értékelést is nehézkessé, igen terjedelmessé tenné (kétszer több ábra, táblázat, szöveges értékelés stb.). A módszer hátránya, hogy olyan fajokat vonok be egyidejűleg az elemzésbe, amelyek nem feltétlenül találhatók meg egy időpontban a mintavételi területen. A növényzetnek tehát nem egy adott időpontban észlelhető állapotát vizsgálom, hanem egy mesterségesen létrehozott adatstruktúrát. Az eredmények értékelésénél azonban véleményem szerint ez nem zavaró hatású, a növényzetben lejátszódó folyamatok jól rekonstruálhatók maradnak.

Az adatfeldolgozás során – az újulat adatainak feldolgozásához hasonlóan – a felújítás módjától függetlenül minden parcellát két részre osztottam: *L* (21 kvadrát) és *Z* (78 kvadrát; 2. ábra).

A különböző parcellák növényzetében lejátszódó folyamatokat páronként kvantitatívan értékeltem távolságmátrixok közötti mátrix korreláció ill. Mantel teszt segítségével. Korábbi vizsgálataink (Tobisch és Standovár 2005) ugyanis arra világítottak rá, hogy a sokváltozós teljes randomizációs ill. permutációs statisztikai próbák között a Mantel teszt különösen hatékony.

A távolságmátrixok kiszámítása során a gyepszintbeli fajok hasonlóságát határoztam meg az egyes években becsült átlagos borításuk alapján euklidészi távolsággal terjedelem szerinti standardizálás mellett. Utóbbi alkalmazása nélkül ugyanis előzetes vizsgálataim alapján az eredményeket csupán néhány faj határozta volna meg. A távolságmátrixok tehát olyan négyzetes mátrixok, amelyek sorában ill. oszlopában a fajok vannak feltüntetve, az egyes cellák pedig az adott két faj euklidészi távolságát tartalmazzák a standardizált adatok alapján. A távolságmátrixok azt mutatják meg adott parcella *L* ill. *Z* részére vonatkozóan, milyen mértékben hasonló az egyes fajok dinamikája (hasonló akkor, ha borításuk változása évről évre hasonló tendenciájú).

A terjedelem szerinti standardizálást *j* faj esetében az alábbi módon hajtottam végre:

(7.) $x'_{ij} = \frac{\left[x_{ij} - \min_i \{x_{ij}\}\right]}{\left[\max_i \{x_{ij}\} - \min_i \{x_{ij}\}\right]}$, ahol

- x_{ij}': *j* faj standardizált átlagos borítása *i*-edik évben
- x_{ij}: *j* faj átlagos borítása *i*-edik évben;

A standardizált adatokra kiszámított euklidészi távolság képlete *j* és *k* faj esetében a következő:

$$(8.)\ EU_{jk} = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^{n}\left(x_{ij}'-x_{ik}'\right)^2\right]}$$, ahol

- *n:* a mintavételi évek száma;
- x_{ij}': *j* faj standardizált átlagos borítása *i*-edik évben;
- x_{ik}': *k* faj standardizált átlagos borítása *i*-edik évben.

A mátrix korreláció ill. a Mantel teszt eredménye két parcella viszonylatában azt tükrözi, hogy ugyanazok a fajok hasonló ill. ugyanazok a fajok ellentétes dinamikájúak-e az egyik ill. a másik parcellában. Minél inkább megegyezik a fajok dinamikája, annál magasabb lesz a mátrix korreláció értéke is. A mátrix korreláció képlete **D** és **E** távolságmátrixokra az alábbi:

$$(9.)\ r_{DE} = \frac{\sum_{i=1}^{m-1}\sum_{j=i+1}^{m}\left(d_{ij}-\bar{d}\right)*\left(e_{ij}-\bar{e}\right)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^{m-1}\sum_{j=i+1}^{m}\left(d_{ij}-\bar{d}\right)^2*\sum_{i=1}^{m-1}\sum_{j=i+1}^{m}\left(e_{ij}-\bar{e}\right)^2\right]}}$$, ahol

- r_{DE}: **D** és **E** távolságmátrixok közötti mátrix korrelációs koefficiens;
- *m:* a távolságmátrixok mérete (vagyis a fajok száma);
- d_{ij}: **D** távolságmátrix *i*-edik sorában és *j*-edik oszlopában lévő cella értéke;
- e_{ij}: **E** távolságmátrix *i*-edik sorában és *j*-edik oszlopában lévő cella értéke;
- $\bar{d}$: **D** távolságmátrix értékeinek az átlaga;
- $\bar{e}$: **E** távolságmátrix értékeinek az átlaga.

A Mantel teszt során az összehasonlítandó távolságmátrixok egyikének (**D**) sorait és oszlopait véletlenszerűen permutálják (azaz sorrendiségüket megváltoztatják), majd az így kapott mátrixokat hasonlítják a másik kiindulási távolságmátrixhoz (**E**-hez). Az így kiszámított (permutált **D** mátrixok és permutálatlan **E** mátrixok közötti) mátrix korrelációs koefficiensek eloszlása képezi azt a referencia eloszlás, amely alapján az eredeti mátrixok közötti mátrix korrelációs koefficiens statisztikai próbáját el lehet végezni.

A Mantel tesztek (egyoldali próba) során az egyes parcellákat páronként hasonlítottam össze, minden parcellát minden más parcellával (ún. nem tervezett összehasonlítások). Meg akartam határozni ugyanis, hogy milyen mértékben az eltérő felújítási technológia ill. milyen mértékben egyéb tényezők határozzák meg a gyepszint átalakulását. Másképpen fogalmazva: tudni akartam, hasonlóbb-e két azonos technikával felújított parcella növényzetének átalakulása egymáshoz, mint két eltérően felújított parcelláé. Az egyes tesztekbe így értelemszerűen csak azok a fajok kerülhettek be, amelyek mindkét parcellában megtalálhatók voltak. A nem tervezett összehasonlítások során a szignifikancia szintjének meghatározását

Sokal és Rohlf (2003) ajánlása alapján módosítottam, mivel az egyes összehasonlítások nem függetlenek egymástól:

(10.) $p' = 1 - (1 - p)^{1/g}$, ahol

- *p'* – módosított szignifikancia szint (amelyre vonatkozóan a próbát ténylegesen végrehajtjuk);
- *p* – a statisztikai próba valós szignifikancia szinjte (vagyis az elsőfajú hiba valószínűsége);
- *g* – a lehetséges összehasonlítások száma.

Az egyes parcellák növényzetének térbeli mintázatát hasonló módon vizsgáltam. Ebben az esetben azonban nem a fajok, hanem a mintavételi kvadrátok hasonlósági viszonyait tanulmányoztam a fajok eloszlása alapján adott időpontra vonatkozóan. A távolságmátrixok számítása során standardizálást nem alkalmaztam, mert a valóban tömeges fajok hatását kiemelten akartam tanulmányozni, hiszen a felújítás sikerességére gyakorolt hatásuk is igen jelentős lehet.

Az időbeli vizsgálatok a feljebb ismertetett módon nem adnak tájékoztatást arra vonatkozólag, milyen mértékben változik meg a fajok tömegessége, csupán a folyamatok *jellegét* vizsgálhatjuk olyan módon (értsd: ugyanazok a fajok hasonlóképpen viselkednek-e az egyes parcellákban). A folyamatok *mértékének* tanulmányozásához nem standardizált, centrált főkomponens elemzést (PCA-t, az ún. ordináció módszereinek egyikét) végeztem úgy, hogy mind a hét parcella adatait egyidejűleg bevontam az elemzésbe a 2001-2005. közötti időszakra vonatkozóan. Standardizálást éppen azért nem alkalmaztam, hogy a tömeges fajok borításának változása nagyobb hangsúlyt kapjon, hiszen az a felújítás sikerét alapvetően meghatározhatja. Az elemzést az *L* és a *Z* részekre külön-külön végeztem el.

A főkomponens elemzés mátrixalgebrai számításmenetének ismertetése jelen disszertáció kereteit meghaladja (ld. Podani 1997, 213-215., 217-218. old.), ezért csupán annyit jegyzek meg, hogy a PCA eredménye egy kettős szórásdiagram (valójában egy koordináta-rendszer, ordinációs diagram), amelyen a parcellák (objektumok) és a fajok (változók) vannak ábrázolva. A parcellák esetében minden mintavételi év külön fel van tüntetve, így az objektumok száma: 7 (parcella) x 4 (mintavételi év) = 28.

A szórásdiagramoknak több fajtája van. A disszertációban a Rohlf-féle diagramot használtam. Ezen adott faj annak a parcellának vagy azoknak a parcelláknak ill. annak az évnek vagy azoknak az éveknek az irányában van eltolva az origóhoz képest, amely évben vagy években ill. amely parcellában vagy parcellákban az adott faj átlagos borítása az összes parcella összes

(négyévnyi) adatára kiszámított átlagos borításához képest magasabb. A fajok és a parcellák egymáshoz viszonyított helyzetéből tehát a fajok tér- (parcellák szerinti) és időbeli (mintavételi évek szerinti) mintázatára lehet következtetni.

A diagramon az objektumok közötti távolságok az euklidészi távolságot, a változókhoz az origóból húzott egyenesek közötti szögek pedig a változók közötti kovarianciákat közelítik. A közelítés annál jobb, minél hatékonyabb a főkomponens elemzés, vagyis minél nagyobb mértékben magyarázza az eredeti adatokban rejlő összvarianciát (vagyis a fajok varianciájának összegét). Minél kisebb az adott két fajhoz húzott egyenesek által bezárt szög, annál nagyobb a két faj kovarianciája, vagyis annál hasonlóbb a két faj dinamikája. A kovariancia képlete a következő:

$$(11.)\ COV_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_{ij} - \bar{x}_j\right)*\left(x_{ik} - \bar{x}_k\right)}{n-1}$$, ahol

- $COV - j$ és k faj közötti kovariancia;
- $x_{ij} - j$ faj átlagos borítása i-edik objektumban;
- $\bar{x}_j - j$ faj átlagos borítása az összes objektumra vonatkozólag;
- $x_{ik} - k$ faj átlagos borítása i-edik objektumban;
- $\bar{x}_k - k$ faj átlagos borítása az összes objektumra vonatkozólag;
- n – objetumok száma.

A fentiek értelmében adott parcella két mintavételi évének távolsága az ordinációs diagramon arányos az adott időszakban, a gyepszintben lejátszódó folyamatok mértékével. Minél nagyobb mértékben változnak meg a gyepszint fajainak dominancia-viszonyai a vizsgált év során, annál távolabb helyezkednek el a mintavételi évek a diagramon. A módszer tehát vizuális értékelést tesz lehetővé.

Az egyes évek közötti különbségeket az ordinációk alapján parcellánként a nyers adatok figyelembe vételével a fajok szintjén jellemeztem. Ezt azonban a fajok magas száma miatt csak önkényesen kiragadott példák segítségével lehetett elvégezni. A kiválasztás kritériuma általában egy adott érték (10 %) volt. A példaként említett fajok tehát főként azok voltak, amelyek borítása ennél az értéknél nagyobb mértékben változott meg a vizsgált időszak során. A főkomponens elemzés rendkívüli előnye éppen az, hogy eredményét matematikai úton az összes, vizsgálatba bevont faj együttesen határozza meg. A szubjektív elemek ellenére tehát az eredmények végső soron objektívnek tekinthetők.

A 2001-2005. közötti időszak sokváltozós statisztikai feldolgozása során a ritka fajokat kihagytam az elemzésekből, mivel gyengíthetik az alkalmazott módszerek hatékonyságát (Del Moral 1978, Aude és Lawesson 1998). Ritka fajoknak a Mantel tesztek esetében azokat tekintettem, amelyek egy vagy két mintavételi kvadrátban jelentek csak meg 33 %-nál alacsonyabb borítással. A PCA során pedig azokat a fajokat hagytam figyelmen kívül, amelyek esetében a borítás összes objektumra vonatkozó szórása 0,4-nél kisebb volt (a parcellák *L* ill. *Z* részére vonatkozóan legfeljebb 1,5 % borítású fajok). A ritka fajok definiálása szubjektív volt. Objektív definíció azonban – tudmásom szerint – nem létezik (ld. Aude és Lawesson 1998). Ha figyelembe vesszük továbbá, hogy erdőművelési szempontból a kis tömegességű fajoknak igen csekély a jelentősége, akkor megállapítható, hogy jelen kutatás eredményeit lényegileg nem befolyásolja, hogy pontosan hogyan definiáljuk a ritkaságot.

A 2005. és 2007. közötti időszakban lejátszódó folyamatokat a 2007. évben alkalmazott eltérő mintavételi módszer miatt külön elemeztem. A 2005. évet ebben az esetben értelemszerűen csak azokkal a kvadrátokkal jellemeztem, amelyeket 2007-ben is mintavételeztem. Ezáltal a két év adatai összehasonlíthatóvá váltak. Mantel teszteket sem a térbeni, sem az időbeni mintázatra vonatkozólag nem végeztem, valamint a lejátszódó folyamatok mértékét sem vizsgáltam az előző bekezdésekben ismertetett módon. Ennek egyfelől az az oka, hogy a 2005-2007. közötti időszak vizsgálata kiegészítő jellegű volt (ld. a 4.3.3. alfejezetet) annak kiderítésére, észlelhető-e valamilyen nem várt jelenség a növényzetben. Másfelől, mivel igazán lényeges változást (a szeder elterjedésétől eltekintve) nem észleltem, az újabb több tucatnyi statisztikai próba ill. PCA elvégzését fölöslegesnek, az eredmények megértését inkább hátráltatónak ítéltem meg.

A szeder tömegességének változását annak erdőművelési jelentősége miatt a 2001-2007. időszakra vonatkozóan részletesen megvizsgáltam. Ennek során a 2005. évet két, különböző módon meghatározott adattal jellemeztem az előző bekezdésben foglaltak értelmében (2001-2005. és 2005-2007. időszakok elkülönített értékelése).

4.4.4. Ökonómiai számítások

Az ökonómiai számításokhoz használt árak (ÁFA nélkül számolva) a helyi gyakorlatnak megfelelők voltak a 2008. évre vonatkozóan (Farkas Viktor erdészetvezető személyes közlése):

- pótlás (ékásóval ültetett kétéves csemete): 40 Ft/db;
- mechanikus kézi ápolás: 9 500 Ft/ember/nap;
- kitermelés (500 m-en belüli közelítéssel): 3 000 Ft/m^3;
- iparifa eladása: 22 000 Ft/m^3;
- tűzifa eladása: 13 000 Ft/m^3;

A kitermelés költségei és az eladási bevételek a nettó fatérfogatra vonatkoznak, ami – a helyi gyakorlat alapján – a kiszámított bruttó fatérfogat 80 %-ának felel meg. A kocsánytalan tölgy esetében a kitermelt fatérfogat 30 %-át számítottam ipari, 70 %-át tűzifának, ugyancsak a helyi gyakorlatnak megfelelően. A többi fafaj kitermelt mennyiségének 100 %-át tűzifának számítottam. Mivel minden parcellát egységesen kezeltem, feltételezhető, hogy a helyi átlagtól való esetleges eltérések (ld. a fatérfogat nettósítását ill. az ipari fa arányának meghatározását) az egyes parcellákra vonatkozó adatállományt egyformán befolyásolják, így az eredmények jól értékelhetők maradnak.

Az ápolás és a pótlás költségeit minden esetben egy hektár vágásterületre vonatkoztattam azért, hogy az eredmények más kutatásokkal összevethetők, ill. az – általában egy hektár területegységben gondolkodó – erdészeti gyakorlat számára könnyebben értelmezhető, a jelenlegi gyakorlattal gyorsabban összehasonlítható legyen.

Figyelembe kell venni azonban, hogy a lékvágásnál egy hektár vágásterület természetesen nem egy hektár erdőrészlet területtel egyezik meg, mivel a vágásterület mérete – eleinte – ebben az esetben kisebb az erdőrészlet méreténél. Ez azonban véleményem szerint az eredmények értékelésénél nem okoz különösebb nehézséget. Előbb-utóbb ugyanis az erdőrészlet egésze vágásterületté változik (bár ha elnyújtják a felújítást, lehet, hogy nem egy időben), így az egy hektárra kiszámított árak többé-kevésbé kivetíthetők az erdőrészlet egészére (ha eltekintünk az infláció ill. a piaci ármozgások módosító hatásától).

Ha lékes felújítóvágást végeznek (ld. a 2.4.2. alfejezetet), elképzelhető, hogy az erdőrészletre való kivetítés nem teljesen pontos. Alapvetően különbözik ugyanis az új lék nyitása a meglévő lék tágításától ökológiai szempontból, tehát az újulat megtelepedése, megmaradása ill. növekedése szempontjából is (a lékszéli fák könnyebben beszórják makkal a léket, a lék szélén az anyaállomány konkurenciája jobban érvényesül, stb.). A kalkuláció tehát elsősorban abban az esetben állja meg a helyét, ha új, a meglévőkhöz hasonló lékeket nyitnak.

(Megjegyzendő, hogy akár a lék területére, akár egy négyzetméterre vetítem a számítások eredményeit, az említett bizonytalanság éppen úgy megmarad, hiszen a lékek tágításának a hatása éppúgy ismeretlen, így a vetítési skála csak elméleti jelentőségű, az eredmények gyakorlatilag megegyezők). Figyelembe kell venni továbbá, hogy az ápolások során a levágott növényi anyagot a parcellák területéről kihordták mindkét felújítási módszer esetében. Ez természetesen növelte a munka idő- és költségigényét. Az eredményeket ugyanakkor lényegesen nem befolyásolja, hiszen a két felújítási technológia közötti különbségek ugyanolyan mértékűek maradnak.

Az eredmények hektárra vetítése az anyaállomány esetében a legbizonytalanabb. (Ez igaz természetesen mind a fatérfogat növedékre, mind az értéknövedékre). A lék környékén ugyanis a faállomány növekedése feltehetően inhomogén, így nem mindegy, mekkora területet vizsgálunk. Ahhoz, hogy az eredményeket az erdőrészlet szintjén is értelmezni tudjuk, tudnunk kell, hogy hektáronként hány léket vágnak, ill. hogyan nő az anyaállomány a lékhez közel ill. attól távol. A hektáronkénti lékszámra vonatkozólag lehet szubjektív elméleti becslést adni (pl. a lékek legalább egy fahossznyira legyenek), a lék-környéki faállomány növekedését mértük, a léktől távoli faállományét azonban anyagi és időbeli korlátok miatt nem. Az egy hektárra vonatkoztatás során ezért a fatérfogat növedék ill. az értéknövedék túl van becsülve (hiszen a léktől távolabb az anyaállomány feltehetően lassabban nő). Figyelembe veendő továbbá, hogy az anyaállomány minőségére vonatkozóan nem végeztem kvantitatív vizsgálatot.

Az ápolások költségének becsléséhez a 2007. év során azonos brigádösszetétel mellett mértük az ápoláshoz szükséges időt parcellánként. Ugyanezzel az idővel számoltam a 2006. és – a 2. és a 3. parcella esetében – a 2004. évre vonatkozólag is. A 2005. évi két (tavaszi és nyári) ápolást együttesen számoltan ugyanezzel az idővel, mivel ebben az esetben az egy ápolásra jutó idő nyilván kisebb. Terepi tapasztalataim alapján a 2007. évi ápolási idők a többi évre nézve is megközelítőleg elfogadhatók, hiszen adott ápolást követően mind az elegyfafajok magassága, mind a szeder borítása egy éven belül visszaállt az eredeti szintre (ld. még az eredményeket).

Az anyaállomány értéknövedékének vizsgálatához az egyszerű kamatot határoztam meg a felújítás első öt évére vonatkozólag (Márkus és Mészáros 1997) a feljebb megadott, a fakitermeléssel járó kiadások ill. bevételek figyelembevételével a következő képletek alapján:

$$(12.)\ k = \left[\frac{\left(\acute{E}_f + \acute{E}_m\right) - \acute{E}_e}{\acute{E}_e} \right] * 100 \qquad (13.)\ \acute{E} = V_t * (B_t - K) + V_i * (B_i - K)$$

ahol:

- k: kamat;
- $É_f$: a főállomány értéke 2007-2008. telén;
- $É_m$: a mellékállomány értéke a felújítás első öt éve alatt;
- $É_e$: az egészállomány értéke a kiindulási állapotban (2002-ben);
- $É$: a fő-, a mellék- ill. az egészállomány értéke (értelemszerűen külön-külön meghatározva, az így kapott értékeket illesztettem a 12. egyenletbe) ;
- V_t: a tüzifa nettó fatérfogata;
- B_t: 1 m^3 tüzifa eladásával keletkezett bevétel;
- V_i: az iparifa nettó fatérfogata;
- B_i: 1 m^3 iparifa eladásával keletkezett bevétel;
- K: 1 m^3 faanyag kitermelésének költsége 500 m-en belüli közelítés mellett.

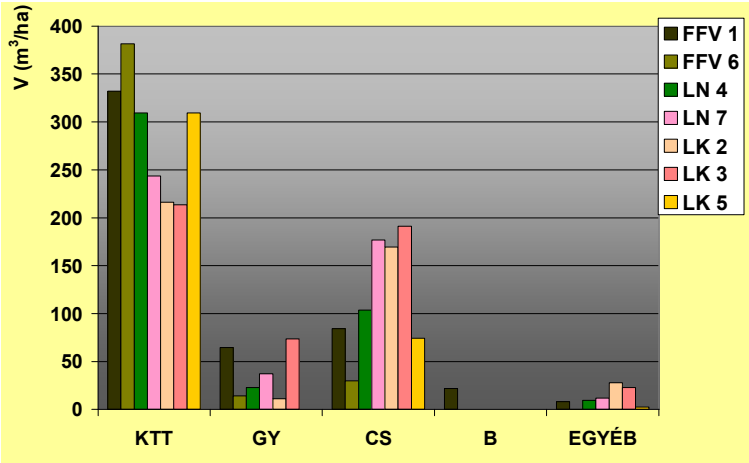
5. EREDMÉNYEK

5.1. Az anyaállomány növekedése

5.1.1. Kiindulási állapot

A kiindulási állapotban az erdőrészlet faállomány-szerkezete erőteljesen inhomogén volt (3. ábra). Egyes parcellákban (2., 3., 7.) a kocsánytalan tölgy mellett nagy tömegben fordult elő a csertölgy. A gyertyán az alsó lombkoronaszintben helyezkedett el (ld. a Függelék CD-n közölt magassági görbéket), mennyisége azonban igen változó volt. Az erdőrészletben a völgy felőli parcellák egy részén az alsó lombkorona szint már a kísérlet kezdetén gyakorlatilag teljesen (5. és 6. parcella), vagy foltokban (4. parcella) hiányzott. A bükköt egyedszám tekintetében nagyobb mennyiségben találtuk az 1. parcella alsó lombkorona szintjében, fatérfogata azonban nem volt jelentős. Az erdőrészlet egyéb fafajai közül a leggyakoribb a barkócaberkenye volt, emellett a mezei juhar és a magas kőris is előfordult. Az eredmények értékeléséhez fontos tudni, hogy a 6. parcellában magas kőris nem fordult elő.

3. ábra Az egyes parcellák anyaállományának fatérfogata fajonként az első bontás ill. a lékvágás előtt (2002-ben). FFV: ernyős felújítóvágás; LN: kerítetlen lék; LK: kerített lék. A számok a parcellák sorszámai.

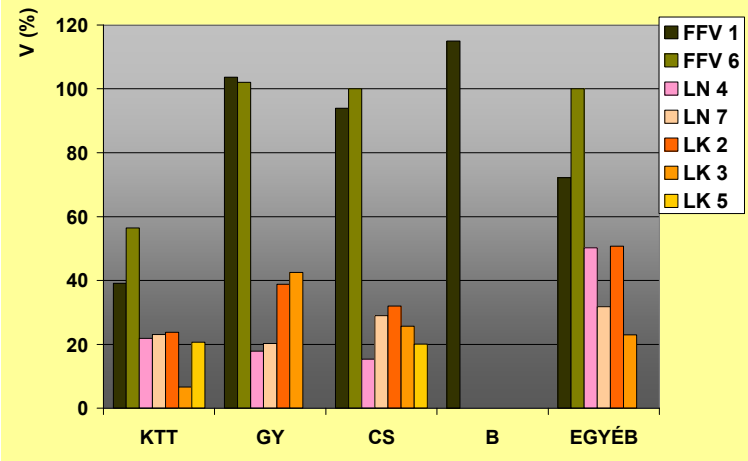


5.1.2. A mellékállomány fatérfogata

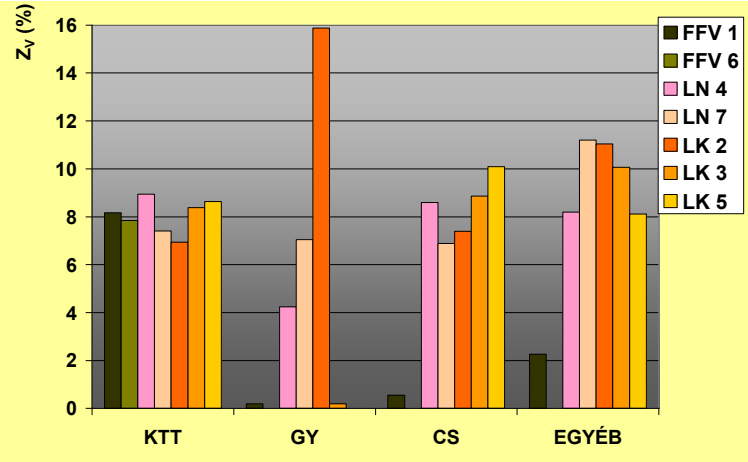
Az egyenletesen megbontott parcellákban az első ill. a második bontás során a lábon álló faállomány kb. egy-egy harmadát vágták ki (fatérfogat tekintetében; 4. ábra). Az 1. parcellában a kivágott bükkök fatérfogata a két bontás közötti növekedés eredményeként jóval meghaladta a kiindulási fatérfogatot. A lékvágással a legtöbb esetben a kocsánytalan tölgy és a csertölgy 20-30 %-át, valamint a kevésbé gyertyános 4. és 7. parcellában a gyertyán 20 %-át, az erősebben gyertyános 2. és 3. parcellában pedig 40 %-át távolították el. Az eredmények

értékeléséhez meg kell jegyezni, hogy az első bontást ill. a lékvágást követően legalább egy magas kőris maradt a 2. és a 3. parcellában, valamint jócskán maradt gyertyán az 5. és a 6. parcella kivételével a többiben (ld. a Függelék CD-n a koronavetületi térképeket).

4. ábra A mellékállomány fatérfogata a felújítás első öt évében, a kiindulási fatérfogathoz viszonyítva. A bükk esetében az első és a második bontás közötti növekedés miatt a mellékállomány fatérfogata a kiindulásinál jóval magasabb. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál.



5. ábra A főállomány növedéke a kiindulási fatérfogathoz viszonyítva a felújítás első öt évében. A kocsánytalan tölgy a két felújítási eljárás esetében hasonlóan teljesített. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál.



3. táblázat A kocsánytalan tölgyek növedéke és a lék középpontjától számított távolság közötti korreláció égtájak szerint. pc: a parcella sorszáma; τ: Kendall-féle rangkorrelációs koefficiens; p: a szignifikancia szintje; n: megmért egyedek száma (n < 4 esetben statisztikai próba nem végezhető). A szignifikáns esetek sárga hátterűek.

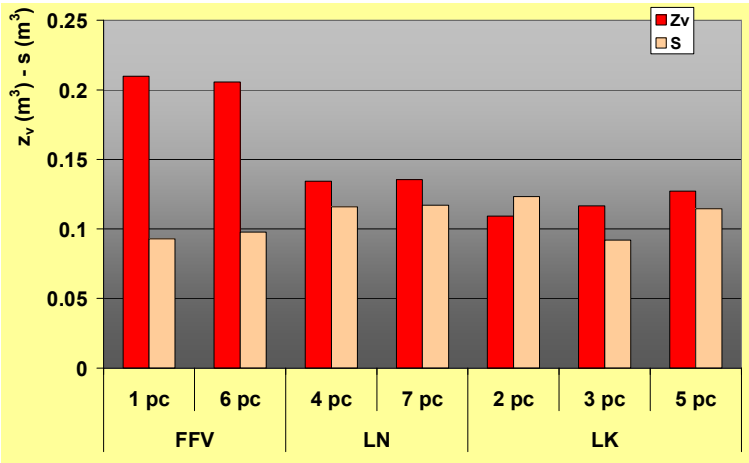
	É			K			D			NY		
pc	τ	p	n (db)	τ	p	n (db)	τ	p	n (db)	τ	p	n (db)
2	-0,35	p≤0,05	16	-	-	3	0,17	ns	9	-0,33	ns	6
3	-0,49	p≤0,025	15	0,02	ns	11	0	ns	4	-0,29	ns	8
4	-0,16	ns	23	0,07	ns	10	-0,07	ns	6	-0,06	ns	12
5	-0,02	ns	20	-0,62	p≤0,05	7	-0,6	ns	5	-0,32	p≤0,05	20
7	-0,35	p≤0,05	15	-0,87	p≤0,05	6	0,71	ns	7	-0,2	ns	5

5.1.3. A főállomány fatérfogatának növekedése

A 2007-ig lábon maradt kocsánytalan tölgy faegyedek növedéke a kiindulási fatérfogathoz viszonyítva a parcellák többségében közel egyforma, 7-8 % volt (parcella szintű vizsgálat 5. ábra). A kocsánytalan tölgyek egyenletes bontás esetében szignifikánsan ($p \leq 0{,}01$) gyorsabban nőttek (egyedi szintű vizsgálat; 6. ábra).

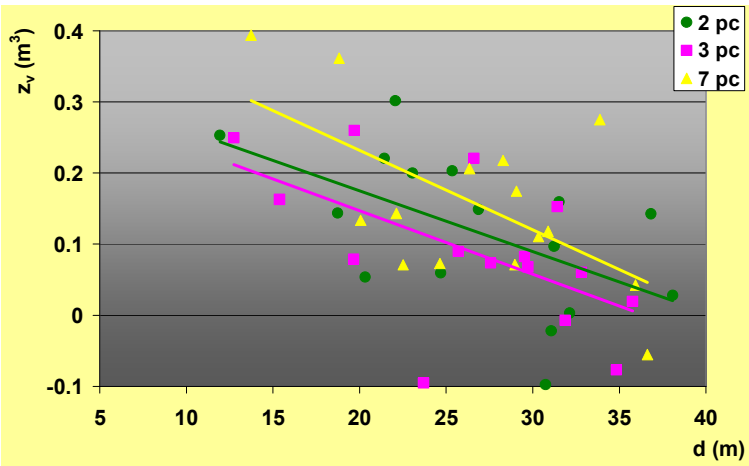
Lékvágásnál a 4. parcella kivételével a többiben kimutatható volt a kocsánytalan tölgy növedékének szignifikáns csökkenése a lék középpontjától számított távolság emelkedésével (3. táblázat). A leggyakrabban (három lék esetében) északi irányban bizonyult a korreláció szignifikánsnak. Emellett keleti irányban két, nyugati irányban pedig egy esetben volt szignifikáns a korreláció (7. ábra).

6. ábra A 2007-ig lábon maradó kocsánytalan tölgyek fatérfogat növedéke (z_v) és annak szórása (s). A faegyedek egyenletes bontásnál szignifikánsan gyorsabban növekedtek. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál.



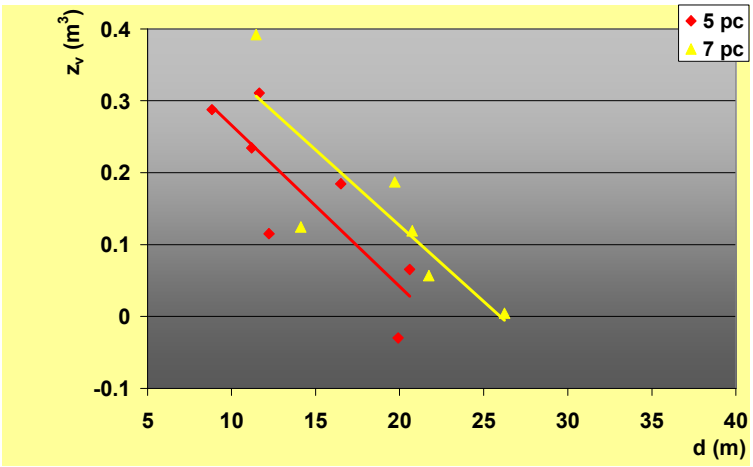
7. ábra A kocsánytalan tölgyek fatérfogat növedékének szignifikáns csökkenése a lék középpontjához viszonyított távolság függvényében. a: északi irányban; b: keleti irányban; c: nyugati irányban. A negatív növedék mérési hibák, ill. koronasérülés következménye lehet. A számok a parcellák sorszámai.

7.a ábra

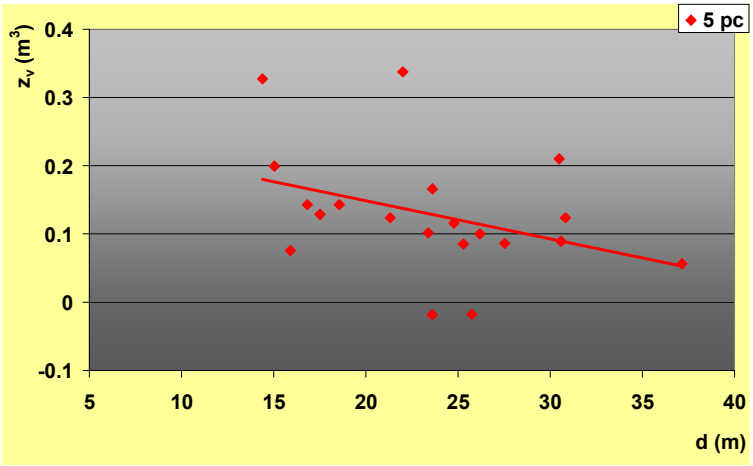


A csertölgy a lékes parcellák esetében (ahonnan nem kerültek kitermelésre olyan mértékben, mint az egyenletesen megbontott parcellákban) a kocsánytalan tölgyhöz hasonlóan teljesített (az 5. parcellában valamivel jobban; 5. ábra). A gyertyán és a többi elegyfafaj növedéke igen változatosan alakult, szabályszerűség abban nem fedezhető fel.

7.b ábra



7.c ábra

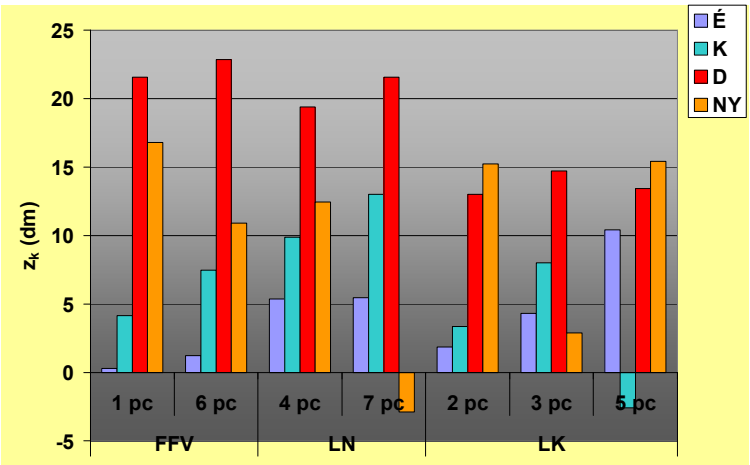


5.1.4. A koronavetületek változása

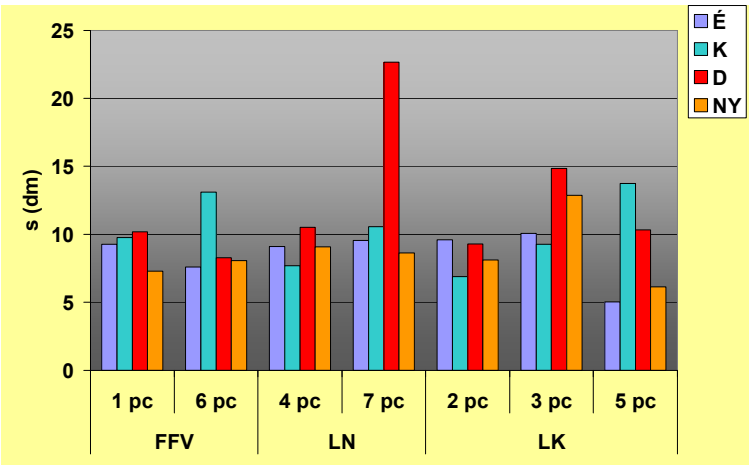
Mind egyenletes bontás, mind lékvágás esetében a 2007-ig lábon maradt kocsánytalan tölgy, gyertyán, és csertölgy faegyedek koronái főként déli és nyugati irányban nyúltak meg, gyakran számottevő, több méteres mértékben (a kocsánytalan tölgyre vonatkozóan ld. a 8. ábrát, a gyertyán és a csertölgy adatait a Függelék CD-n mutatom be). A többi elegyfafajnál ez a tendencia nem fedezhető fel (Függelék CD). Bár átlagok és a szórások alapján úgy tűnik, hogy a lékvágás nem idézte elő a koronák nagyobb mértékű növekedését az egyenletes bontáshoz képest, az égtájankénti szórásadatok arra utalnak, hogy lékvágás esetében egyes koronák kiugróan magas mértékben nyúltak meg (különösen a léktől északi irányban, 8.d ábra).

8. ábra A kocsánytalan tölgyek koronájának növekedése égtájanként. A grafikonon az átlagos növekedés mértéke (z_k) és szórása (s) van feltüntetve. (Az egyes esetekben tapasztalható kismértékű csökkenések mérési hibák vagy kisebb koronatörések eredményei lehetnek). A koronák leginkább déli és nyugati irányban nyúltak meg mindkét felújítási módszer esetében. A lékszéli kocsánytalan tölgyek legnagyobb mérvű növekedése azonban nem feltétlenül a lék irányában figyelhető meg. a-b: parcellánkénti adatok; c-d: az egyes lékek összevont adatai. Utóbbiakon az x tengelyen az egyes faegyedek lékhez viszonyított helyzete van feltüntetve. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál.

8.a ábra

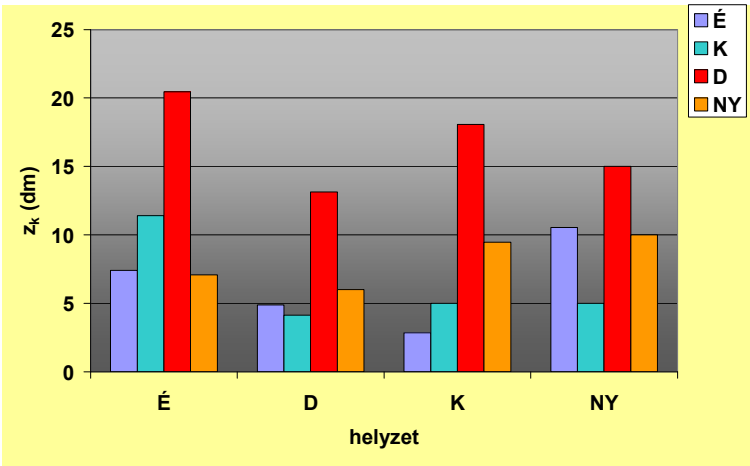


8.b ábra

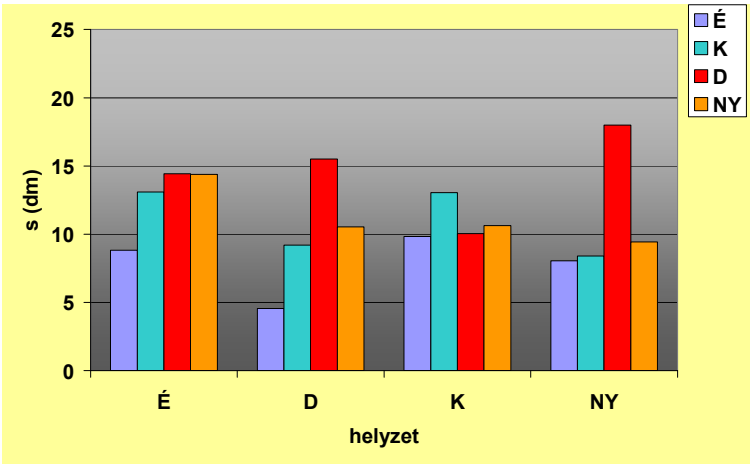


A koronaméretek inhomogén megváltozásának következménye, hogy a lékek horizontális betöltődése elsősorban az északi és a keleti részen következett be (ld. a Függelék CD-n megadott koronavetületi térképeket). Egyes esetekben a kocsánytalan tölgy, a gyertyán ill. a csertölgy koronája akár 4-7 métert (!) is nőtt. A léknek a korona növekedésére gyakorolt hatása ugyanakkor nem minden esetben egyértelmű. Ahogy az a grafikonokról is leolvasható számos esetben előfordult, hogy egyes fák koronái nem a lék irányába, hanem a feljebb említett kitüntetett (déli ill. nyugati) irányokba nyúltak meg (akár 5,5 m-rel!). A koronák méretének és alakjának változásáról pontos képet a Függelék CD-n bemutatott koronavetületi térképek adnak.

8.c ábra



8.d ábra



5.2. Az újulat mennyiségének változásai és magassági növekedése

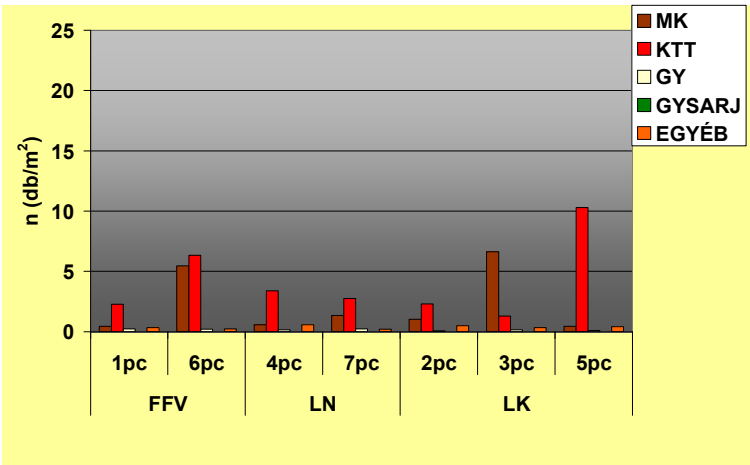
5.2.1. A csemeték számának változása

5.2.1.1. Kiindulási állapot

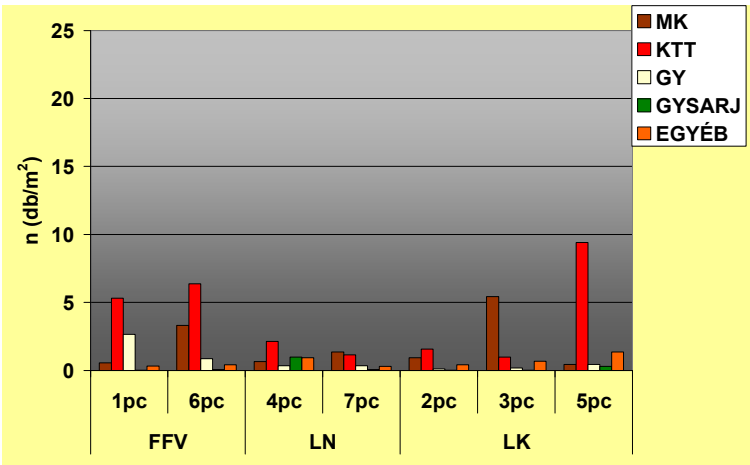
A kiindulási állapotban a kocsánytalan tölgy újulat mennyisége minden parcellában elérte ill. meghaladta az 1 db/m^2 sűrűséget (9.a, 10.a ábra). Legnagyobb mennyiségben a 4., 5. és a 6. parcellákban fordult elő. Egyedszám tekintetében ekkor a kocsánytalan tölgy legerősebb vetélytársa a magas kőris volt, ami még olyan parcellában (6.) is igen nagy tömegben volt jelen, amelynek anyaállományában nem fordult elő ez a faj. A leginkább „kőrises” parcella a 3. és a 6. volt.

9. ábra A fél méternél alacsonyabb újulat mennyisége a parcellák *Z* részén. A kocsánytalan tölgy legerősebb versenytársa kezdetben a magas kőris volt, a gyertyán csak az első bontást követően jelent meg nagy mennyiségben. Később a kocsánytalan tölgy mennyisége emelkedett, főként az egyenletesen megbontott parcellákban. a: 2002; b: 2004; c: 2007. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál.

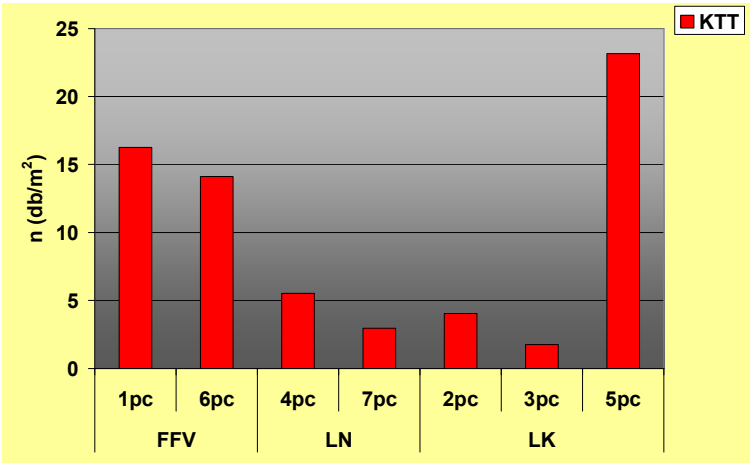
9.a ábra



9.b ábra

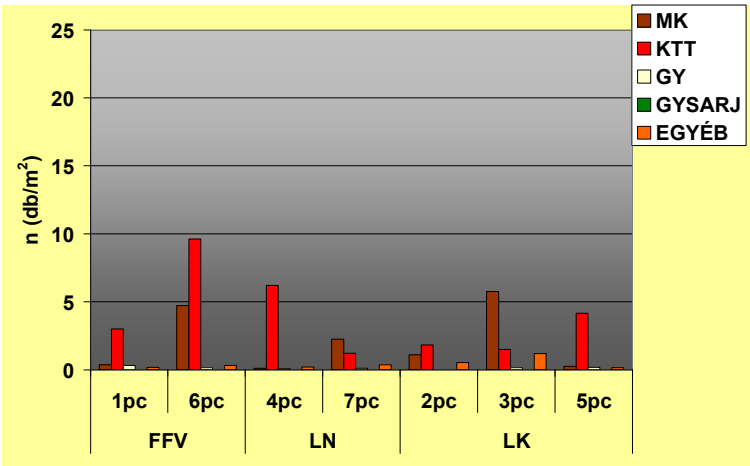


9.c ábra

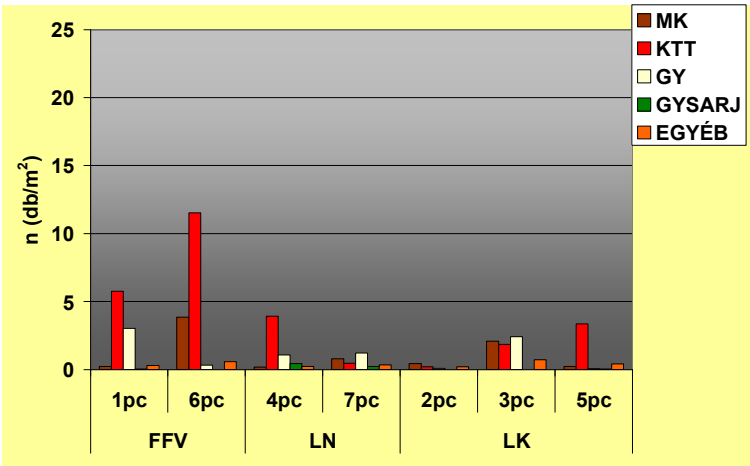


10. ábra A fél méternél alacsonyabb újulat mennyisége a parcellák *L* részén. A kocsánytalan tölgy legerősebb versenytársa kezdetben a magas kőris volt, a gyertyán csak az első bontást ill. a lékvágást követően jelent meg nagy mennyiségben. Később a kocsánytalan tölgy mennyisége emelkedett az egyenletesen megbontott parcellákban, a lékekben azonban nem vagy alig. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál. a: 2002; b: 2004; c: 2005; d: 2007.

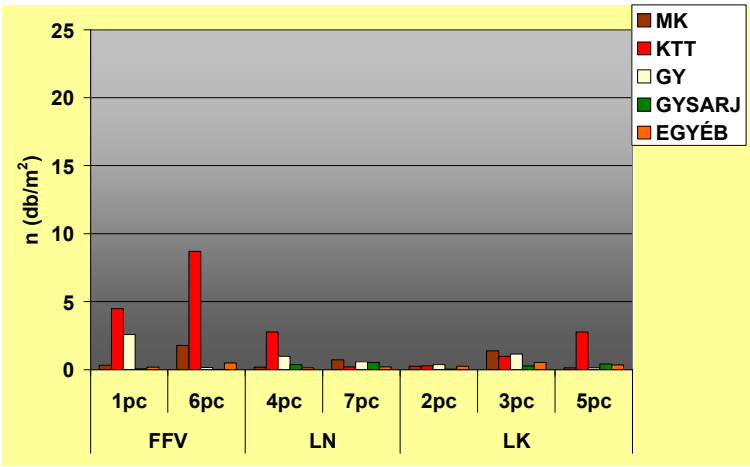
10.a ábra



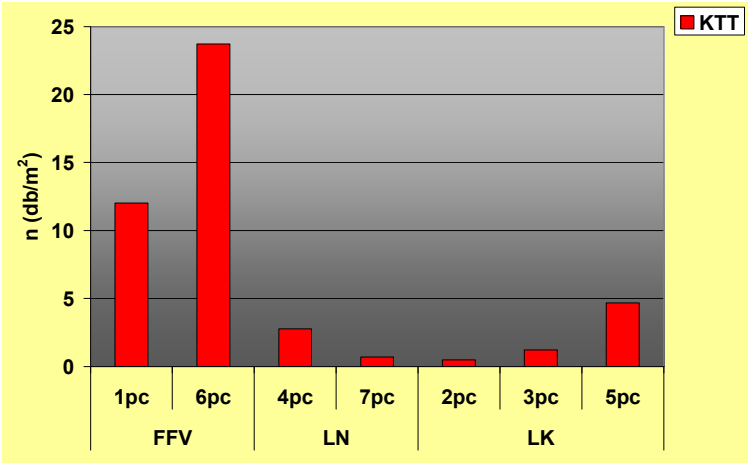
10.b ábra



10.c ábra



10.d ábra



5.2.1.2. A fél méternél alacsonyabb csemeték számának változása az anyaállomány megbontása ill. a lékvágás után

A lékvágást ill. az egyenletes bontást követően a kocsánytalan tölgy csemeték száma mindegyik parcellában csökkent, 1-2 db/m^2-rel (ld. a 2003. évi adatokat a Függelék CD-n; valamint a 2004. évi adatokat a lékes parcellákra vonatkozóan: 9.b, 10.b ábra). A csökkenés arányaiban a lékekben volt a legerőteljesebb, a 2. ill. a 7. számú lékben gyakorlatilag nem maradt csemete. Az egyenletesen megbontott parcellákban később természetes úton, a 2006. őszi makktermés következtében nagyszámú újulat telepedett meg, így a 2007. évben 2002-höz képest jóval több csemetét észleltünk (9.c, 10.d ábra). Valamelyest emelkedett a kocsánytalan tölgy újulat mennyisége a lékeket szegélyező zárt faállományokban is, a lékekben azonban alig vagy egyáltalán nem volt növekedés észlelhető (9.c, 10.d ábra).

A felújítás első, aszályos évében a kocsánytalan tölgy mellett egyes esetekben a magas kőris is kisebb mennyiségben jelent meg (pl. 6. és 8. parcellák). Ezzel szemben a gyertyán több parcellában (1., 3. /*L*/, 8) nagy tömegben telepedett meg, és maradt a későbbiekben is életképes (ld. a 9.b és a 10.b ábrát ill. a Függelék CD-n közölt adatokat).

5.2.1.3. A fél méternél magasabb csemeték számának változása az anyaállomány megbontása ill. a lékvágás után

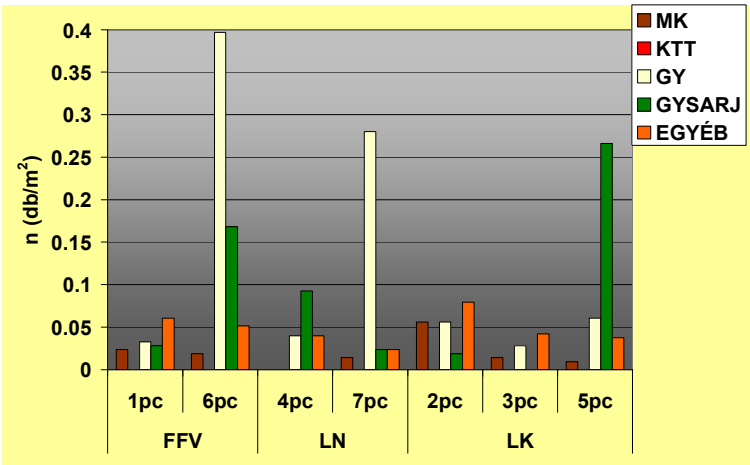
Fél méter fölé legnagyobb tömegben a magas kőris nőtt egyes kerített lékekben (2. és főleg a 3. számú parcellák, 12.a ábra). A léket körbevevő zárt ill. az egyenletesen megbontott faállományban azonban alig volt 50 cm-nél magasabb magas kőris újulat (11.a ábra). A fél méternél magasabb magas kőrisek egyedszámát az ápolásokkal sem sikerült igazán csökkenteni (12.b ábra).

A magas kőris mellett a mag- és a sarjeredetű gyertyánok fordultak elő nagyobb mennyiségben a fél méternél magasabb újulatban, főként az 5., 6. és a 7. parcellákban (12.a

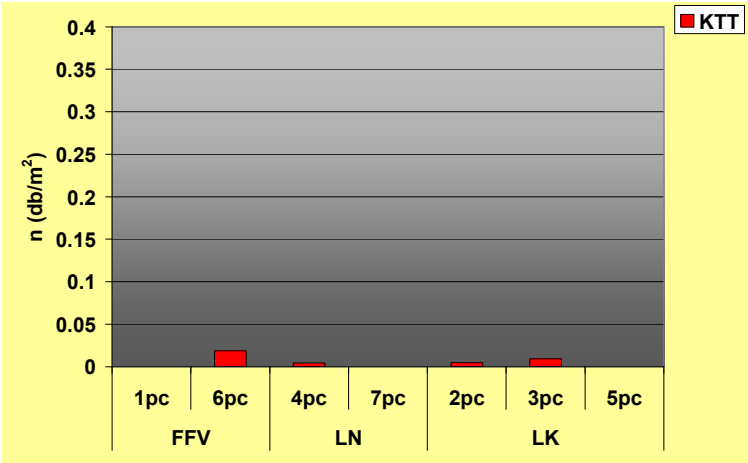
ábra). Figyelembe veendő ugyanakkor, hogy a 6. és 7. parcellában az 50 cm-nél magasabb gyertyánok zöme már a vágást megelőzően is a területen volt (az előbbi esetben főként a léket szegélyező faállományban; ld. még a Függelék CD-n közölt 2003. évi adatokat). Az ápolások a magas kőris újulathoz hasonlóan gyertyánsarjak esetében sem csökkentették lényegesen a fél méternél magasabb csemeték számát (5. lék, 12.b ábra).

11. ábra A fél méternél magasabb újulat mennyisége a parcellák *Z* részén. A legnagyobb mértékben a mag- ill. sarjeredetű gyertyán csemeték nőttek 50 cm fölé, a kocsánytalan tölgy viszont alig (a 6. és 7. parcellában már a kiindulási állapotban is voltak fél méter fölötti gyertyánok). Rövidítéseket ld. a 3. ábránál. a: 2004; b: 2007.

11.a ábra



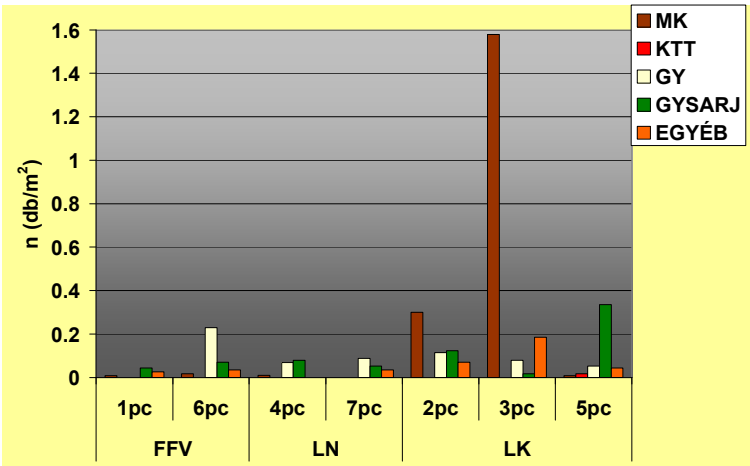
11.b ábra



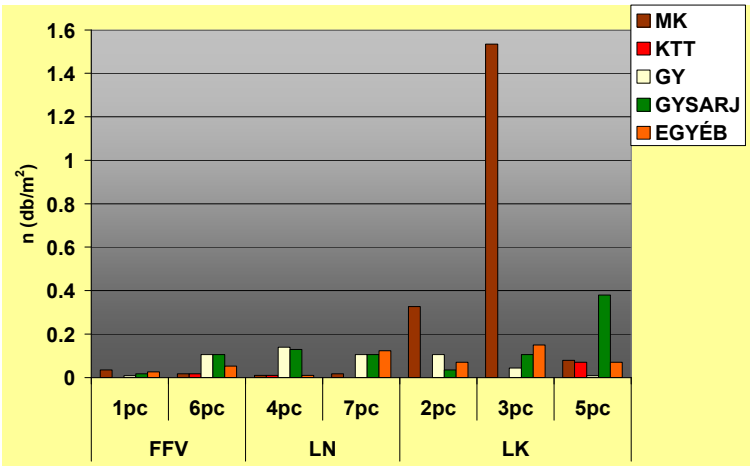
A kocsánytalan tölgy az egyenletes bontással érintett parcellákban ill. a lékeket szegélyező zárt faállományban csak elvétve nőtt 50 cm fölé (11.a-b, 12.a-c ábrák). A 4. ill. az 5. lékben ugyanakkor 2007-ben már számottevőbb mennyiségű fél méternél magasabb kocsánytalan tölgy újulatot találtunk (12.c ábra).

12. ábra A fél méternél magasabb újulat mennyisége a parcellák *L* részén. Legnagyobb mértékben a magas kőris nőtt 50 cm fölé egyes kerített lékekben, mennyiségét az ápolások gyakorlatilag nem befolyásolták. A kerített lékekben az elegyfafajok konkurenciája az egyenletes bontáshoz képest jóval magasabb volt (a 6. parcellában már a kiindulási állapotban is voltak fél méter fölötti gyertyánok). 2007-re két lékben a kocsánytalan tölgy is nagyobb mennyiségben nőtt fél méter fölé. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál. a: 2004.; b: 2005.; c: 2007.

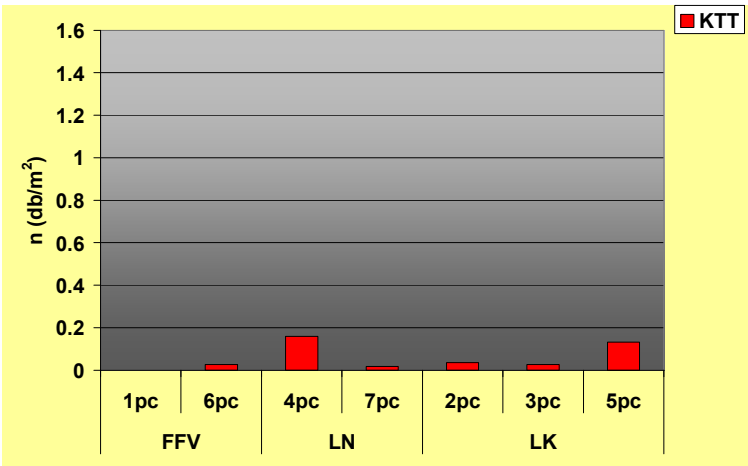
12.a



12.b



12.c



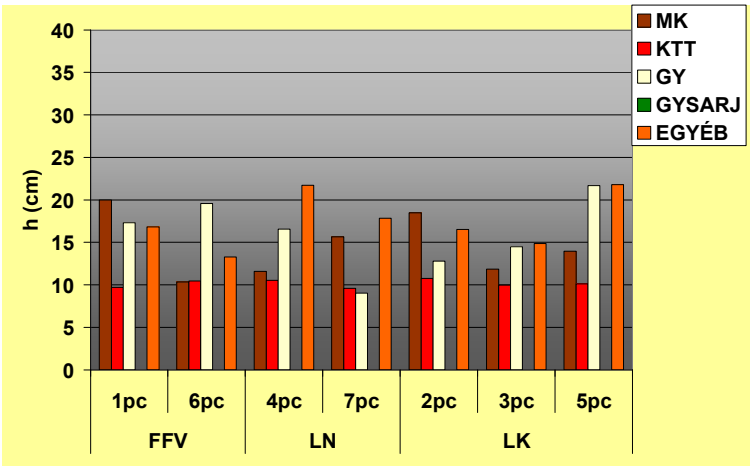
5.2.2. Az újulat magassági növekedése

5.2.2.1. A fél méternél alacsonyabb csemeték növekedése

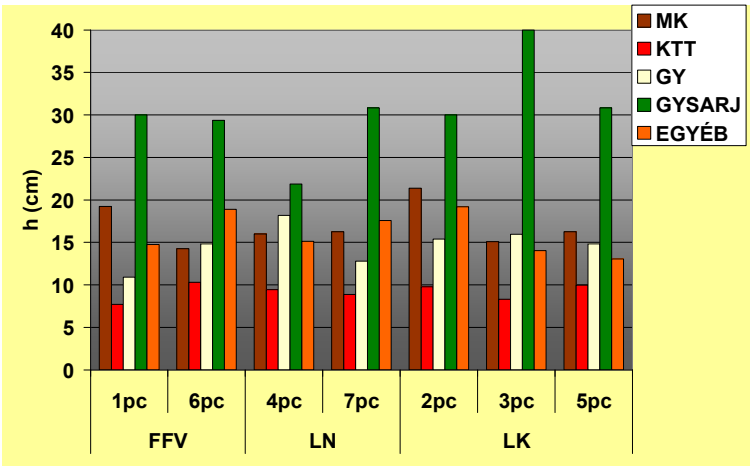
A fél méternél alacsonyabb elegyfafajok magassága már a kiindulási állapotban felülmúlta a kocsánytalan tölgy magasságát minden parcellában (13.a, 14.a ábra).

13. ábra A fél méternél alacsonyabb újulat magassága a parcellák *Z* részén. Az elegyfafajok már az első bontás ill. a lékvágás előtt magasabbak voltak a kocsánytalan tölgynél. Előnyük később is megmaradt, míg a kocsánytalan tölgy alig nőtt. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál. a: 2002.; b: 2004.; c: 2007.

13.a ábra

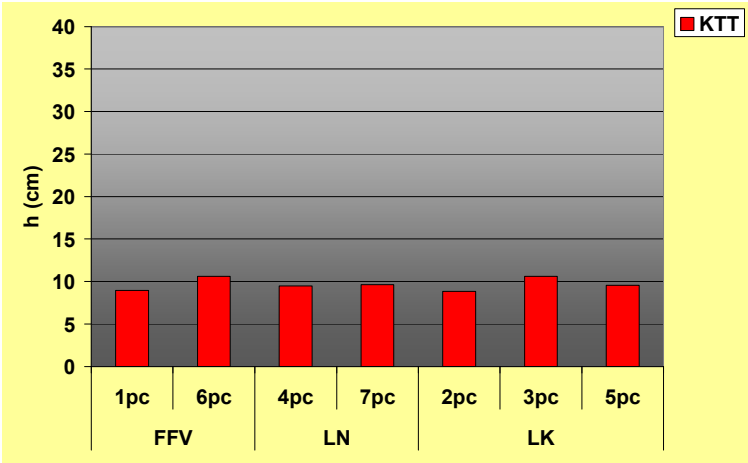


13.b ábra



Az egyenletesen megbontott ill. a lékvágással érintett parcellák esetében a léket szegélyező faállományban az elegyfafajok újulata jellemzően kismértékben megnőtt 2004-ig (ápolások előtti állapot!, 13.b ábra ld. még a Függelék CD-t). Leggyorsabban a gyertyánsarjak nőttek. A kocsánytalan tölgy gyakorlatilag változatlan átlagos magasságú maradt. (Ez azonban nem feltétlenül jelenti a növekedés hiányát, hiszen egyes esetekben a variációs koefficiens értéke emelkedett jelezve, hogy a populáció heterogenitása nőtt; Függelék CD).

13.c ábra

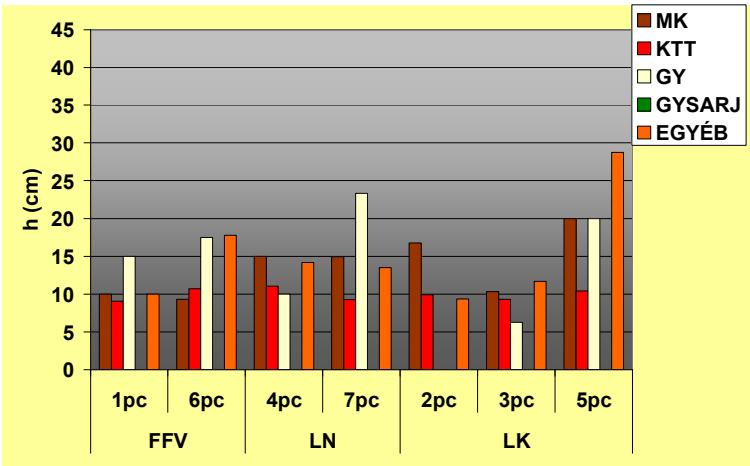


A lékekben az elegyfafajok jóval gyorsabban nőttek, a kocsánytalan tölgy növekedésének ütemét jócskán felülmúlták (14.b ábra). A kerítetlen lékekben a magas kőris szemlátomást lassabban növekedett a kerített lékekhez viszonyítva. Az ápolásokkal a magas kőrist a kerített lékekben féken lehetett tartani, átlagmagassága nem emelkedett tovább (14.c ábra). A gyertyán ill. a kerítetlen lékekben a magas kőris azonban töretlenül nőtt.

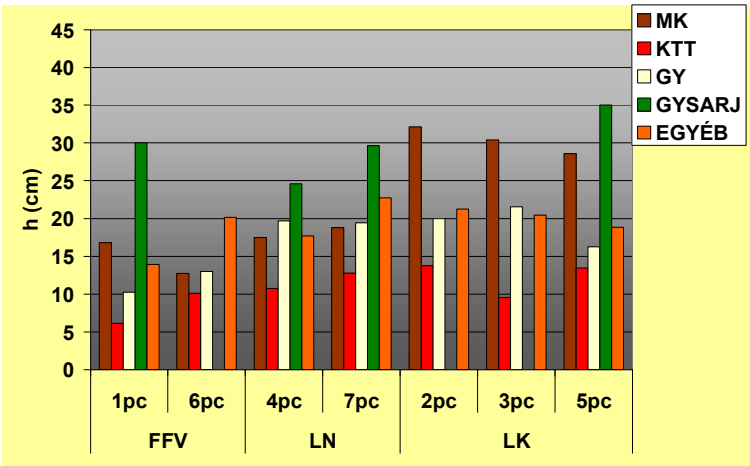
Az ápolásokat követően a lékekben a kocsánytalan tölgy is kismértékben növekedni kezdett (14.c ábra). 2007-ben a kocsánytalan tölgy átlagmagassága az egyenletesen megbontott ill. a lékeket szegélyező faállományokban számottevően nem különbözött (13.c ábra). A lékekben a csemeték ehhez képest magasabbak voltak (14.d ábra). A kerítésnek a kocsánytalan tölgy csemeték magasságára gyakorolt közvetett hatása nem érzékelhető.

14. ábra A fél méternél alacsonyabb újulat magassága a parcellák *L* részén. Az elegyfafajok mind egyenletes bontás, mind lékvágás esetében bőven túlnőtték a kocsánytalan tölgyet. Mind a kocsánytalan tölgy, mind a mageredetű elegyfafajok a lékekben növekedtek gyorsabban. A kerítés csak a magas kőris magasságát befolyásolta. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál. a: 2002.; b: 2004.; c: 2005.; d: 2007.

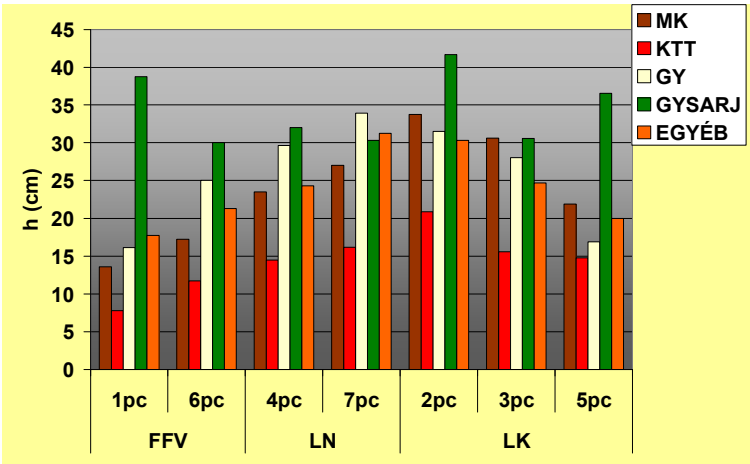
14.a ábra



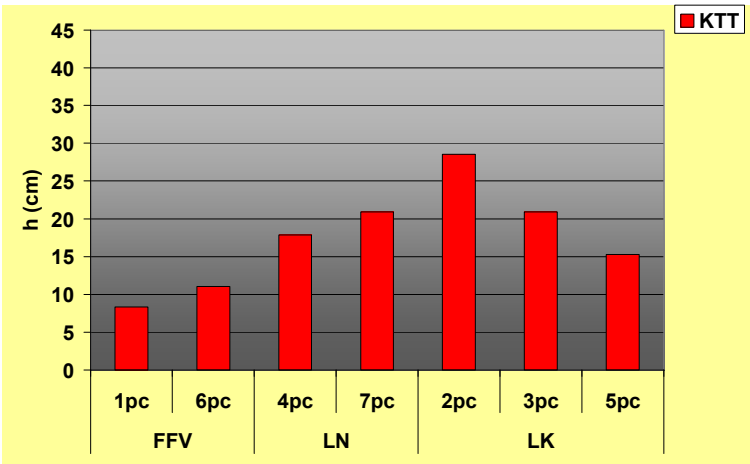
14.b ábra



14.c ábra



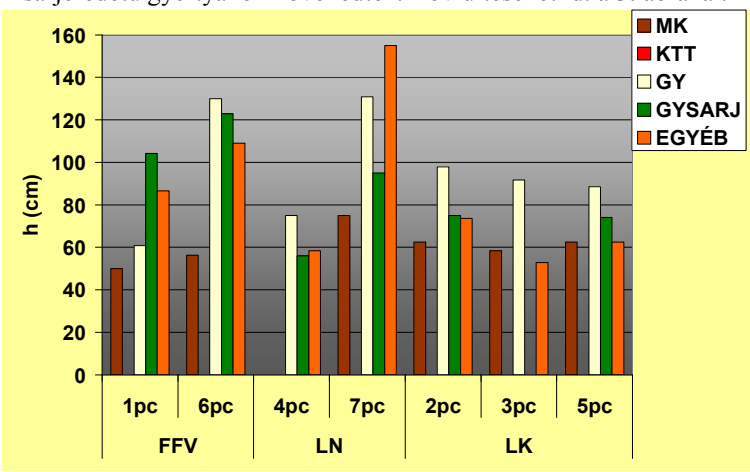
14.d ábra



5.2.2.2. A fél méternél magasabb csemeték növekedése

Az 50 cm-nél magasabb újulat esetében a kis elemszámú minták miatt a véletlenszerű hatások erőteljesebben érvényesülnek. A magassági eloszlást leíró paraméterek így kevésbé informatívak a mennyiségi eloszlást leírókhoz képest. Ennek ellenére az újulat magassági viszonyaiban néhány jellegzetesség megfigyelhető.

15. ábra A fél méternél magasabb újulat magassága a parcellák *Z* részén 2004-ben. Leggyorsabban a mag- és sarjeredetű gyertyánok növekedtek. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál.



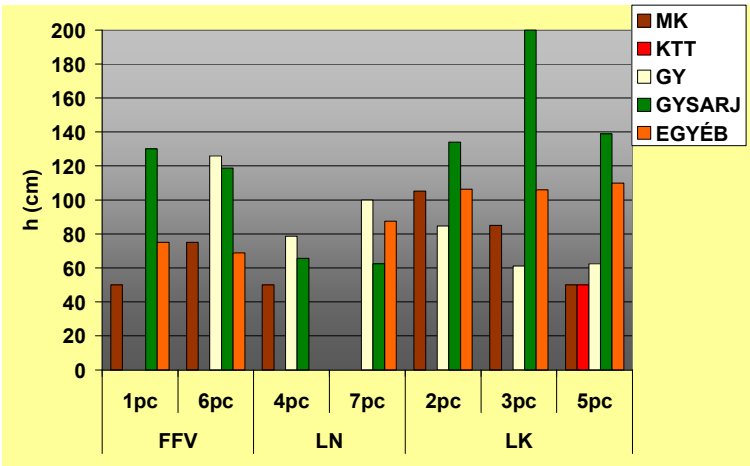
3. kép A magas kőris a lékvágást követő második évre a 2. és a 3. lékben gyakran jóval 1 m fölé nőtt.

Az egyik jellegzetesség az, hogy a léket szegélyező faállományban 2004-ben a legtöbb esetben a mageredetű gyertyán átlagmagassága a magas kőris újulat átlagmagasságánál nagyobb volt (ismét figyelemmel kell lenni a 6. és a 7. parcellában már a kísérlet kezdetén jelenlévő csemetékre; 15. ábra). Ezzel szemben a kerített 2. és 3. lékben a magas kőris növekedett gyorsabban a mageredetű gyertyánhoz képest (3. kép). További sajátosság, hogy az ápolásokkal az egyedszámhoz hasonlóan a magas kőris átlagos magasságát sem lehetett

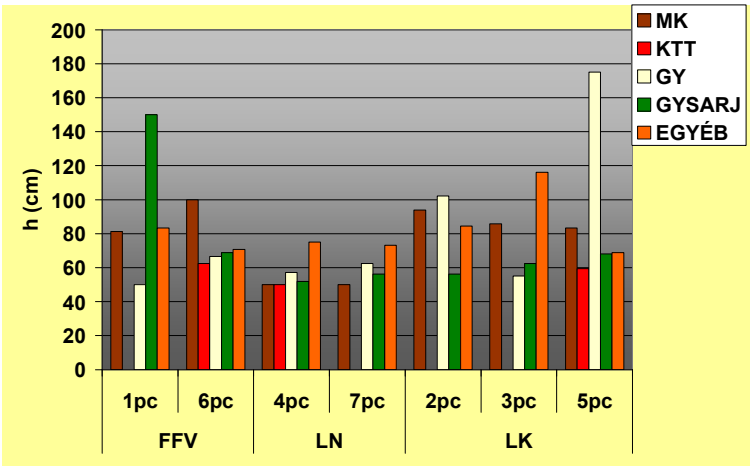
lényegesen csökkenteni a kerített lékek esetében (16.a-b ábrák). Végül indikatív értékű az is, hogy 2007-ben az 5. lékben volt átlagosan a legmagasabb a kocsánytalan tölgy újulat, valamint a variációs koefficiens is ebben az esetben volt a legnagyobb (16.c ábra, Függelék CD). Ebben a parcellában ekkor már előfordultak 1 m-nél magasabb csemeték is (4. kép).

16. ábra A fél méternél magasabb újulat magassága a parcellák *L* részén. A magas kőris magasságát az ápolások alig befolyásolták. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál. a: 2004.; b: 2005.; c: 2007.

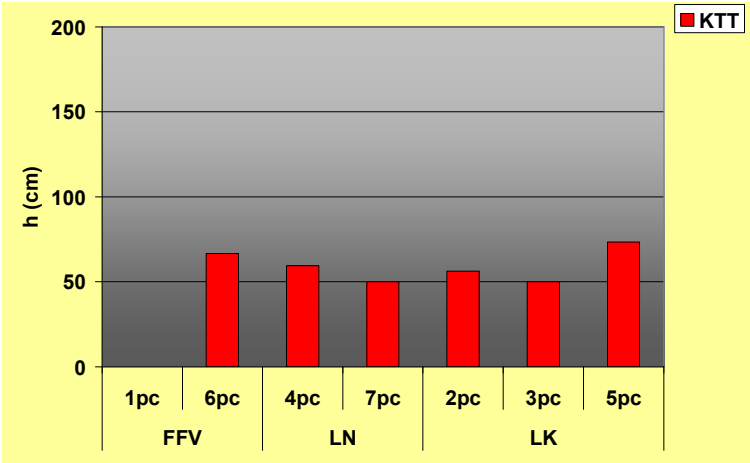
16.a ábra



16.b ábra



16.c ábra



4. kép 1 m-nél magasabb kocsánytalan tölgy csemete az 5. sorszámú lékben 2008. tavaszán.

5.2.2.3. Az újulat magassági növekedésének térbeli változatossága

A kiindulási állapotban a parcellák döntő többségében az újulat magassága térben többé-kevésbé homogén volt (ld. a Függelék CD-t).

Az egyenletesen megbontott parcellák újulatának növekedésében – bár egyes esetekben jelentős térbeli különbségek voltak – nem találtam ismétlődő, rendezett inhomogenitást (ld. a Függelék CD-n).

A lékvágással érintett parcellákban több esetben megfigyelhető volt, hogy a léket szegélyező zárt faállományban a magas kőris csemeték a léktől északi irányban növekedtek a leggyorsabban (ld. mind a fél méter alatti, mind az afeletti újulat adatait a Függelék CD-n). Összességében azonban az állapítható meg, hogy a lék-környéki faállomány újulatának magasságában a vágást követő első két évben kialakuló térbeli különbségek abszolút értékben nem voltak jelentősek (általában 10 cm alattiak). A gyertyán ill. a kocsánytalan tölgy növekedésében ehhez hasonló szabályszerűséget nem találtam (ld. a Függelék CD-n).

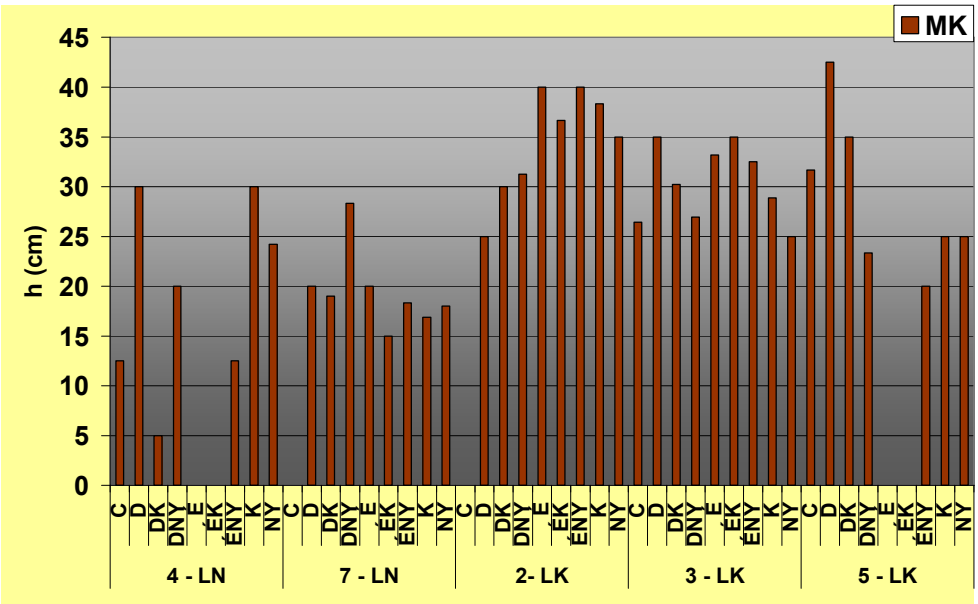
A kerített lékeken belül megfigyelhető az a tendencia, hogy a kocsánytalan tölgy, a gyertyán és a magas kőris a lékek közepén, ill. északi és északias (azaz ÉK-i vagy ÉNY-i) részén nőtt a leggyorsabban (17.a-b, 18.a-b ábrák). Ettől némely esetben lehetnek eltérések (figyelembe veendő, hogy az 50 cm alatti kategóriából való kinövés nyilván befolyásolja ennek a kategóriának az átlagmagasságát). A megmért egyedek számai ill. a variációs koefficiensek (ld. a Függelék CD-n) azt jelzik, hogy a lékek közepén tapasztalt gyorsabb növekedés nem annak a következménye, hogy a lék szélét a faegyedek könnyebben beszórják maggal, és az így kicsírázó csemeték az átlagmagasságot csökkentik.

A gyertyán és a magas kőris magasságának különbségei már a vágást követő első két éven belül, a kocsánytalan tölgyéi pedig 2007-re jelentőssé váltak (17.a-c, 18.a-c ábrák). Ezt jól

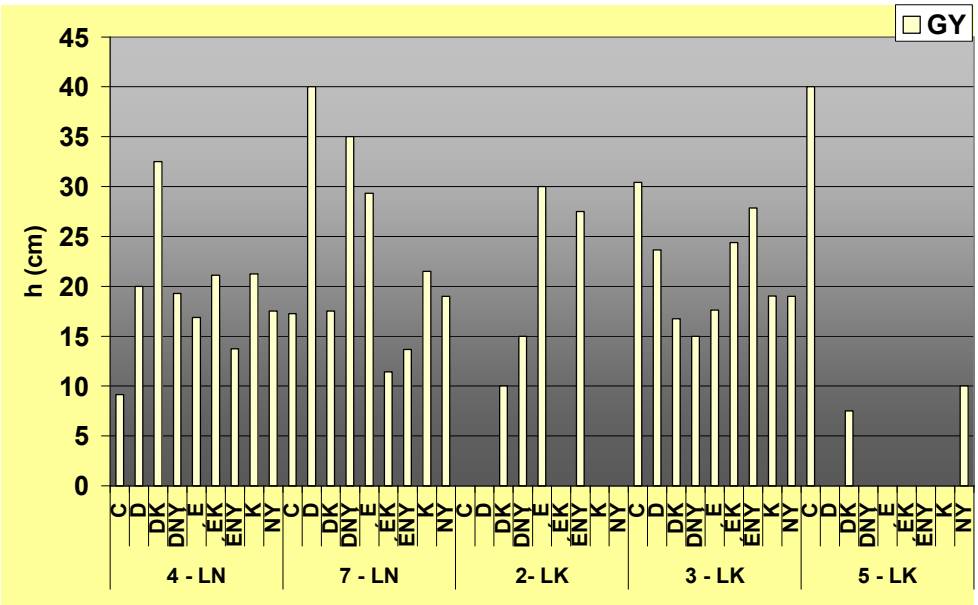
jelzik a fél méter feletti csemeték mennyiségi eloszlásai. Figyelembe kell venni, hogy a megmért egyedek száma parcellánként igen változó volt. Értelemszerűen a legbiztosabb eredményt a legnagyobb mintanagyságok mellett kapjuk (kocsánytalan tölgy esetében pl. a 4. és az 5. lékben).

17. ábra A fél méternél alacsonyabb csemeték átlagmagassága a lékekben, különböző topográfiai pozíciókban (C a lékek középpontja, a többi betűjel a középponthoz viszonyított helyzetet tükrözi). A kerített lékek esetében megfigyelhető az a tendencia, hogy mind a kocsánytalan tölgy, mind az elegyfafajok a lék központi és északi részén növekedtek a leggyorsabban (ld. még a 18. ábrát). Rövidítéseket ld. a 3. ábránál. a: magas kőris (2004. év); b: gyertyán (2004. év); c: kocsánytalan tölgy (2007. év).

17a. ábra

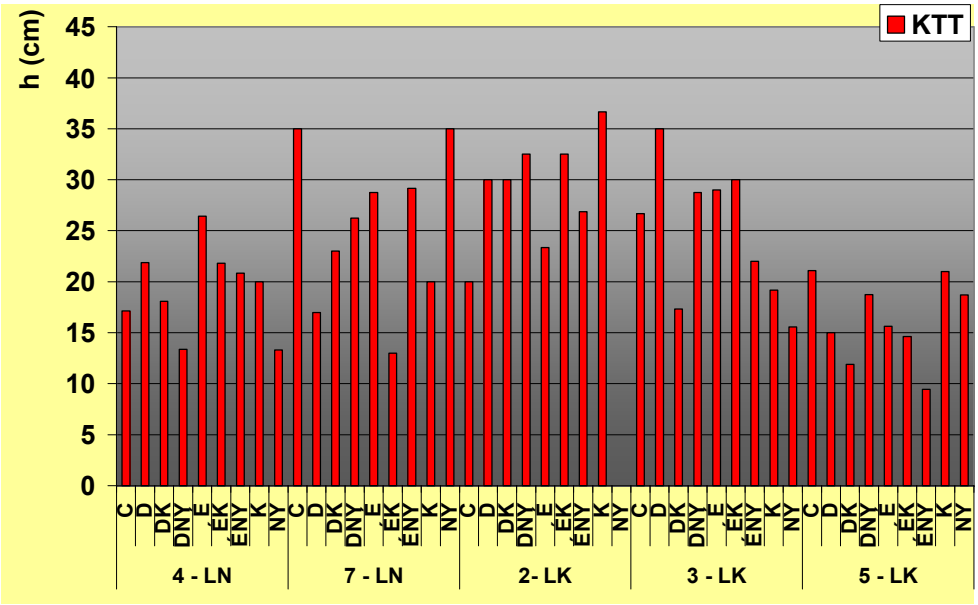


17.b ábra



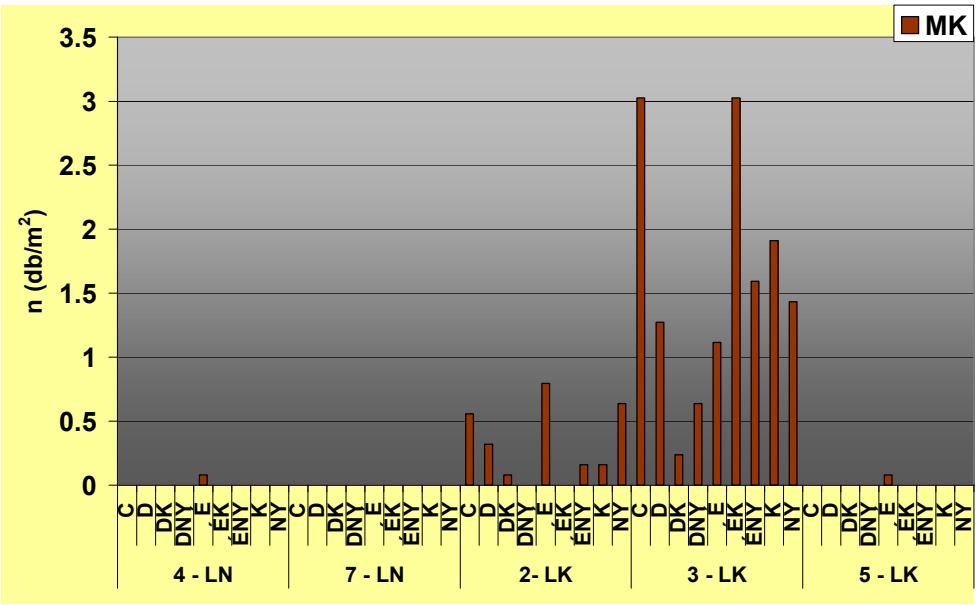
A kerítetlen lékekben a kocsánytalan tölgy magasságának 2007-ben tapasztalt térbeli változatossága a kerített lékekben tapasztalthoz hasonlított (17.c, 18.c ábra). Ezzel szemben meglepő módon a magas kőris és a gyertyán növekedése ezzel ellentétes tendenciájú volt, ezek a fajok inkább a lékek déli ill. délies részein növekedtek gyorsabban (17.a-b, 18.a-b ábrák).

17.c ábra

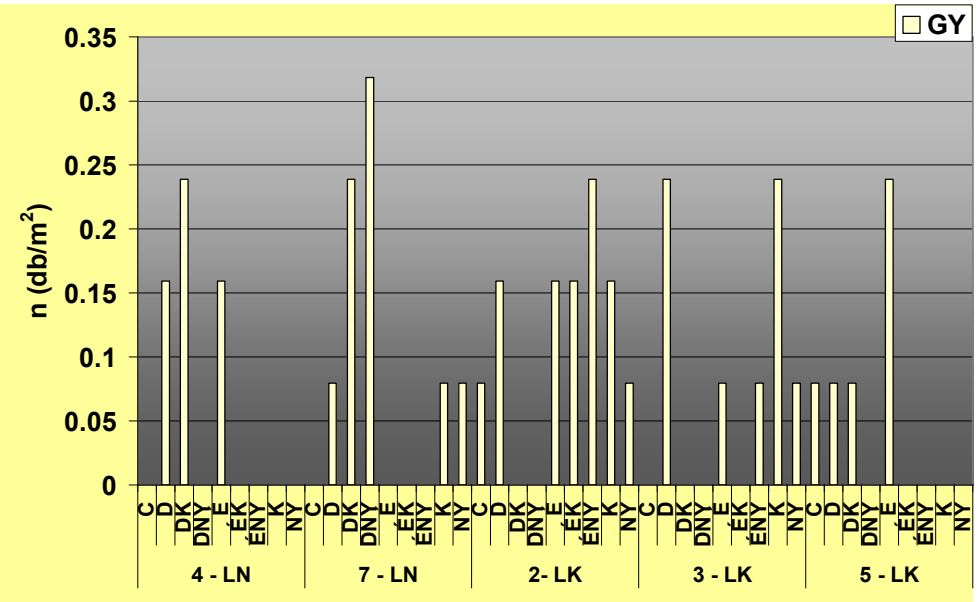


18. ábra A fél méternél magasabb csemeték sűrűsége a lékekben különböző topográfiai pozíciókban (C a lékek középpontja, a többi betűjel a középponthoz viszonyított helyzetet tükrözi; az y tengely skálázása különböző!). A kerített lékek esetében megfigyelhető az a tendencia, hogy mind a kocsánytalan tölgy, mind az elegyfafajok a lék központi és északi részén növekedtek a leggyorsabban. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál. a: magas kőris (2004. év); b: gyertyán (2004. év); c: kocsánytalan tölgy (2007. év).

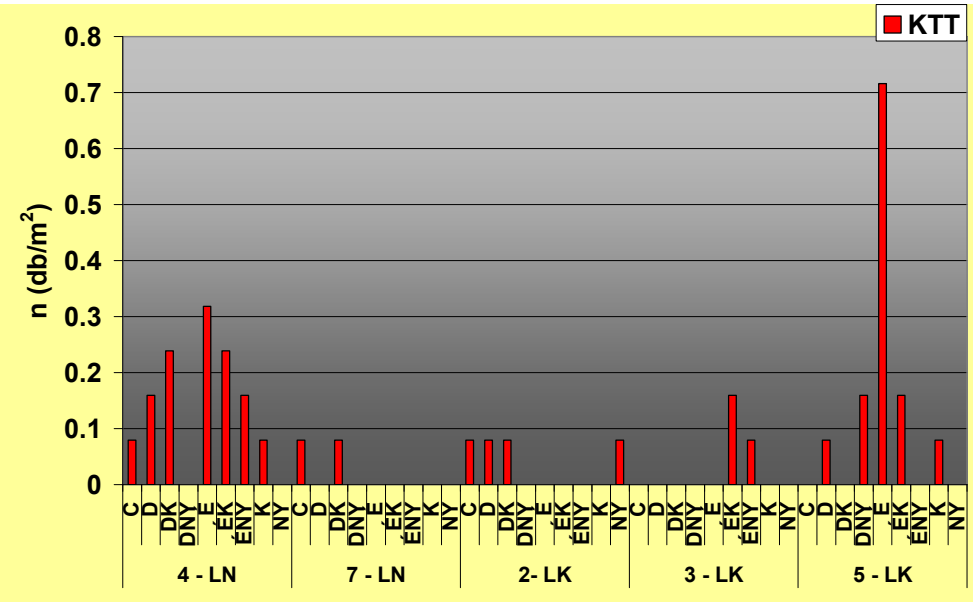
18.a ábra



18.b ábra



18.c ábra



5.3. *A cserje- és a gyepszint változása*

Az erdőrészlet fajokban gazdag, a mintavételi időszak során összesen 260 fajt találtam, amit listaszerűen a Függelék CD-n adok meg.

4. táblázat Az egyes parcellák cserje- és gyepszintjének fajszámai, valamint a tömeges típusjelző és cserjefajok átlagos borítása százalékban kifejezve a parcella teljes területére vonatkozóan a kiindulási állapotban (2001.). Az oszlopok fejlécében lévő számok a parcellák sorszámai.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Gyepszint fajszám	76	90	72	98	89	96	70
Brachypodium sylvaticum	-	-	-	10	8	12	-
Carex pilosa	11	16	-	-	35	33	6
Carex sylvatica	8	-	6	-	-	-	4
Circaea lutetiana	15	9	14	-	-	-	7
Galium odoratum	17	20	17	15	16	-	17
Luzula luzuloides	-	-	-	-	3	4	-
Melica uniflora	12	34	25	15	12	8	17
Poa nemoralis	-	14	6	15	15	16	10
Cserjeszint fajszám	5	8	3	6	5	4	5
Carpinus betulus	5	7	-	17	17	16	10
Crataegus monogyna	-	10	-	-	-	-	-

5.3.1. Kiindulási állapot

A típusjelző fajok mennyiségi viszonyai arra utalnak, hogy az erdőrészleten belül a talaj sajátságai inhomogének (4. táblázat). Az erdőrészletben völgyirányban kitűzött két parcella (5. ill. 6.) talaja kissé savanyúbbnak (*Luzula luzuloides* valamint egyéb savanyúságjelző, de nem típusjelző fajok: *Melampyrum pratense*, *Hieracium spp.*) és szárazabbnak (*Carex pilosa*) tűnik, mint a hegyfelőli parcellák talajai (3-7., üdébb körülményekre utalnak: *Brachypodium sylvaticum, Carex sylvatica, Circaea lutetiana, Galium odoratum*). Megjegyzendő ugyanakkor, hogy egyes parcellák a növényzet alapján termőhelyi szempontból nehezen tipizálhatók, hiszen különböző vízgazdálkodási sajátságokra utaló fajok közel azonos tömegben jelennek meg (1., 4. és 7. parcellák). A lágyszárú fajok indikációs értékét emellett megkérdőjelezik a talajvizsgálati eredmények is (hiszen pl. az 5. és a 7. parcella talaja megközelítőleg egyforma mértékben savanyú, ill. a termőhelyi vizsgálat alapján a vízháztartásban sem várható lényeges különbség e két parcella között).

5.3.2. Az egyenletes bontás ill. a lékvágás hatására lejátszódó folyamatok jellegének összehasonlítása a 2001-2005. közötti időszakra vonatkozóan

A parcellák *Z* részét figyelembe véve az egyes parcellák gyepszintjének átalakulása 10 esetben szignifikánsan hasonlónak, 11 esetben pedig nem szignifikánsnak bizonyult (5.a táblázat). Ha a kerítéstől eltekintünk, 11 az egy felújítási eljáráson belüli (továbbiakban: belső) összehasonlítások száma, 10 a különböző módszerrel felújított parcellák (továbbiakban: külső) összehasonlításának száma. Mindkét esetben kb. az összehasonlítások fele volt szignifikáns. A belső összehasonlítások közül három esetben, a külsők közül egy esetben volt $r \geq 0,7$. A legerőteljesebben az 5. és a 6. parcellában lejátszódó folyamatok (azaz az egyes fajok dinamikájának összessége) korreláltak ($r = 0,94$). A kétféle felújítás hatására tehát hasonlóan változott meg a gyepszint. A kerítés hatása sem érzékelhető kifejezetten (ld. pl. a kerített 2. és 5., ill. 3. és 5. parcella közötti alacsony, vagy a kerített 5. és a kerítetlen 7. parcella közötti magas korrelációs koefficienst).

5.a táblázat A gyepszint adataiból számított távolságmátrixok mátrixkorrelációi a parcellák *Z* részére vonatkozóan (idősoros elemzés). A sorok ill. oszlopok számozása a parcellák számozásának felel meg. A cellák háttere sárga, ha $r \geq 0,7$ ill. narancs, ha $r<0,7$ és szignifikáns. * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	1	0,24	0,13	0,56**	0,55**	0,74**	0,56**
2		1	0,83**	0,39**	0,14	0,06	0,50**
3			1	0,27	0,4	-0,01	0,34
4				1	0,02	0,07	0,75**
5					1	0,94**	0,63**
6						1	0,35
7							1

A parcellák *L* részét összehasonlítva mind a belső, mind a külső összehasonlítások közül hat volt szignifikáns (5.b táblázat). A szignifikáns korrelációs koefficiensek száma tehát 12-re emelkedett. A legerősebb korrelációt ismét az 5. és a 6. parcella között találtam ($r = 0,95$). A korrelációs koefficiensek értéke azonban csak ebben az egy esetben haladta meg a 0,7 értéket. A kerítés a gyepszintben lejátszódó folyamatok jellegét nem befolyásolta (ld. pl. a 3. és 7., valamint a 4. és a 7. parcella közötti korrelációs koefficienst).

Az eredmények szerint tehát a kétféle felújítási módszer szignifikánsan hasonló módon befolyásolja a gyepszint megváltozását. Megállapítható továbbá, hogy a gyepszint a lék-környéki zárt faállomány alatt is átalakult. Az eredmények fajszintű bemutatását a soron következő alfejezet (5.3.3.) ismerteti.

5.b táblázat A gyepszint adataiból számított távolságmátrixok mátrixkorrelációi a parcellák *L* részére vonatkozóan (idősoros elemzés). További magyarázat az 5.a táblázatnál.

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0,3	0,43**	0,65**	0,56**	0,44*	0,63**
2		1	0,47**	0,35**	-0,05	-0,04	0,39**
3			1	0,27*	0,24	0,33*	0,56**
4				1	0,1	0,06	0,48**
5					1	0,95**	0,13
6						1	0,06
7							1

5.3.3. Az egyenletes bontás ill. a lékvágás hatására lejátszódó folyamatok mértékének összehasonlítása a 2001-2005. közötti időszakra vonatkozóan

A parcellák *Z* részére vonatkozó főkomponens elemzés szerint (19.a ábra) az egyes parcellák növényzetének különbségei (4. táblázat, Függelék CD) nagyobbak voltak, mint a felújítási módok által előidézett időbeli változás. Az ordinációs diagramról tehát az olvasható le, hogy mind az egyenletesen megbontott parcellák *Z* részén, mind pedig a lék-környéki zárt faállomány alatt alig változtak meg a gyepszint dominancia-viszonyai.

A parcellák *L* részének gyepszintje ugyanakkor jóval nagyobb mértékben alakult át (19.b ábra). Ebben az esetben az időbeli változás mértéke sok esetben nagyobb volt, mint a parcellák között a kiindulási állapotban lévő különbség. Megfigyelhető, hogy az átalakulás „iránya" általában hasonló a diagramon (a 2. tengellyel párhuzamos a pozitív irányban), jelezve a folyamatok Mantel teszttel is igazolt hasonlóságát. Ez alól csak az 5. és a 6. parcella kivétel, ahol a változások fő iránya inkább az 1. tengellyel párhuzamos.

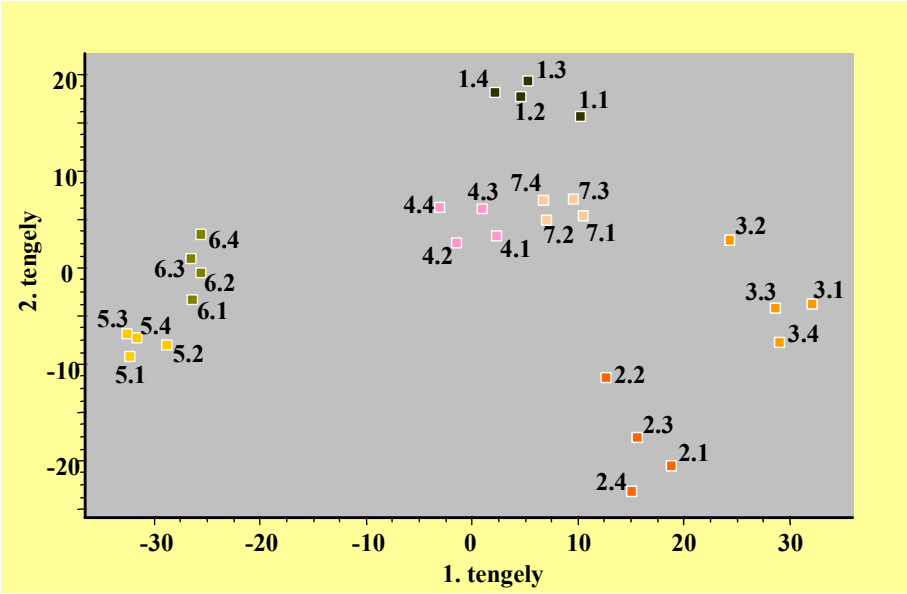
Az időbeli változások mértéke az 5. számú kivételével a többi lékes parcellában jóval nagyobb volt a 6. egyenletesen megbontott parcellához képest. Az 1. parcellában azonban a gyepszint dominancia-viszonyai erőteljesen átalakultak. A kerített és a kerítetlen lékek között az ordináció alapján markáns különbség nem fedezhető fel.

A két diagramból az állapítható meg, hogy az egyenletes bontás hatására a gyepszint kisebb mértékben alakult át a lékvágás által előidézett változásokhoz képest. Ez különösen akkor igaz, ha figyelembe vesszük, hogy egyenletes bontás esetében a parcellák *Z* része is felújítás alatt álló terület.

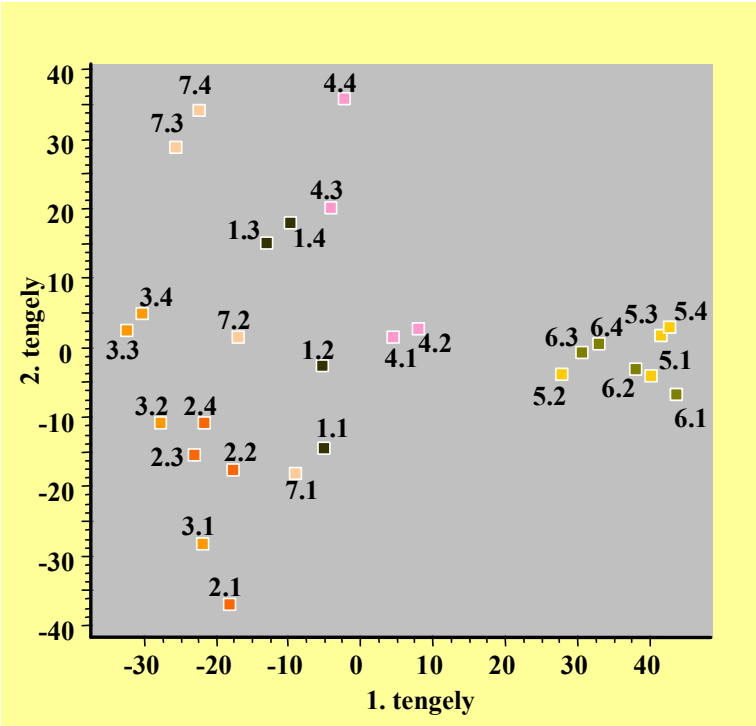
A fajok szórásdiagramjait táblázatos formában a Függelék CD-n adom meg. A száznál is több faj egyidejű ábrázolása ugyanis grafikon segítségével nem lehetséges olyan módon, hogy az vizuálisan jól értelmezhető legyen.

19. ábra A gyepszint adatai alapján készített főkomponens elemzések a 2001-2005. közötti időszakra vonatkozóan. Az egy parcellához tartozó mintavételi évek azonos színűek. A mintavételi évekhez tartozó számpárok első számjegye a parcella, második számjegye a mintavételi év sorszáma (1: 2001; 2: 2003; stb.). a: A parcellák *Z* részére vonatkozó diagram. Az első két tengely az összvariancia 64,8 %-át magyarázza. b: A parcellák *L* részére vonatkozó diagram. Az első két tengely az összvariancia 56,0 %-át magyarázza.

19.a ábra



19.b ábra



A főkomponens elemzések alapján a nyers adatok figyelembevételével (Függelék CD) megállapítható, hogy erdőművelési szempontból elsősorban azoknak a fajoknak van jelentősége, amelyek a vizsgált időszakban fokozatosan elterjedtek a parcellákban. A borítás megváltozásának mértéke ugyanis ezeknek az esetében volt a legmagasabb. Emellett szinte minden parcellában voltak olyan fajok is, amelyek a vágást követően hirtelen elterjedtek, a felújítás első vagy második évében voltak a legnagyobb tömegben jelen, majd a felújítás harmadik évére már visszaszorultak (átmenetileg elszaporodó fajok). Egyes parcellákban ezeknek a fajoknak a borítása a felújítás első vagy első két évében több mint 10 %-kal emelkedett. A parcellák *L* részére vonatkozó ordinációt (az egyes évek elhelyezkedését a diagramon parcellánként) tehát ezek a fajok befolyásolták döntően. Az 5. és a 6. parcella elkülönüléséért a *Carex pilosa* kezdeti magas borítása ill. borításának jelentős megváltozása (átmeneti csökkenés, majd növekedés; Függelék CD) a felelős. Összesen négy olyan faj volt az erdőrészletben, amely jellemzően, több parcellából is kiszorult az egyenletes bontást ill. a lékvágást követő első három évben: *Melica uniflora, Polygonatum multiflorum, Pulmonaria officinalis, Symphytum tuberosum*.

Az egyenletesen megbontott parcellák közül – ahogy ez az ordinációs diagramokból is kiderül – csak az 1. parcellában, de annak is csupán a középső (*L*) részén volt megfigyelhető egyes fajok erőteljesebb (10 %<) elterjedése. Ezek közé tartozik: *Ajuga reptans, Cirsium arvense, Poa nemoralis, Rumex sanguineus, Scrophularia nodosa, Veronica officinalis*. További jellegzetessége volt ennek a parcellának, hogy a *Conyza canadensis* a vágást követően megjelent, majd 10 % fölötti mértékben elterjedt, de a felújítás harmadik évére teljesen eltűnt.

Az egyenletes bontással szemben a lékvágás az 5. parcella kivételével a többiben számos faj tömeges (10 %<) elszaporodását idézte elő a léken belül: *Atropa bella-donna, Ajuga reptans, Calamagrostis epigeios, Carex pallescens, Carex spicata, Cirsium arvense, Eupatorium cannabinum, Geum urbanum, Hypericum hirsutum, Hypericum perforatum, Juncus effusus, Rubus idaeus, Scrophularia nodosa, Urtica dioica, Veronica officinalis* (6. táblázat). Az *Atropa bella-donna*, a *Cirsium arvense*, az *Eupatorium cannabinum*, a *Rubus idaeus*, a *Scrophularia nodosa* és az *Urtica dioica* helyenként 1 m-nél magasabbra nőtt. A be nem kerített parcellák esetében különösen magas volt azoknak a fajoknak a száma, amelyek 10 % fölötti mértékben szaporodtak el 2005-ig.

Egyes lékekben megfigyelhető volt néhány faj feljebb említett hirtelen tömeges elterjedése majd gyors visszaszorulása. A 3. és a 7. lékben a *Conyza canadensis*, emellett a 3. lékben a *Taraxacum officinale*, a 7. lékben pedig a *Hypericum perforatum* terjedt el átmenetileg 10 %

fölötti mértékben. A lékek környéki zárt faállomány fajainak borítása a vizsgált időszakban egyetlen esetben sem változott meg 10 % fölötti mértékben.

6. táblázat A 10 % fölötti mértékben elterjedő fajok a parcellák *L* részén. A *Z* részeken ill. a táblázatban fel nem tüntetett parcellákban ilyen mértékű elszaporodást nem tapasztaltam. A szeder borítása nem szerepel, mert azt részletesebben is tanulmányoztam. Az oszlopok fejlécében a parcellák sorszámai vannak feltüntetve. 1: 10-20 %; 2: 20 %-nál nagyobb mértékű elterjedés.

	1	**2**	**3**	**4**	**7**
Ajuga reptans	1		1		1
Atropa bella-donna					1
Calamagrostis epigejos			1	1	2
Carex pallescens				1	
Carex spicata					1
Centaurium erythraea				1	
Cirsium arvense	1	1	1	1	1
Eupatorium cannabinum					1
Geum urbanum					1
Hypericum hirsutum				1	1
Hypericum perforatum		1	1	1	
Juncus effusus				1	1
Poa nemoralis	1				1
Rubus idaeus					1
Rumex sanguineus	1		1		1
Scrophularia nodosa	1		1		1
Solidago gigantea					1
Urtica dioica			1		1
Veronica officinalis	1			1	

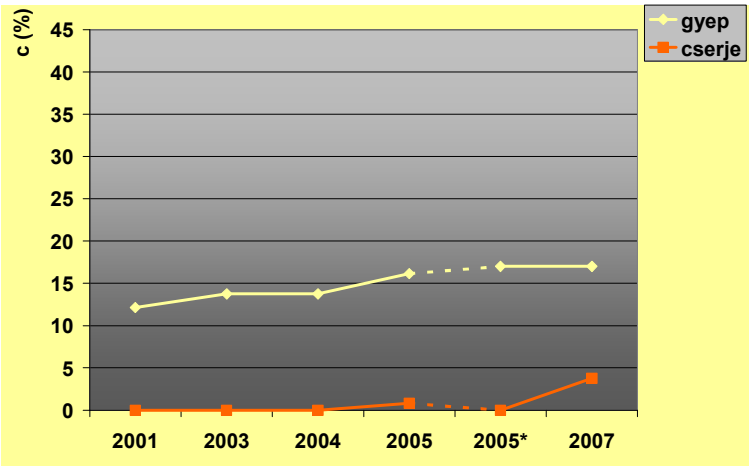
A kétféle felújítási technika hatására elterjedő további jellegzetes fajok voltak: *Epilobium montanum, Salix caprea, Sambucus ebulus, Solidago canadensis, Solidago gigantea*. Az átmenetileg elszaporodók között meg kell említeni továbbá: *Cirsium vulgare, Epilobium tetragonum, Erigeron annuus, Lactuca serriola, Polygonum hydropiper, Sonchus asper, Sonchus oleraceus*.

5.3.4. A szeder borításának változása egyenletes bontás ill. lékvágás esetén

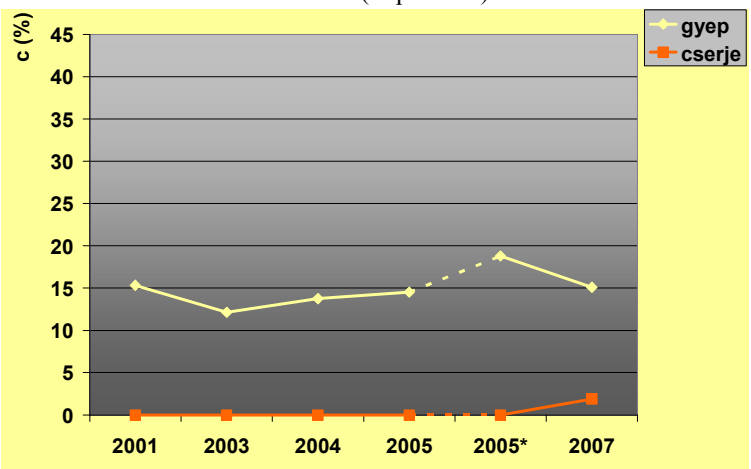
A szeder a kerített 2. és 3. lékben 2004-re (ápolások előtti állapot) már jelentősebben elterjedt, helyenként a cserjeszintbe nőtt (20. ábra, 5. kép). A kerítetlen lékekben ill. az 5. lékben elszaporodása ekkor még nem volt jelentős. Ugyancsak alig változott borítása az egyenletesen megbontott parcellákban (*L* rész!). Az ápolásokat követően a 2. és a 3. lékben tömegessége erőteljesen csökkent, majd a 2006. évi nyári ápolások ellenére az összes lékben látványosan elterjedt. A cserjeszintbe (azaz fél méter fölé) elsősorban a lékekben tudott nőni, függetlenül a kerítés meglététől.

20. ábra A szeder borításának változása a lékekben ill. az egyenletesen megbontott parcellák léknek megfelelő részén a gyep- és a cserjeszintben. A 2005. évre vonatkozóan kétféle adatot tüntettem fel: a teljes rácsháló lefektetése alapján számoltat (2005) ill. a módosított mintavételnek megfelelőt (2005*; lásd a mintavételi módszerek ismertetését). A lékvágás az egyenletes bontáshoz képest erőteljesebb szedresedést idézett elő. A 2. és a 3. lék esetében jól látható a 2004. évi ápolások hatása. a-b: egyenletesen megbontott parcellák (sorrendben: 1., 6.,); c-d: kerítetlen lékek (4., 7.); e-g: kerített lékek (2., 3., 5.)

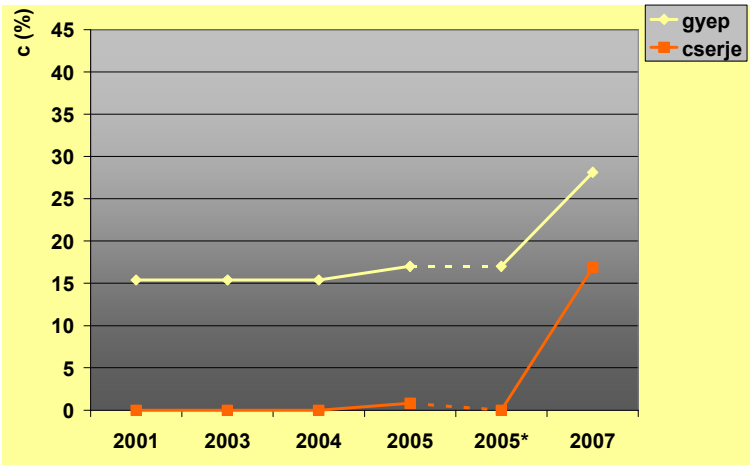
20.a ábra (1. parcella)



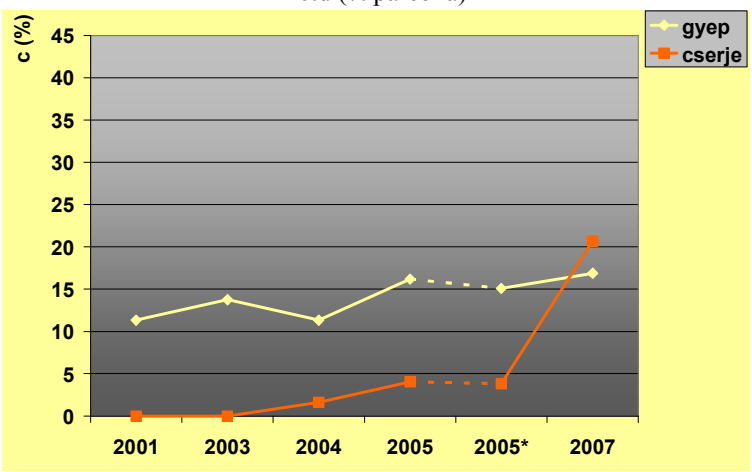
20.b ábra (6. parcella)



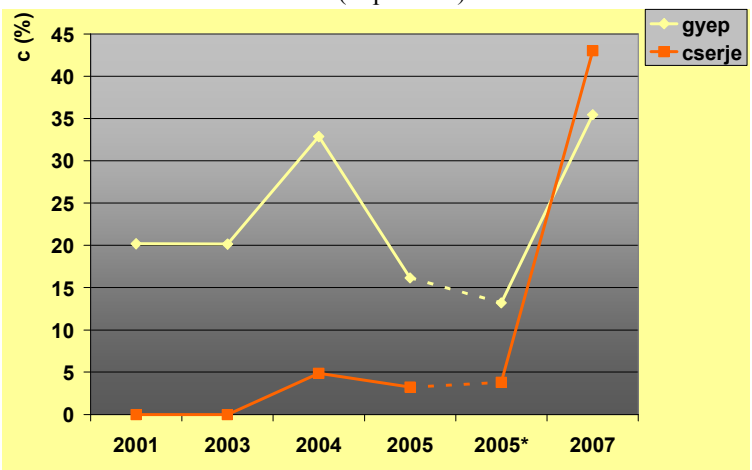
20.c (4. parcella)



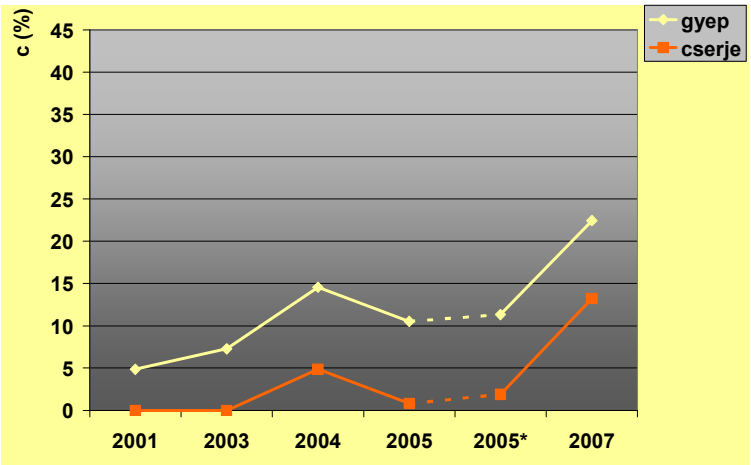
20.d (7. parcella)



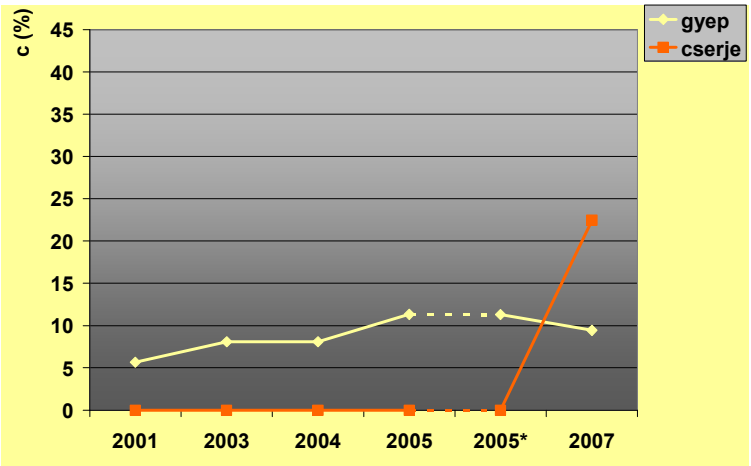
20.e (2. parcella)



20.f (3. parcella)



20.g (5. parcella)



5.3.5. A gyepszint térbeli mintázata

A korrelációs mátrixokat terjedelmi okokból a Függelék CD-n adom meg. Az eredmények szerint az előzetes várakozással ellentétben a gyepszint mintázatában nem fedezhető fel semmiféle ismétlődő szabályosság egyik évben ill. egyik alkalmazott felújítási eljárás esetében sem. Bár némely esetben a korrelációs koefficiens szignifikánsnak bizonyult (gyakran a külső összehasonlítások során!) értéke legfeljebb 0,3 volt.

5. kép A szeder a 2. lékben már 2004-re rendkívüli mértékben elterjedt, és a cserjeszintbe nőtt. A képen látható karó 120 cm, a piros csík hossza 20 cm. A kocsánytalan tölgy csemeték a szederrel szemben nem sokáig tudták tartani a versenyt.

5.3.6. Az egyes parcellák növényzetének változása 2005. és 2007. között

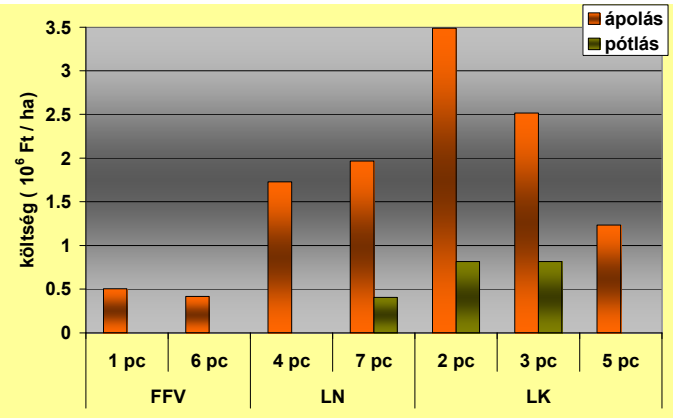
A fejezetcímben megjelölt időszakban legnagyobb mértékben a lékek növényzete változott meg. A lejátszódott folyamatokban azonban szabályszerűséget kevéssé lehetett felfedezni. A szedertől eltekintve gyakorlatilag lékenként változott, mely fajok borítása nőtt, melyeké csökkent számottevőbb (5 %<) mértékben. Általánosságban csupán annyit lehet megjegyezni, hogy kevés fajnak változott 10 % fölötti mértékben a tömegessége. Ez utóbbi csoporthoz tartozik a *Carex pilosa, Carex spicata, Calamagrostis epigeios, Hypericum perforatum*, amelyek borítása egyes esetekben csökkent, valamint idetartozik az *Athyrium filix-femina, Melica uniflora, Salix caprea*, amelyek borítása egyes esetekben nőtt.

5.4. *Ökonómiai számítások*

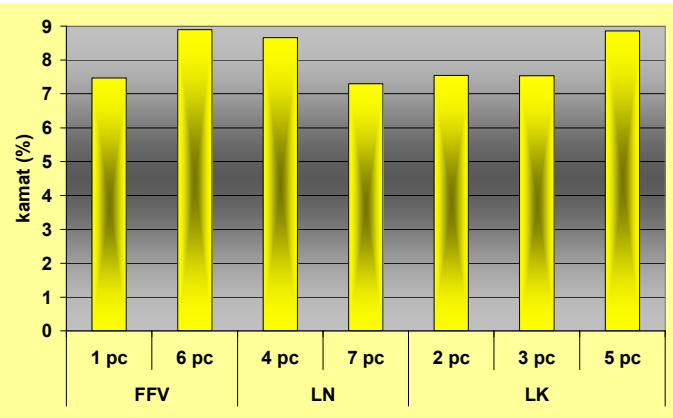
Az ápolások és a pótlások a felújítás első öt évében a lékvágás esetében jóval drágábbak voltak (21.a ábra). Az anyaállománynak erre a korszakra számított értéknövedékében (vagyis a kamatban) ugyanakkor nem volt lényeges különbség a kétféle felújítási mód között (21.b ábra). Az átlagosnál valamivel jobban jövedelmezett a 4., az 5. és a 6. parcella anyaállománya.

21.ábra Az ápolások és pótlások költsége egy hektár vágásterületre vetítve (a), valamint az anyaállomány értéknövedéke (kamatban kifejezve, b) lékvágás ill. egyenletes bontás esetén a 2002-2007. közötti időszakra vonatkozóan. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál.

21.a ábra



21.b ábra



6. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

6.1. Az anyaállomány növekedése

6.1.1. Az anyaállomány fatermése

Az egyenletesen megbontott ill. a lékvágással felújított parcellák anyaállományának növekedési sajátságai alapvetően különböztek. Különösen szembetűnő ez a kocsánytalan tölgy esetében. Bár a növedék a kiindulási fatérfogathoz viszonyítva a parcella szintjén nagyjából megegyezett, egyenletes bontás esetében ugyanaz a növedék jóval kevesebb fára rakódott, azaz az egyes faegyedek növekedése jóval erőteljesebb volt. A jelenség következménye, hogy lékvágásnál gyengébb minőségű egyedekre is jelentős mennyiségű növedék rakódhat. Egyenletes bontásnál ráadásul a kocsánytalan tölgy mellékállomány fatérfogata is magasabb volt.

6. kép A léktől északi irányban a kocsánytalan tölgyek erőteljesen fattyúhajtásosodtak. A képen (a törzstől balra) néhány, a felújítás megkezdése előtti vaskos fattyúhajtás is látható.

Lékvágás esetén a növedék elsősorban a lékszéli fákra rakódott. Ezek a faegyedek vannak ugyanakkor leginkább kitéve a fattyúhajtásosodás veszélyének. Bár a faállomány minőségére vonatkozóan kvantitatív mintavételt nem végeztem, szemrevételezésem alapján úgy találtam, hogy a léktől északra, a léket szegélyező kocsánytalan tölgy faegyedek törzsük jelentős részén erőteljes fattyúhajtásokat képeztek, amelyek átmérője a hajtás alapjánál elérhette akár az 5 cm-t is (6. kép). A léktől nyugatra ill. keletre a fattyúhajtásosodás valamivel kisebb erélyűnek tűnt, de még mindig jelentős volt. A legcsekélyebb mértékben a léktől délre elhelyezkedő kocsánytalan tölgy faegyedek képeztek fattyúhajtásokat. Az egyenletesen megbontott

parcellák kocsánytalan tölgyei főként csak a második bontást követően kezdtek fattyúhajtásokat növeszteni, így ezek átmérője a hajtás alapjánál az esetek túlnyomó többségében 0,5 cm alatti volt.

Tapasztalatom szerint tehát a fattyúhajtásosodás mértéke a fényviszonyokkal igen jól magyarázható volt. (Nem véletlen, hogy a kocsánytalan tölgyet subában kell nevelni /Fekete 1888/…). A legtöbb közvetlen napfényt ugyanis a léket északi irányból szegélyező törzsek kapják (Mihók et al. 2005).

A fattyúhajtásosodást azonban a koronaméretek is befolyásolhatták. Ha ugyanis a korona a kívánatosnál kisebb, az elősegítheti a fattyúhajtások képzését (Majer 1967b, Béky 1989). Azt azonban sem Majer (1967b), sem Béky (1989) nem említi, hogy pontosan mekkora a „kívánatos korona". Szappanos (1967c) a javafák megfelelő növekedéséhez szükséges koronaméreteket definiálja (a „megfelelő növekedést" azonban nem számszerűsíti). Megállapítható tehát, hogy a fattyúhajtásosodás és a koronaméretek közötti összefüggés ismerete empírikus jellegű, adatokkal kellő mértékben nem alátámasztott. A kiindulási állapotban azonban a mellmagassági és a koronaátmérő aránya az egyes parcellákra vonatkozóan átlagosan többé-kevésbé megegyezett (7. táblázat), így a fattyúhajtásosodás eltérő mértéke nem a koronák eltérő méretére vezethető vissza. Megjegyzendő tovább, hogy az arány a legtöbb esetben átlagosan megközelítette ill. elérte a Szappanos (1967c) által kedvezőnek ítélt 18-as alsó küszöböt.

7. táblázat A kocsánytalan tölgy faegyedek koronaátmérőjének és mellmagassági átmérőjének aránya 2002-ben. Az oszlopok fejlécében a parcellák számai láthatók. r: a korona- és a mellmagassági átmérő átlagos aránya; s: az előbbi szórása.

	1	2	3	4	5	6	7
r	16,4	18,3	18,4	17,3	17,8	17,5	18,7
s	2,6	3,1	3,9	3,0	3,7	4,0	3,2

Annak ellenére tehát, hogy a fattyúhajtásosodás kvantitatív vizsgálatát nem végeztem el, igen nagy biztonsággal állítható, hogy a lékvágás a faállomány minőségét nagyobb mértékben rontja az egyenletes bontáshoz képest. Ez egyrészt a lékszéli fák fattyúhajtásosodására, másfelől arra vezethető vissza, hogy a lékvágás (egy fahossznyi kör alakú lék vágása) az egyenletes bontáshoz képest kisebb mértékben teszi lehetővé javafák kiválogatását, így a növedék gyengébb minőségű egyedekre is rakódik. Figyelembe kell venni azonban, hogy – amennyiben a lék-környéki faállományt is megbontják – a lékvágás mellett is nagyobb mértékű mesterséges szelektálást lehet végezni. (Ekkor azonban valójában már nem a klasszikus lékvágásról beszélünk, ld. a lék fogalmát a 2.4.2. alfejezetben). Az is igaz továbbá,

hogy az egyenletes bontás sem teszi feltétlenül lehetővé a legjobb minőségű egyedek kiválogatását, hiszen azok térbeli elhelyezkedése sem feltétlenül egyenletes (Kató 1989). Ez a technológia ennek ellenére nagyobb lehetőséget teremt a szelektálásra a sablonos, egy fahossznyi lék vágásához képest, hiszen utóbbi esetben a lékek közötti faállományban semmiféle beavatkozás nem történik.

Az adatok értékelése során nem szabad megfeledkezni arról sem, hogy az anyaállomány a felújítás kezdetén még a növedékfokozó gyérítések korában volt. Ebben a korban pedig a kocsánytalan tölgy hajlamosabb a fattyúhajtás-képzésre a felújítási korhoz képest (Szappanos 1987b). Tapasztalataim tehát indikatív értékűek, de további mélyebb vizsgálódást igényelnek.

A léktől északi, valamint keleti irányban lévő faegyedek növedéktöbblete vélhetően arra vezethető vissza, hogy ezek koronái (asszimiláló felületei) nőttek a legnagyobb mértékben a lékbe déli ill. nyugati irányban. A nyugati irányban tapasztalt növedéktöbblet hasonló módon magyarázható azzal a különbséggel, hogy ezek a fák nem elsősorban a lék felé nőttek. Az eredmények alapján feltételezhető, hogy a koronák déli ill. nyugati irányú növekedése volt a kocsánytalan tölgyek növekedése számára a leginkább kedvező, hiszen az egyenletesen megbontott parcellák kocsánytalan tölgyei is a legtöbb esetben ezekben az irányokban nyúltak meg leginkább (8.a,b ábrák, ld. még 6.1.2. alfejezet).

A fentiek alapján adódik az a következtetés, hogy az alkalmazott lékvágási technológia fatermési szempontból kedvezőtlenebb az egyenletes bontáshoz képest. A következtetés ellen lehet vetni, hogy az túl rövid vizsgálati soron alapszik, ill. egykorú faállományban vágott lékekre vonatkozik. Ezek az ellenvetések azonban nem állják meg a helyüket teljes mértékben. Egyfelől a meglévő adatok alapján már elég jól jósolhatók a lehetséges jövőbeni folyamatok:

- Az egyenletesen megbontott parcellákban a második ill. az esetlegesen azt követő bontások után az anyaállomány egyes egyedei az eddigiekhez képest még nagyobb ütemben fognak növekedni (Szappanos 1967b, Béky 1989, Béky 1997, Béky és Somogyi 1999), míg végül végvágásra kerülnek. Feltételezhető, hogy az erdőművelő már csak az újulat növekedése miatt sem fog túl sokáig késlekedni a végvágással, így az anyaállomány túlzott mértékű fattyúhajtásosodása nem várható.
- A lékvágást elvben két módon lehetne folytatni: vagy újabb lékeket lehetne nyitni, vagy a meglévőket tágítani. Mindkét esetben azonban hátrány, hogy a növedék sok esetben éppen azokra az egyedekre fog rakódni, amelyek minőségét a fattyúhajtások leginkább rontják. A jó minőségű egyedek kiszelektálása később is korlátozottabb marad az egyenletes bontáshoz képest, hiszen adott helyről vagy minden egyedet

kivágnak, vagy egyet sem (szemben az egyenletes bontással, ahol a különböző minőségű egyedek feltételezett, néhány egyedből álló csoportokban való elhelyezkedése ellenére a „jó csoportok” egy részéből lehet javafát választani). Később pedig feltételezhetően a befalazódás fog nagyobb veszélyt jelenteni (ld. a 2.2.3.5. alfejezetet).

Másfelől elképzelhető ugyan, hogy megfelelő szerkezetű, vegyeskorú erdőben vágott lék esetében a faegyedeknek az egykorú erdőhöz viszonyítva terebélyesebb koronája gátolja a fattyúhajtásosodást, de ezt a feltételezést további kutatással kellene igazolni.

6.1.2. A koronavetületek megváltozása

A koronák aszimmetrikus növekedését az idézhette elő, hogy a koronák többi részéhez képest a déli nyilvánvalóan energiatöbblethez jut (ld. pl. a Péczely /1998/ által közölt adatokat). A hatást csak fokozza, hogy a faállomány enyhe déli-délnyugati lejtőn található, ami által az egyes fák koronái dél felől még több sugárzást kaphattak. Az azonban már kevésbé érthető, hogy a nyugati koronák miért növekedtek erőteljesebben a keletihez képest. Ehhez részben hozzájárulhatott a délnyugati kitettség (aminek következtében a nyugatról jövő napfény földfelszínnel bezárt szöge a keleti napfény földfelszínnel bezárt szögéhez képest jobban közelíti a derékszöget, így egységnyi felületre energiatöbblet jut), másrészt elképzelhető az is, hogy a kocsánytalan tölgy fotoszintézise számára a melegebb délután alkalmával kapott napsütés kedvezőbb a hűvösebb reggel, délelőtt alkalmával kapotthoz képest. Ezt az állítást azonban nehéz volna igazolni, hiszen a fotoszintézist egyidejűleg számtalan tényező befolyásolja (Kramer és Kozlowski 1979 cit. Collet et al. 1998).

A lékvágás a lék-környéki faegyedek számára nagyobb növőteret biztosított az egyenletes bontáshoz képest. Míg azonban egyenletes bontás esetében adott fa koronájának növekedése mesterségesen nem irányított, addig lékvágásnál azt várnánk, hogy a lékszéli fák elsősorban a lék irányába növekednek. Az eredmények azonban ezt a feltételezést cáfolják.

Levonható tehát az a következtetés, hogy a Nap beesési szögének ill. járásának hatása jóval erőteljesebben hat a kocsánytalan tölgy koronáinak növekedésére a rendelkezésre álló növőtér nagyságához képest. A léktől északi irányban lévő faegyedeknek nyilván kedvezőbb volt a léknyitás, mint akár a léktől más irányban elhelyezkedőknek, akár az egyenletes bontás által érintetteknek, hiszen növőterük kedvező irányban („a Nap felé”) nőtt meg. A léktől a többi irányban lévő faegyed azonban nem elsősorban a lék felé, hanem ugyancsak a déli irányban nyúlt meg, de kevésbé, mint az egyenletes bontás kocsánytalan tölgyei.

Ha tehát az erdőművelő elő akarja segíteni a kocsánytalan tölgyek asszimiláló felületének emelkedését, azt kelet-nyugati irányban elnyújtott lékekkel lehet a leginkább elérni (délies kitettség esetén). Természetesen a felújítás során nem az asszimiláló felület növelése az elsődleges cél, számtalan egyéb tényezőt is figyelembe kell venni (így pl. az újulat megmaradását és növekedését, a gyomosodás mértékét stb.).

Az adatok azt jelzik, hogy mind a kocsánytalan tölgy, mind a csertölgy koronája a faállomány kora ellenére nagymértékben plasztikus volt a vizsgált erdőrészletben. Az eredmények tehát ellentmondanak annak az általánosan elterjedt nézetnek, miszerint a kocsánytalan tölgy koronájának visszaszerző képessége idősebb korában (a törzskiválasztó gyérítéseket követően) már csekély (Szappanos 1967c). Figyelembe veendő azonban, hogy az eddigi tapasztalatok főként a hagyományos vágásos gazdálkodásra vonatkoztak (pl. Longuetaud et al. 2008).

A kocsánytalan tölgy koronájának plasztikussága erdőművelési szempontból kiemelt jelentőségű. Napjaink törekvése ugyanis vegyeskorú faállományok létrehozása. A vegyeskorú erdők szerkezeti sajátságai pedig egyes feltételezések szerint a légtér jobb kihasználását (a fotoszintetizáló lombkorona felület növekedését), ezáltal pedig nagyobb tömegű szerves anyag produkciót tesznek lehetővé (pl. Krutzsch 1952, Jablánczy 1956a). Ennek feltétele azonban a megfelelően plasztikus korona. Bár a jelen kutatás eredményei sejtetik, hogy a kocsánytalan tölgy koronája a vártnál jóval plasztikusabb is lehet, általános érvényű következtetésekhez szélesebb körű vizsgálat lenne szükséges. Tanulmányozni kellene továbbá – különösen lékvágás esetében – az aszimmetrikus koronának a faanyag minőségére gyakorolt hatását is.

6.2. Az újulat mennyiségi változásai és magassági növekedése

6.2.1. A kocsánytalan tölgy és az elegyfafajok megtelepedése a felújítás megkezdése előtt

Az eredmények jól jelzik, mennyivel jobb versenyképességűek a gyakran és bőven termő, csemetekorban kezdetben árnytűrő magas kőris (Emborg 1998) ill. a gyertyán a kocsánytalan tölgyhöz képest. A magas kőris esetében az említett tulajdonságok teszik lehetővé, hogy már a kocsánytalan tölgy makktermését ill. a felújítás megkezdését megelőzően még olyan parcella esetében is nagyszámú csemete forduljon elő, amelyben anyafa nem található. A jelenség bükkösök esetében már jól ismert (pl. Emborg et al. 1996, Diekmann et al. 1999). A vizsgált erdőrészletben a magas kőris magas vitalitásában klimatikus tényezők is szerepet

játszhattak, hiszen az erdőrészlet feltehetően a gyertyános-tölgyes és a bükkös klíma határán található.

A gyertyán árnytűrése a magas kőrishez képest kevésbé egyértelmű. Egyes megfigyelések (Borsos 1953) szerint ugyanis az egészen fiatal gyertyán magoncok fény hiányában elpusztulhatnak. A gyertyán ezért elsősorban az anyaállomány megbontását követően tudott megtelepedni részben az átfekvő, részben a közvetlenül a bontás előtti évben termő magjaiból.

6.2.2. Az első bontás ill. a lékvágás utáni fokozott újulatpusztulás lehetséges okai

A kocsánytalan tölgy és a magas kőris egyedszámának csökkenése az anyaállomány megbontását ill. a lékvágást követően valószínűleg a 2003. évi rendkívüli aszállyal hozható összefüggésbe. Emellett természetesen az élőhely fakitermeléssel együttjáró bolygatása és az időjárás (a „mikroklíma") és egyéb termőhelyi tényezők kis térléptékben való megváltozása is hozzájárulhatott a csemeték fokozottabb mértékű pusztulásához. Így például a direkt besugárzás mértékének emelkedése, a talaj erőteljesebb nappali felmelegedése és éjszakai lehűlése, a levegő páratartalmának megváltozása stb. is kedvezőtlenül befolyásolhatta az újulat megmaradását (ld. a 2.5.1. alfejezetet).

6.2.3. Az első bontást ill. a lékvágást követő makktermésből származó újulat megtelepedése

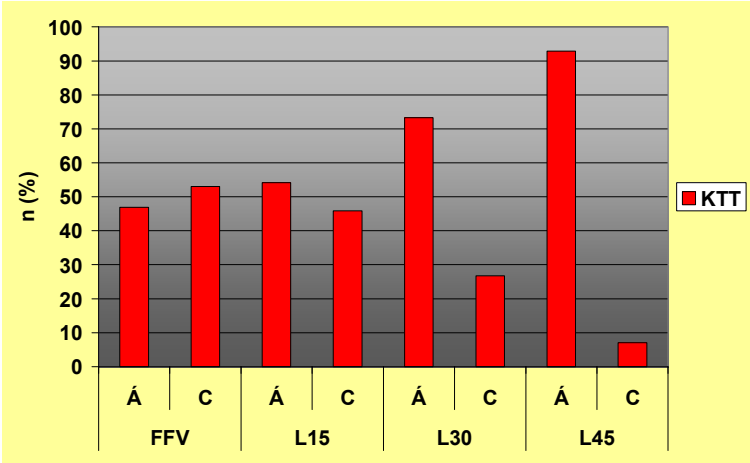
Az egyenletes bontást követően a lazábban álló koronák fénytöbblethez, az egyes törzsek nedvességtöbblethez jutnak, aminek következtében a kocsánytalan tölgy makktermése fokozódik (Szappanos 1967b, Mátyás 1961, 1962). Ez a hatás lékvágás esetében értelemszerűen kevésbé érvényesülhetett. Érthető tehát, hogy legnagyobb mértékben az egyenletesen megbontott parcellákban nőtt a csemeteszám a 2006. évi makktermést követően.

Az eredményekből ugyanakkor az is sejthető, hogy már az egy fahossz is túlságosan nagy lékméret ahhoz, hogy megfelelően beszóródjék makkal. (Elképzelhető emellett, hogy az esetlegesen lékbe hulló makkok a dús növényzetben gyengébben csíráztak. A terepen azonban erre utaló jelet nem találtam.)

Mihók et al. (2005) szubmontán bükkösben végzett kutatása szintén hasonló eredményre vezetett. A kisebb súlyú bükkmakk is nehezen jutott el a 35-40 m-es átmérőjű lék közepére bőséges termést követően. Hasonló eredményre vezetett egy farkaserdei gyertyános-tölgyesben végzett kísérletünk is (Tobisch 2007b). Míg a 15 m-es (azaz kb. fél fahossznyi)

lékek közepe „könnyedén”, addig a 30 m-es lékeké már jóval nehezebben, míg a 45 m-es lékeké egyáltalán nem szóródott be makkal a bő termés után (22. ábra).

22. ábra A kocsánytalan tölgy újulat százalékos megoszlása egyenletesen megbontott (50 % záródásra; FFV) ill. lékvágással érintett (különböző átmérőjű, kör alakú lékek; L) parcellákban bő makktermést követően egy farkaserdei gyertyános-tölgyesben. A szám- és betűkombinációk jelzik a felújítás módját (utóbbiak a lék m-ben kifejezett átmérőjére utalnak). Á: a parcella széle (lékvágásnál a környező zárt faállomány alatt!); C: a parcella (lékvágásnál a lék) közepe. A 30 m-es lékek alig, a 45 m-esek gyakorlatilag nem szóródtak be makkal. Forrás: Tobisch (2007b).



A hazai eredmények alapján tehát az a következtetés vonható le, hogy kb. egy fahossznyi (vagy nagyobb), kör alakú lék vágása esetében a vágást követő makktermések már kevésbé állíthatók a felújítás szolgálatába az egyenletes bontáshoz képest. Két tényezőt azonban figyelembe kell vennünk. Egyfelől a lék szélére nyilván jut felújítás szolgálatába állítható makk (ld. Tobisch 2007b). Másfelől lékvágással a felújítási idő meghosszabbítható, így több idő van arra, hogy későbbi makktermésekből újabb csemeték telepedjenek meg. Azt gondolhatnánk tehát, hogy ez a két tényező a lékvágás javára billenti a mérleget. Ez azonban nem lenne helytálló. Az első tényezővel kapcsolatban elegendő arra gondolnunk, hogy a lék közepére a széllel terjedő elegyfafajok (kőris, gyertyán, kecskefűz) sokkal könnyebben eljutnak, és bőven túlnövik akár a kocsánytalan tölgyet, akár a bükköt, legyenek ez utóbbiak a lék közepén vagy szélén. Az eddigi vizsgálatok (Mihók et al. 2005, Tobisch 2007b), valamint a jelen kutatás eredményei szerint ugyanis az elegyfafajok (a főfafajokhoz hasonlóan) a lék közepén növekednek a leggyorsabban (ráadásul a magas kőris mind a kocsánytalan tölgyhöz, mind a bükkhöz képest már a léknyitás ill. –nyílás előtt előnyhöz jut). A második tényező, a felújítási idő meghosszabbítása, pedig nemcsak újabb csemeték megtelepedésére, hanem a vágásterület elgyomosodására is hagy időt, ami a későbbi felújulást jelentősen megnehezítheti. Hangsúlyozandó, hogy az eszmefuttatás a legalább egy fahossznyi kör alakú lékekre ill. a vizsgált termőhelyi viszonyokra vonatkozik.

6.2.4. A kocsánytalan tölgy csemeték megmaradását és növekedését korlátozó tényezők

Az alkalmazott lékmérettel a kocsánytalan tölgy csemeték megmaradásához és töretlen növekedéséhez szükséges fény- és nedvességviszonyokat biztosítani lehetett, amint azt a fél méternél magasabb csemeték 2007. évi száma bizonyítja (7. kép). Levonható tehát az a következtetés, hogy – eltekintve az első, rendkívül aszályos évtől – a kocsánytalan tölgy újulat túlélését ill. növekedését a lékekben nem elsősorban termőhelyi tényezők (abiotikus kontroll), hanem a vegetáció (ideértve az elegyfafajok újulatát is) konkurenciája limitálta (biotikus kontroll).

7. kép A kocsánytalan tölgy csemeték megmaradásához és növekedéséhez szükséges fény- és nedvességviszonyokat a vizsgált termőhelyen egy fahossznyi kör alakú lékekkel biztosítani lehetett. A kép a felújítás ötödik évében készült az egyik kerített lékben. A letűzött karó hossza 120 cm.

Azt, hogy a kocsánytalan tölgy megmaradásához ill. növekedéséhez szükséges fény- és nedvességviszonyokat lékvágással biztosítani lehet, külföldön már korábban igazolták (Pigott 1983, Lüpke 1998, Nicolini et al. 2000). Számos hazai (nem adatokon nyugvó!) megfigyelés ugyancsak ezt támasztja alá. Magam is jártam az ún. Madárerdőben Mátrafüred közelében ill. több más cseres- és gyertyános-tölgyesben Gyöngyössolymos községhatárban, ahol a kocsánytalan tölgy szemmel láthatóan fel tudott újulni egy viszonylag kisméretű (0,5-1 fahossz) lékben is (8. kép).

8. kép Kocsánytalan tölgy spontán lékben való felújulása Mátrafüred közelében egy kocsánytalan tölgyes faállományban. A spontán felújulási folyamatok még nincsenek kellő mértékben a termőhellyel ill. a faállományszerkezeti viszonyokkal összefüggésbe hozva. Fotó: Csóka György.

Fontos azonban ismételten hangsúlyozni a termőhely jelentőségét. Ahogy az már a Bevezetőből is kiderült a külföldön a hazaitól teljesen eltérő termőhelyi körülmények között, lényegesen különböző társulásban szerzett tapasztalatok (ilyenek a feljebb említettek is) legfeljebb elméleti jelentőségűek a hazai erdőművelésre vonatkozólag. A hazai megfigyelések pedig nincsenek még kellő mértékben a termőhellyel ill. a faállomány-szerkezeti viszonyokkal összefüggésbe hozva. (Saját benyomásom szerint például gyertyános-tölgyesben csak viszonylag savanyú termőhelyen tudott a kocsánytalan tölgy spontán felújulni, ahol a gyertyán vitalitását a savanyúság csökkentette). Az itt bemutatott kutatás jelentősége tehát abban van, hogy a konkrét, az újulatra valamint a termőhelyre vonatkozó adatok árnyalt, objektív értékelést tesznek lehetővé.

Az újulat adatai, valamint a botanikai adatok alapján feltételezhető, hogy a 2. lékben főként a szeder, kisebb mértékben a magas kőris, a 3. lékben főként a magas kőris, kisebb mértékben a szeder, a 7. lékben pedig főként a siskanád (átlagos borítása 2005-ben 33 %), kisebb mértékben a szeder korlátozta a kocsánytalan tölgy újulat megmaradását és növekedését a 2003-2005. közötti időszakban. Az említett fajok mellett természetesen számos egyéb faj (főként a magas növésű lágyszárúak: *Atropa bella-donna, Cirsium spp., Eupatorium cannabinum, Solidago spp*., *Urtica dioica* stb.) is nagymértékben gátolhatták a csemeték megmaradását ill. növekedését.

A szedernek a felújítást gátló hatása köztudott. Az viszont talán kevésbé, hogy nemcsak sűrű levélzetének árnyalása, valamint a szederindák általi „fizikai fojtás” (ránövés) veszélyezteti a kocsánytalan tölgy újulatot (Harmer et al. 2005), hanem a lebomló szeder levelek is visszavethetik a növekedést (Humphrey és Swaine 1997 cit. Harmer et al. 2005). Az

elmondottakat kocsányos tölgy esetében figyelték meg, de feltehetően kocsánytalan tölgyre is igazak az említett jelenségek.

Egyes – szintén kocsányos tölgyre vonatkozó – tapasztalatok szerint az újulat képes a szeder alól is kinőni (Evans 1988 cit. Harmer et al. 2005). Hamer et al. (2005) azonban saját adataira, valamint más vizsgálatokra (Linhart és Whelan 1980, Everard 1987 cit. Harmer et al. 2005) hivatkozva ezt az esetet kivételesnek tekinti. Véleményét később Harmer és Morgan (2007) megfigyelése is megerősítette. Jelen kutatás eredményeit tanulmányozva magam ugyancsak lehetetlennek tartom, hogy az erdőrészlet lékjeiben a kocsánytalan tölgy – ápolás nélkül – a szeder fölé tudjon nőni.

A magas kőris és a kocsánytalan tölgy közötti versengés kevésbé ismert (legalábbis adatokkal alátámasztottan). Bükkösök esetében az általánosan elterjedt modell szerint a lékben zajló, ún. mikroszukcesszió során először a magas kőris kerül fölénybe, de alóla az árnytűrő bükk nem pusztul ki (Freist 1990, Emborg 1998). Ezt követően a bükk lassan felváltja a magas kőrist (Maurer 1963, Otto 1994, Emborg 1996 cit. Emborg 1998).

Feltehető, hogy a fényigényesebb kocsánytalan tölgy a magas kőrist jóval nehezebben tudná kiszorítani. A témával kapcsolatos Peterken és Jones (1987) hosszúlejáratú (40 év!), elegyes (bükk, kocsánytalan tölgy, magas kőris, kislevelű hárs, nagylevelű hárs) lomberdőben végzett vizsgálata, amely szerint a spontán keletkező lékekben a kis- és nagylevelű hárs és a magas kőris voltak a legsikeresebbek. (Figyelembe veendő, hogy Angliában a kocsánytalan tölgy megmaradását ill. növekedését a fény limitálhatja szemben a hazai körülményekkel, ld. a 2.2.3.2. alfejezetet).

Nagyobb térléptékben Hofmeister et al. (2004) tanulmányozta a kocsánytalan ill. kocsányos tölgy és a magas kőris közötti versengést. Eredményei alapján arra a következtetésre jutott, hogy az általuk vizsgált erdőkben a magas kőris terjedése természetes folyamat, mivel kompetíciós képessége – megfelelő tápanyag-ellátottság esetén – a kocsánytalan tölgyét jóval felülmúlja.

Számolni kell ugyanakkor azzal is, hogy nem feltétlenül gyertyános-tölgyesnek kellene a vizsgált termőhelyen tenyésznie, hanem bükkösnek (ld. a 2.4.3. és a 3.1. alfejezeteket). Ebben az esetben érthető, hogy a természetes dinamikai folyamatok nem kedveznek a kocsánytalan tölgynek.

A siskanád a felújítást szintén nagyon megnehezítheti. A témában Magyar (1933a) publikált részletesebben részben saját adatai alapján. *„Tömött gyökérzete, valamint többé-kevésbé vastag réteget alkotó durva, igen nehezen korhadó, merev levél- és származadványai egyrészt megakadályozzák az új csemeték megtelepedését, másrészt gátolják a talaj szellőzését, a*

csapadék lejutását, s ezáltal elősegítik a talaj kiszáradását. Bizonyos, hogy a Calamagrostis között alig találunk újulatot."

A legkedvezőbb adottságú a 4. és az 5. lék volt, amelyekben részint gyengébb volt a konkurencia (legalábbis 2005-ig, később azonban ezek a lékek is erőteljesen elszedresedtek, 20.d, 20.h ábra), részint bőséges volt az újulat mennyisége is (10.a-b ábrák). Ennek köszönhető, hogy 2007-ben ezekben a lékekben fordult elő a legtöbb fél méternél magasabb csemete (12.c ábra).

6.2.5. Az ápolások szükségessége

A fél méter alatti ill. afölötti csemeték számának ill. magasságának időbeli változása azt jelzi, hogy a rendszeres ápolás a sikeres felújítás érdekében a vizsgált lékekben elengedhetetlen. Ápolások nélkül az összes lékben az elegyfafajok (és a szeder) elnyomták volna a kocsánytalan tölgyet (9. kép). Mind az egyedszám (fél méter feletti csemeték), mind a magasság adatokból világosan kivehető, hogy egyenletes bontás esetében az elegyfafajok konkurenciája jóval kisebb mértékű (12.a-b, 14.a-c ábrák).

9. kép A 3. parcella újulata a léken belül 2007. nyarán. A képen a hegyi szil 2-3 m-es csemetéi láthatók. Az ápolások során a hegyi szil újulatot kímélték, ezért nőhetett jóval a kocsánytalan tölgy fölé.

A magas kőris újulat növekedése során egyre inkább fényigényessé válik (Boysen Jensen 1929 cit. Einhorn et al. 2004, Beck és Göttsche 1976). Az adatok sejtetik, hogy a lék-környéki zárt faállományban ez okozhatta a gyertyán csemeték gyorsabb növekedését a magas kőris

csemetékhez képest. A magas kőris ill. a gyertyán konkurenciája mérsékelhető, ha az anyafákat jóval a felújítás megkezdése előtt már eltávolítják (Fekete 1888). A túlzott mértékű bontás azonban könnyen az anyaállomány fattyúhajtásosodását idézheti elő, ill. ahhoz vezethet, hogy már a felújítás megkezdése előtt felverődjön a gyertyán újulat, ahogy ez a vizsgált erdőrészlet egyes helyein is megfigyelhető volt (1. kép).

Figyelembe kell venni ugyanakkor, hogy az ernyős módszer esetében a későbbi bontásokat, valamint a végvágást követően az elegyfafajok növekedési erélye nagymértékben emelkedni fog. A kocsánytalan tölgynek azonban kedvezőbb, ha a versengés a felújítás későbbi szakaszában éleződik ki, hiszen egyfelől a csemeteszám az első bontást követő makktermések miatt emelkedhet, másfelől az első bontásnál is már jelenlevő csemeték megerősödhetnek. Utóbbiak gyökérzete igen fejlett lehet magasságukhoz képest (ld. Szappanos 1967b). Ennek két előnye van. Egyrészt a Szappanos (1967b) és Tobisch (2008a) által közölt adatok bizonyítják, hogy a később felszabadított csemeték magassági növekedése erőteljesebb a korábban felszabadítottakéhoz képest, így a kocsánytalan tölgy újulat záródása és ezzel az elegyfafajok konkurenciájának mérséklődése a vágásterületen hamarabb következik be. Másrészt az erősebb gyökérzettel rendelkező csemeték feltételezhetően jobban túlélik a biotikus és abiotikus károkat (Harmer és Robertson 2003).

6.2.6. A vad hatása lékvágás esetében

A vadra leginkább a magas kőris volt érzékeny. A gyertyán visszaszerző képessége – közismert módon – jó, a vaddal szemben sokkal ellenállóbb. A kocsánytalan tölgy csemetéket a kerítetlen lékekben a nagytömegű, az újulatnál magasabbra növő fás- és lágyszárú vegetáció óvhatta meg a nagyobb mértékű vadkártól a 4. parcellában (10. kép). A növényzet védő hatása nélkül feltehetően a csemeték növekedését jelentősen visszavetette volna a vad, hiszen a kocsánytalan tölgy a magas kőrishez hasonlóan igen érzékeny a vadkárra (Gill 1992, Gill és Beardall 2001). Utóbbi esetében ez a hatás azért érvényesülhetett kevésbé, mert a csemeték a kocsánytalan tölgyhöz képest jobban kinőttek a védő vegetációból. A 7. parcellában vélhetően a felújítást nagymértékben megnehezítő siskanád elszaporodása miatt nem észlelhető ez a jelenség (ld. a 6.3. alfejezetet).

A vadkárt mérséklő növényzetből kiemelendő a szeder, mivel azt a vad előszeretettel fogyasztja. Ezt igazolják egyes, a vad táplálékpreferenciájával foglalkozó németországi kutatások (Fielitz és Albers 1996), ill. közvetetten egyéb megfigyelések (Kuiters és Slim 2002). A Nyugat-magyarországi Egyetem Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézetének kutatásai (NYME online ismertető) a hamvas szeder vonatkozásában ugyancsak ezt

támasztották alá. A Pilisben magam is tapasztaltam, hogy a kerítés önmagában, a faállomány megbontása nélkül is szedresedést idézhet elő.

A szeder kocsánytalan tölgy újulatot védő hatására nemzetközi szinten is felhívták már a figyelmet (Kelly 2002, Kuiters és Slim 2003). Hazai viszonylatban a bükk újulatra vonatkozóan Mihók et al. (2005) eredményei alapján feltételezte, hogy a lékekben tömegessé váló vegetációnak vadkár mérséklő hatása lehet. Sem a vad, sem a szeder felújításra gyakorolt hatását nem lehet tehát általánosságban, egyértelműen megítélni, mindkettő lehet pozitív és negatív, a termőhelytől ill. a vadlétszámtól függően.

10. kép A kerítetlen 4. lékben a kocsánytalan tölgyet a fás- és lágyszárú növényzet óvhatta meg a vadkártól. A képen a kocsánytalan tölgyet túlnövő gyertyán csemete vissza van rágva, a kocsánytalan tölgy viszont nincs.

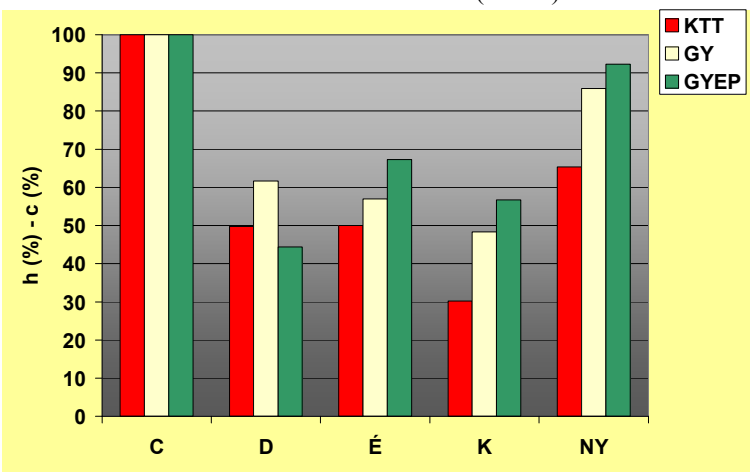
6.2.7. Az újulat növekedésének térbeli változatossága

A mintázatelemzés legfontosabb tanulsága, hogy mind a kocsánytalan tölgy, mind a magas kőris és a gyertyán a léken belül ugyanott találta meg a magassági növekedéshez szükséges optimális feltételeket. Feltételezhető tehát, hogy a jelen kutatás keretében vizsgált lékekben ugyanaz(ok) a tényező(k) korlátozhatták az említett három fafaj növekedését. Az viszont nem egyértelmű, hogy vissza lehet-e vezetni csupán egyetlen termőhelyi sajátosságra a tapasztalt jelenséget. Az optimális mikroélőhely topográfiai elhelyezkedése (a lék közepén ill. attól északra) sejteti, hogy a fény lehetett az egyik limitáló tényező, hiszen a lék északi része nyilván jóval erőteljesebben ill. hosszabban megvilágított a déli részhez képest (Collins és Pickett 1987, Mihók et al. 2005). Ha a talajnedvesség korlátozta volna a növekedést, a csemeték inkább a lék árnyékos, délies részein lettek volna magasabbak.

Nem lehet eltekinteni azonban a cserje- és gyepszint konkurenciájától (szeder, siskanád), ami szintén alapvetően befolyásolta az újulat növekedését. A botanikai vizsgálatok során azonban a léken belüli vegetáció mintázatában nem találtam ismétlődő, jól magyarázható inhomogenitást (ld. a 6.3.3. alfejezetet). Megemlítendő ugyanakkor, hogy egy farkaserdei kísérletünk (Tobisch 2007b) eredményei szerint a gyepszint borítása a léken belül a leginkább ott emelkedett, ahol mind a kocsánytalan tölgy, mind a gyertyán a leggyorsabban nőtt (23. ábra).

Az itt bemutatott kutatás fontos eredménye tehát, hogy a kocsánytalan tölgyet ill. a konkurens elegyfafajokat növekedési ütem tekintetében térben szétválasztani nem lehet. Ez ismét aláhúzza az ápolások szükségességét. Hasonló eredményre vezetett farkaserdei kísérletünk (Tobisch 2007b), valamint Mihók et al. (2005) szubmontán bükkösben végzett kutatása (ez utóbbi esetben a 35-40 m-es lékekben mind a bükk, mind a kecskefűz a lékek közepén nőtt a leggyorsabban). A kerítetlen lékekben valószínűleg a vad növekedést módosító hatása miatt nem lehetett hasonló jelenséget tapasztalni.

23. ábra A kocsánytalan tölgy és a gyertyán újulat növekedésének, valamint a gyomosodás mértékének térbeli mintázata farkaserdei gyertyános-tölgyesben vágott, 30 m átmérőjű lékekben. A diagram a maximum szerint standardizált adatokat ábrázolja. Az x tengelyen a léken belüli pozíciók (C: a lék központja, a többi betűjel a központhoz viszonyított helyzet), az y tengelyen az újulat esetében az átlagmagasság (h), a gyepszint esetében az összesített borítás (c) van feltüntetve standardizált skálán. A grafikonból leolvasható, hogy mindkét fafaj, valamint a gyepszint a lék központi és nyugati részén nő, ill. szaporodik el a leggyorsabban a vágást követő első két évben. Forrás: Tobisch (2007b).



6.2.8. Az újulat növekedése a lék-környéki zárt faállományban

A lékvágás hatása a lék-környéki zárt faállományban alig volt érzékelhető. Ennek oka feltehetően főként az anyaállomány erőteljes gyökérkonkurenciája ill. intercepciója (Szappanos 1967b). A léktől északi irányban a magas kőris esetében tapasztalható kissé gyorsabb növekedés a zárt faállomány alá jutó fénytöbblet következménye (Mihók et al. 2005, Ritter et al. 2005a).

6.3. *A cserje- és a gyepszint változása*

6.3.1. Az egyenletes bontás ill. a lékvágás hatására lejátszódó folyamatok jellege

A növényzetben lejátszódó folyamatok *jellegét* nem elsősorban a felújítás módja határozta meg, hanem feltételezhetően sokkal inkább a kiindulási faállomány-szerkezet ill. az azzal oksági viszonyban lévő aljnövényzet. Erre jó példát szolgáltat az 5. és a 6. parcella, amelynek faállomány-szerkezete és aljnövényzete a kiindulási állapotban igen hasonló volt.

Az anyaállomány megbontásának hatására kialakuló hirtelen forrásbőség új, mindaddig üres mikrohabitatok keletkezésével egyenértékű (ld. a 2.5.1. alfejezetet). Az ezekért folyó versenyben a gyors kolonizálásra specializálódott, de gyenge kompetíciós képességű, általában egy- ill. kétéves anemochor fajok törtek be, majd szorultak vissza egy-két éven belül (*Cirsium vulgare, Conyza canadensis, Erigeron annuus, Lactuca serriola, Polygonum hydropiper, Sonchus spp.*). Hasonló folyamatot írt le Papp és Précsényi (1980), valamint Papp (1984) cseres-kocsánytalan tölgyesre, Katona és Tóthmérész (1985) pedig szubmontán bükkösre vonatkozólag a tarvágást követően.

A lékvágás ill. az egyenletes bontás után fokozatosan elszaporodó fajok a vágástéri növényzetből jól ismertek (pl. Papp 1984, Katona és Tóthmérész 1985, Tóthmérész 1989, Csontos 1996, Baloghné et al. 2000, Csontos 2004). Túlnyomó többségük évelő. Terjedési stratégiáik változatosak: anemochor (pl. *Cirsium arvense*), epizoochor (pl. *Geum urbanum*), endozoochor (pl. *Rubus idaeus*) ill. vegetatívan terjedők (pl. *Calamagrostis epigeios*) egyaránt találhatók közöttük. A hivatkozott kutatásokat eltérő termőhelyi körülmények között végezték, ezért – is – lehetnek különbségek a vágástéri vegetációban. Ezek részletes értékelése azonban nem feladata jelen inkább erdőművelési vonatkozású disszertációnak. Elegendő annyit megjegyezni, hogy később (2005. és 2007. között) a felsorolt vágástéri fajok egy részének a borítása szintén csökkent feltehetően elsősorban a szeder terjedése miatt. Ápolások nélkül a szedresedés ill. ezeknek a fajoknak a visszaszorulása valószínűleg jóval drasztikusabb lett volna.

Az erdészeti beavatkozásokra leginkább a *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria officinalis*, és *Symphytum tuberosum* voltak érzékenyek. A tapasztalt jelenségből azonban nem lehet általános érvényű következtetést levonni arra vonatkozólag, mi tette az említett három fajt különösen érzékennyé. Nincs ugyanis olyan közös sajátosságuk, ami megkülönböztetné ezeket a többi, eltérő dinamikájú fajtól.

6.3.2. A vágásterület gyomosodása

6.3.2.1. Általános megállapítások

A botanikai vizsgálatok eredményei szerint a vizsgált termőhelyi körülmények között az alkalmazott lékmérettel és -alakkal a vágásterület erőteljes gyomosodását nem lehetett elkerülni. Ezzel szemben az egyenletes bontást követően a cserje- és gyepszint tömegességének emelkedése kisebb mérvű volt. Az eredmények tehát ellentmondanak előzetes várakozásaimnak. Egy bükkösökben európai léptékben végzett kutatás (Nat-Man projekt) eredményei szintén felhívták a figyelmet a lék gyomosodásának veszélyére (Rozenbergar és Diaci 2003).

11. kép A lékekben a szederrel csak a gyorsan növő elegyfafajok tudták felvenni a versenyt vertikálisan, azaz a szeder fölé nőve.

Feltételezhető, hogy a „jó” bükkös klímába hajló gyertyános-tölgyes klíma és az erdőrészlet hegylábi helyzete következményeként fellépő szivárgó víz elősegíthették a lékek túlzott mértékű nedvesedését, ezáltal gyomosodását, szedresedését. Ezt támasztja alá, hogy a lékekben számos nedvességjelző faj jelent meg ill. terjedt el. Közülük tömeges volt az *Eupatorium cannabinum*, *Juncus effusus* és az *Urtica dioica*. További nedvességjelzők (Borhidi /1995/ kategóriáit alapul véve) például: *Carex ovalis, Carex remota, Epilobium tetragonum, Festuca gigantea, Lysimachia nummularia, Lysimachia punctata, Ranunculus repens, Rumex sanguineus, Solidago gigantea, Stachys sylvatica*.

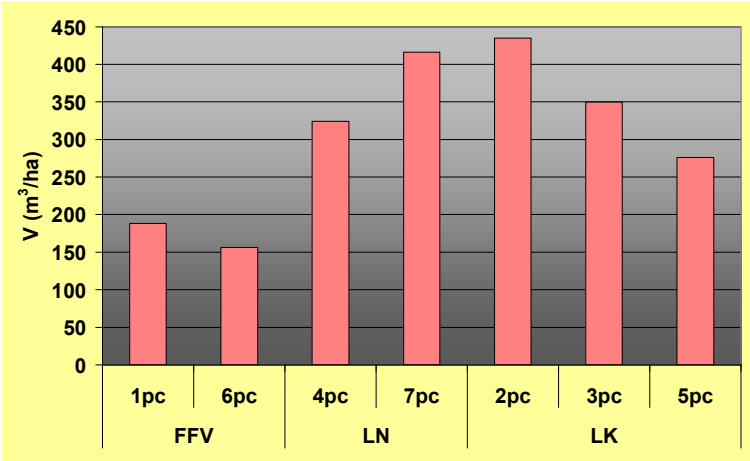
A kísérlet fontos tanulsága, hogy a léket szegélyező zárt faállományban a lékvágás hatása csupán kismértékben érvényesült. Eltérő termőhelyi és társulás viszonyok között hasonló

eredményre jutott Fahey és Puettmann (2008) is. A jelenség erdőművelési szempontból előnyös, hiszen a zárt faállományban is fellépő gyomosodás a felújítás későbbi folytatását tovább nehezítené.

6.3.2.2. Szedresedés

Az eredmények alapján nagy biztonsággal állítható, hogy a lékvágást követően a termőhelyben bekövetkező változások (nedvesség- és fénytöbblet, ld. a 2.5.1. alfejezetet) a lék teljes területén a szedernek biztosítottak kompetíciós előnyt az összes többi fajhoz viszonyítva a horizontális irányú versengésben. A szederrel csak a gyorsan növő fafajok tudták a versenyt felvenni, de azok is csupán vertikálisan, a szeder fölé nőve (11. kép).

24. ábra Az első bontás során kitermelt fák fatérfogata a különböző felújítási módok esetében felújítási területegységre vonatkoztatva. Lékvágásnál a térben koncentrált döntés és közelítés indirekt módon fokozhatta a szedresedést. Rövidítéseket ld. a 3. ábránál.



A termőhelyben a termelések hatására bekövetkezett változások eltérő mértékén kívül a lékeknek az egyenletesen megbontott parcellákhoz viszonyított nagyobb mértékű szedresedését elősegíthette az is, hogy a lékvágás során az egységnyi vágásterületre eső kitermelt fatérfogat jóval nagyobb volt az ernyős felújítóvágás első bontásához képest (24. ábra). Ennek következtében a lékek talaját erőteljesebb fizikai hatások érhették a döntések és közelítések során. A lékek valamint az egyenletesen megbontott parcellák közötti különbség a 2002-2003. évi termeléseket követően ránézésre is szembetűnő volt. Az előbbiek esetében az erőteljesebb bolygatás kedvezhetett a szedermagok nagyobb arányú csírázásának. A szeder magjai ugyanis mechanikai hatásokra csírázásnak indulhatnak (Collins és Pickett 1988 cit. Harmer et al. 2005).

2001. és 2005. között a lékek közül a legcsekélyebb mértékben az 5. számú gyomosodott el. Ebben szerepet játszhatott a bükksásnak már a kísérlet kezdetén is igen magas borítása (4.

táblázat). A bükksás ugyanis – bár átmenetileg szintén visszaszorult– megakadályozhatta újabb fajok nagymértékű elterjedését (2005. évi borítása 49 %). Később azonban a szedernek már ez a faj sem tudott ellenállni. A bükksás hatása a 6. parcellában hasonló lehetett azzal a különbséggel, hogy az egyenletes bontás hatására a gyomosodás eleve is gátolt volt (6.3.2.1. alfejezet). A hasonlóságra utal a magas korrelációs koefficiens (5.b táblázat), valamint az ordinációs diagramon a különböző parcellák mintavételi éveinek elhelyezkedése (19.b ábra).

A bükksásnak a lékvágást megelőző elterjedését mind az 5., mind a 6. parcellában feltételezhetően a második lombkorona szint hiánya segítette elő. A második lombkorona szintből a gyertyánt már jóval (a gyertyán fiatalos mérete alapján: 5 – 10 évvel) a felújítás megkezdése előtt kivágták (1. kép).

Az eredmények nem támasztják alá azt a közismert feltételezést, hogy a bükksás az újulat megtelepedését ill. növekedését komolyan veszélyezteti (Magyar 1933a). Az erőteljesen bükksásos 5. és 6. parcellában ugyanis igen nagy mennyiségben fordult elő az újulat már a kísérlet kezdetén, majd a későbbiekben az 5. parcellában töretlenül növekedett, valamint a 6. parcellában is – ahogy az a csemeteszám-változásokból kiolvasható – életképes maradt. A vizsgált erdőrészletben tehát a bükksás felújításra gyakorolt hatása inkább pozitívnak tűnik.

A bükksás kocsánytalan tölgy felújítást gátló hatására vonatkozó feltételezés az esetleges (de tudtommal nem publikált) terepi megfigyeléseken kívül Magyar Pál (1933a) vizsgálataira vezethető vissza. (Megjegyzendő, hogy Boda /1999/ konkrét terepi vizsgálata alapján a bükksásnak a bükk felújításra gyakorolt negatív hatásait taglalja az Erdészeti Lapokban megjelent cikkében). Magyar (1933a) szerint a bükksás egyfelől gyökérkonkurenciájával, másfelől sűrű szövedékének szigetelő hatásával veszélyezteti az újulatot. Utóbbi miatt a bükksás telepben jelentős mennyiségű avar halmozódhat fel, ami akadályozhatja a csemeték megtelepedését. Magyar (1933a) következtetését azonban nem idősoros elemzésre alapozta, hanem adott időpontban vizsgálta a gyepszint fajai borításának és az újulat darabszámának térbeli mintázatát, ráadásul nem csupán kifejezetten kocsánytalan tölgyes faállományokban. Eredményeit ezért véleményem szerint nem lehet gyertyános-tölgyeseinkre vonatkozóan általános érvényűnek tekinteni. Emellett ellentmondanak Magyar (1933a) eredményeinek Szappanos (1969b) megállapításai is. Szappanos (1969b) ugyanis úgy találta, hogy a *Carex pilosa* gyertyános-tölgyesben végvágás előtt a kocsánytalan tölgy újulat mortalitása hosszabb távon is csekély. A bükksás borításáról a mintavételi parcellákra vonatkozóan azonban nem közöl adatot, így csak közvetve cáfolja Magyar (1933a) állításait. Ennek ellenére „A tölgyek” c. könyvben így ír (281. oldal; Szappanos 1967a): *„A Carex pilosa szövedéke a gyérítésekkel nevelt állományok alatt nem tud annyira elszaporodni, hogy a csírázást és a kelést*

gyakorlatilag befolyásolná. A makk átteleléséhez ez a szövedék biztosítja az optimális körülményeket."

6.3.3. A gyepszint térbeli mintázata

Az anyaállomány oldalárnyalásának hatására a gyepszint mintázatában nem alakult ki térbeli rend, amely egy esetleges termőhelyi gradienst jelezhetett volna. Egy lehetséges magyarázat erre az lehet, hogy az ápolások előtti időszak túl rövid volt egy ilyen mintázat kialakulásához, majd később azt az ápolások akadályozták meg. Sokkal valószínűbb azonban, hogy ápolások nélkül előbb-utóbb az összes (kerített és nem kerített) lék nagymértékben elszedresedett volna, így a lékeken belül ismétlődő, rendezett térbeli mintázat nem alakult volna ki a későbbiekben sem.

Gálhidy et al. (2006) az általuk vizsgált bükkösben úgy találta, hogy már a lékvágást követő két év múlva észlelhető, hogy a lékekben kialakult inhomogén fény- és nedvességviszonyok a lágyszárúak térbeli eloszlását befolyásolja.

Az általam, valamint a Gálhidy et al. (2006) által végzett kutatás közötti különbségért felelőssé tehetők a lényegesen eltérő termőhelyi ill. faállományszerkezeti sajátságok. Mindamellett a kutatás módszertana is alapvetően eltérő. Gálhidy et al. (2006) az ún. direkt grádiens elemzéssel (Whittaker 1960, 1967 cit. Legendre és Legendre 1998) analóg módon dolgozta fel a botanikai adatokat, azaz a fénymérési eredmények segítségével készített hierarchikus klasszifikációt. A fajokat aszerint osztályozta, hogy a különböző megvilágítottságú helyeken mekkora borítással fordultak elő. Ennek során a különböző lékek adatait összevontan kezelte. A klasszifikációt követően megvizsgálta, hogy az egyes osztályokba sorolt fajok milyen mértékben korrelálnak az általa mért környezeti változókkal (megvilágítottság, talajnedvesség, csupasz talajfelszín). Jelen disszertációban bemutatott kutatás viszont indirekt gradiens elemzésnek felel meg (ter Braak és Prentice 1988 cit. Podani 1997). Azaz első lépésben azt vizsgáltam meg milyen a növényzet térbeli mintázata lékenként, majd ezt próbáltam összefüggésbe hozni esetleges háttérváltozókkal.

Feltételezhető, hogy az általam alkalmazott módszer kevésbé volt hatékony a Gálhidy et al. (2006) által alkalmazotthoz képest. Ennek oka, hogy Gálhidy et al. (2006) a sokváltozós elemzésbe többletinformációt tudott beépíteni (az egyes kvadrátokra jellemző fényviszonyokat), ami által az elemzés jóval hatékonyabbá válhatott. Ráadásul a fajok és a környezeti változók közötti kapcsolatot a fajok szintjén tanulmányozta, ami tovább növelte a módszer sikerességét.

Gálhidy et al. (2006) eredményei alapján valószínűsíthető, hogy a jelen vizsgálat esetében is befolyásolták a léken belüli inhomogén termőhelyi viszonyok a fajok térbeli eloszlását, csupán a módszer „durvasága” (sok faj együttes eloszlásának indirekt elemzése) nem tette lehetővé annak kimutatását.

Megjegyzendő azonban, hogy a Gálhidy et al. (2006) által, adott faj tömegessége és adott környezeti változó között számított korrelációs koefficiensek, bár sok esetben szignifikánsnak bizonyultak, gyakran igen alacsonyak (a közölt 25 koefficiensből 4 eset kivételével 0,4 alattiak) voltak. Nehezíti adatai értékelését, hogy csupán 13 fajra ad meg konkrét korrelációs koefficienst (de még ezeknél a fajoknál sem az összes mért környezeti változóra vonatkozóan). Sok esetben azt sem számszerűsíti, hogy adott fajcsoport fajai adott környezeti változóval pontosan hány esetben korreláltak szignifikánsan, ill. milyen volt a korrelációs koefficiensek eloszlása.

Erdőművelési vonatkozásban az aljnövényzet térbeli mintázatát értékelve elsősorban arra a kérdésre kell feleletet kapnunk, hogy az esetleges térbeli inhomogenitás kedvező-e az újulat növekedése számára. Mihók et al. (2005) valamint Gálhidy et al. (2006) vizsgálatai arra utalnak, hogy a lágyszárú szint borítása a léken belül ott emelkedik leginkább, ahol az újulat növekedése a leggyorsabb. Farkaserdei gyertyános-tölgyesben végzett kutatásunk (Tobisch 2007b) ugyanezt támasztja alá.

Ezek az eredmények ugyanakkor ellentmondanak Török (1997) állításának, miszerint az újulat és a vele konkuráló lágyszárú fajt a térben szét lehet választani. A különbség okait nehéz kideríteni, mivel Török (2006) nem közöl olyan adatokat, amelyek segítségével a gyepszint mintázata és az újulat növekedése közötti összefüggés elemezhető lenne. (Ez nem jelenti azt, hogy kétségbe vonom állításait, csupán a különbségek hátterében lévő okok kiderítésének nehézségére kívánok rámutatni.) Az eltérő termőhelyi tényezőktől eltekintve az egyik ok az lehet, hogy Török (1997) állítását az egyenlőtlen bontással kapcsolatban tette. Az egyenlőtlen bontásnak – legyen az pontból vagy vonalból kiinduló – ill. a lékvágásnak a talajnedvességre ill. a fényviszonyokra gyakorolt hatása a hatás mértékében különbözik (ld. a 2.5.1. alfejezetet). Az egyenlőtlen bontás ugyanis – a bontás erélyétől függően – jóval mérsékeltebb hatást gyakorolhat a termőhelyi tényezőkre.

6.3.4. A vad hatása lékvágás esetében

Részben a nagyvad legelésével függhet össze, hogy a kerítetlen lékekben különösen magas volt a 10 % fölötti mértékben elszaporodó fajok száma. A nagy versenyképességű fajok (főként a szeder) visszarágásával ugyanis a vad több faj számára tette lehetővé a viszonylag nagyobb mértékű elterjedést (bár a siskanádat a 7. parcellából a vad sem volt képes visszaszorítani). A legelés ehhez hasonló hatását eltérő körülmények között nemzetközi szinten már sokan bizonyították (pl. Kirby és Thomas 2000, Cooke és Farrell 2001, Horsley et al. 2003). A jelenséget kimondottan a szederrel kapcsolatban mutatta be Chatters és Sanderson (1994). A felújítás ötödik évére azonban már a legelés ellenére is nagymértékben elszedresedtek a kerítetlen lékek.

6.3.5. A felújítás jövőbeni folytatásának lehetséges hatásai

Az eredmények értékelésekor figyelembe kell venni, hogy a második ill. az esetleges későbbi bontások valamint a végvágás hatására az egyenletesen megbontott parcellák növényzete lényegesen át fog alakulni a jövőben. Így a gyomosodás (szedresedés) veszélye fokozódni fog, esetleg a lékek esetében tapasztaltnál nagyobb mértékben. Erre utalnak a hazai (Csontos 1996, 2004), és egyes külföldi (Harmer et al. 2005, Harmer és Morgan 2007) nem gyertyános-tölgyesben végzett vizsgálatok. A gyomosodás tehát a későbbiekben az ernyős felújítóvágás során is nehézséget fog jelenteni, mivel az újulat megmaradását és növekedését számottevően hátráltathatja (Harmer et al. 2005, Harmer és Morgan 2007).

Nem mindegy ugyanakkor, hogy a kocsánytalan tölgy újulatnak mennyi ideje van megerősödésre, ill. mennyi idő áll rendelkezésre ahhoz, hogy az első bontást követő makktermésekből újabb csemeték telepedjenek meg. Ha több idő áll rendelkezésére, a kocsánytalan tölgy újulat a későbbi gyomkonkurenciának már jobban ellen tud állni (ld. a 6.2.5. alfejezetet). Azt lehet tehát mondani, hogy a felújítás teljes időtartamára vonatkoztatva sem feltétlenül előnyösebb a lékvágás a gyomosodás tekintetében az egyenletes bontáshoz képest. A bemutatott eredmények inkább az egyenletes bontás javára billentik a mérleg nyelvét.

6.4. Ökonómiai vonatkozások

A felújítási módok pénzügyi vonatkozásai összhangban vannak az ökológiai sajátságokkal. A vágásterület erőteljes gyomosodása, a sikertelen pótlások és az első vágás utáni természetes megtelepedés hiánya a lékvágás költségeit ugrásszerűen megnövelték az egyenletes bontáshoz képest a felújítás első öt évében.

Figyelembe veendő, hogy az erdészeti gyakorlatban feltehetően mindkét felújítási módszer költségigénye kisebb lett volna, hiszen a levágott növényi anyagot elsősorban a kutatás céljai miatt távolították el a parcellákból. Az ápolások idő- és költségigénye közötti különbség mértékét ugyanakkor ez lényegesen nem módosította.

Az anyaállomány értéknövedékét nagymértékben befolyásolták az elegyfafajok. Míg ugyanis a kocsánytalan tölgy egyértelműen gyorsabban nőtt egyenletes bontás esetén, addig az elegyfafajok növekedése – értelemszerűen – a lékvágással érintett parcellákban volt erőteljesebb (hiszen onnan kisebb mértékben kerültek kitermelésre). Ez tehát részben kiegyenlíthette az egyenletes bontásnál tapasztalt gyorsabb kocsánytalan tölgy növekedés ökonómiai hozadékát. Az alkalmazott módszerekkel emiatt nem lehetett különbséget kimutatni a kétféle eljárással felújított parcellák anyaállományának értéknövedéke között.

A lékvágásos módszernél azonban az erdőrészletre való kivetítés során a lék-környéki faállomány túlreprezentált (ld. a 4.4.4. alfejezetet). Feltételezhető tehát, hogy – legalábbis az adott időszakban – az erdőrészlet szintjén az anyaállomány jobban teljesített ernyős felújítóvágás alkalmazása mellett. Megjegyzendő továbbá, hogy a fattyúhajtásosodás ökonómiai hatásával nem számoltam. Az eredmények ugyanakkor összességében azt sugallják, hogy az anyaállomány értéknövedékében az első öt év során kialakuló különbségek nem érik el az ápolások ill. pótlások költségei által előidézett eltérések nagyságrendjét.

A 4., az 5., és a 6. parcellának az átlagosnál kissé magasabb értéknövedéke a faállomány-szerkezetre vezethető vissza. A kiindulási állapotban ugyanis ezekben kiugróan magas volt az ipari fát szolgáltató kocsánytalan tölgy fatérfogata (3. ábra). A kocsánytalan tölgyben ugyancsak gazdag 1. parcella esetében ugyanakkor ez a hatás nem érvényesült. Ebben a parcellában ugyanis a felújítás kezdetén viszonylag nagy mennyiségben voltak elegyfafajok (3. ábra), amelyeknek egy részét már az első bontás alkalmával kitermelték, így nem növekedhettek sem fatérfogatban, sem értékben (4-5. ábrák). A másik három „tölgyesebb” parcellában vagy már a kiindulási állapotban sem volt számottevő mennyiségű elegyfafaj (5., 6.), vagy azok nagyobbik része nem került kitermelésre (4.), így a kamat magasabbá válhatott (12-13. egyenletek).

Az eredmények alapján feltételezhető, hogy ha a lékvágáson alapuló felújítást újabb, hasonló méretű és alakú lékek nyitásával folytatnák, akkor az a felújítás teljes időtartamára vonatkoztatva is jóval drágább volna a hagyományos módszerhez képest. A szükséges ápolások és pótlások költsége ugyanis az egyenletes bontáson alapuló fokozatos felújítóvágáshoz viszonyítva vélhetően magasabb volna, mint az anyaállomány növekedéséből keletkező esetleges bevételtöbblet. (Utóbbi a felújítási idő elnyújtásának a következménye lehet. Az anyaállománynak a jelenlegi vágáskornál idősebb korban keletkező értéknövedéke azonban egyelőre nem ismert kellő mértékben.) Az ernyős felújítóvágás során ugyanis több idő áll rendelkezésre az első bontást követő makktermésekből újabb csemeték megtelepedésére, az újulat megerősödésére és felkészülésére a gyomokkal való versengésre (ld. a 6.2.5. alfejezetet).

Ha a lékvágáson alapuló felújítást gyűrűs szegélyvágással kombinálják, akkor az előző bekezdésben foglaltak lényegesen módosulhatnak. A lékek szegélyét ugyanis a lékszéli fák könnyebben beszórják makkal, valamint a szegélyeken nagyobb az anyaállomány és kisebb a gyomok konkurenciája. Ezek a hatások a lékes módszer költségeit csökkenthetik.

7. A FŐBB EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA (TÉZISEK), HIPOTÉZISVIZSGÁLAT

7.1. Az anyaállomány fatérfogatának és minőségének változása

I. Az egyenletesen megbontott parcellák kocsánytalan tölgy faegyedei a lékvágással érintett parcellák kocsánytalan tölgy fáihoz képest gyorsabban növekedtek a felújítás első öt éve alatt. A faállomány szintjére meghatározott korszaki növedék ugyanakkor a kiindulási fatérfogathoz viszonyítva a két felújítási eljárás esetében közel megegyezett.

II. Lékvágásnál a növedék elsősorban a lékszéli faegyedekre rakódott (a jelenség – csökkenő mértékben – megfigyelhető volt a léktől északi, keleti és nyugati irányban).

III. Tapasztalatom szerint (nem kvantitatív vizsgálat!) a lékvágás a kocsánytalan tölgyek erőteljesebb fattyúhajtás-képződését idézte elő az egyenletes bontáshoz képest, különösen a lék északi részén. Ernyős felújítóvágásnál főként a második bontást követően jelentek meg a fattyúhajtások.

7.2. Az anyaállomány koronavetületének változása

IV. Mind egyenletes bontás, mind lékvágás esetében a koronák leginkább a déli ill. a nyugati irányokban nyúltak meg.

V. A kocsánytalan tölgy koronája meglepően plasztikus volt, akár 5,5 m-t is nőtt déli irányban. Lékvágás esetében a növekedés nem feltétlenül a lék irányában volt a legerőteljesebb.

7.3. Az újulat megtelepedése, megmaradása és magassági növekedése

VI. Az első bontást ill. a lékvágást követően számottevő mennyiségű (1-2 db/m^2) kocsánytalan tölgy újulat minden parcellából eltűnt feltételezhetően a 2003. évi aszály következtében. Később az egyenletesen megbontott parcellákban számos csemete telepedett meg természetes úton, a lékekben viszont ez alig vagy egyáltalán nem volt megfigyelhető.

VII. Az elegyfafajok konkurenciája a lékekben jóval erőteljesebb volt az egyenletesen megbontott parcellákhoz viszonyítva. A kerített lékekben ápolást követően egy éven belül az elegyfafajok átlagmagassága gyakran elérte vagy megközelítette az ápolás előtti átlagmagasságot.

VIII. A kocsánytalan tölgy újulat lékbeni megmaradását és növekedését biotikus tényezők (főként a magas kőris, a földi szeder és a siskanád elszaporodása) határozták meg elsősorban, a megmaradáshoz ill. töretlen növekedéshez szükséges fény- és nedvességviszonyokat ugyanakkor egy fahossznyi többé-kevésbé kör alakú lék vágásával biztosítani lehetett. A felújítás ötödik évére a kocsánytalan tölgy csemeték 1 m fölé is megnőttek egyes lékekben.

IX. A kocsánytalan tölgy és az elegyfafajok a léken belül ugyanott, a lék közepén ill. attól északra növekedtek a leggyorsabban. A lék-környéki zárt faállományban a lékvágás hatása alig volt érzékelhető.

7.4. A cserje- és a gyepszintben lejátszódó folyamatok

X. A vegetációban lejátszódó folyamatok jellege egyenletes bontás ill. lékvágás esetén szignifikánsan hasonló volt a felújítás első három évében, a folyamatok mértékében azonban a kétféle felújítási eljárás különbözött. A lékvágás ugyanis a vágásterület erőteljesebb gyomosodását idézte elő az egyenletes bontáshoz képest. A lék-környéki zárt faállomány növényzete alig változott a felújítás első öt éve alatt.

XI. A lékvágás a földi szedernek biztosított kompetíciós előnyt az összes többi fajhoz viszonyítva a horizontális irányú versengésben. Az ernyős felújítóvágással érintett parcellák jóval kevésbé szedresedtek.

7.5. A tájékozodó jellegű vizsgálatok főbb eredményei

XII. A gyepszint mintázatában nem találtam termőhelyi gradiensre utaló, ismétlődő, rendezett inhomogenitást sem a lékekben, sem a lék-környéki zárt faállományokban.

XIII. Lékvágásnál a vad a kocsánytalan tölgy felújítását az azzal konkuráló vegetáció (beleértve az elegyfafajokat is) visszaszorításával inkább segítette, mint gátolta. A földi szeder lelegelése a felújítás első három évében emellett lehetővé tette több lágyszárú faj nagyobb mérvű (10 %<) elszaporodását. A felújítás ötödik évére azonban már a legelés ellenére is nagymértékben elszedresedtek a kerítetlen lékek.

XIV. Az anyaállomány értéknövedéke a felújítás első öt évére vonatkozóan a kétféle eljárás esetében közel megegyezett.

XV. Az ápolások és a pótlások költsége a felújítás első öt évében lékvágás esetében jóval magasabb volt, az egyenletes bontásnál fellépő költségek többszöröse.

7.6. Hipotézisvizsgálat

A főbb eredmények alapján megállapítható, hogy a kiindulási hipotézisek többsége (az 1. kivételével) részben (3., 4., 5., 7.) vagy teljesen (2., 6., 8.) hamis volt. A bemutatott kísérlet így az erdőművelési kutatások szükségességére is rámutat. A feltételezések ugyanis főként a szakirodalomban fellelhető elméleteken alapultak, amelyek azonban adatokkal igen gyakran nincsenek alátámasztva. Amellett tehát, hogy napjainkban finanszírozzák a természetközeli erdőművelés bevezetését az erdészeti gyakorlatba (ld. pl. a FAO TCP/HUN/3003 projekt összefoglaló jelentését /FVM, FAO, HM Budapesti Erdőgazdaság Zrt. 2007/ vagy az FVM 2008. évi *Pályázati felhívás az erdők közjóléti célú védelmét és bővítését szolgáló feladatok ellátásának támogatására* c. pályázatát), célszerű volna az erdőművelési kutatást is kiemelt támogatásban részesíteni. Jelenleg a „folyamatos erdőborítást" biztosító módszerek nincsenek tudományosan megalapozva, hiszen a hazai vizsgálatok száma ebben a témában elenyésző (ld. még Solymos 2008). A külföldi tapasztalatok pedig könnyen tévútra vezethetik a magyar erdőművelést.

8. KÖVETKEZTETÉSEK

Egyetlen kísérlet még nem jogosít fel messzemenő következtetések levonására az erdei életközösségekre jellemző bonyolult kapcsolatrendszerek, valamint az erdők nagyfokú változatossága miatt. A disszertációban bemutatott vizsgálat csupán kezdeti lépésnek, vagy még inkább tapogatózásnak tekinthető az olyan felújítási eljárások kidolgozásához vezető úton, amely korunk kihívásainak megfelel. A félreértések elkerülése érdekében hangsúlyozni kell, hogy az eredmények és azok értékelése során megfogalmazott állítások, valamint a lejjebb bemutatott következtetések a vizsgált termőhelyi körülmények ill. az alkalmazott felújítási módszerek esetében helytállóak.

A kutatás *eddigi* eredményeiből arra lehet következtetni, hogy *erdőművelési szempontból* az egyenletes bontáson alapuló felújítóvágás az egy fahossznyi kör alakú lék vágásához viszonyítva a következő szempontokból kedvezőbb:

- A kocsánytalan tölgy esetében ugyanaz a mennyiségű növedék kevesebb anyafára rakódik, azaz az egyes fák növekedési üteme gyorsabb.
- Az egyenletes bontás nagyobb lehetőséget teremt a kedvezőtlen adottságú egyedek kiválogatására, így a növedék a valóban értékesebb törzsekre rakódhat.
- Az első bontást követő makktermések sokkal inkább a felújítás szolgálatába állíthatók, hiszen az egyenletes megbontás fokozza a makktermést, valamint az egy fahossznyi kör alakú lék középső részére nehezen jut el a makk.
- A felújítás elején az elegyfafajok ill. a gyepszint konkurenciája kisebb, így több idő áll rendelkezésre a kocsánytalan tölgy újulat megerősödésére. Feltételezhető, hogy a későbbi bontások ill. a végvágás hatására felerősödő versengésben így a kocsánytalan tölgy újulat sikeresebb lesz. Ezzel szemben lékvágás hatására az elegyfafajok hamar gyors növekedésnek indulnak, a cserje- és a gyepszint tömegessége ugrásszerűen megnő, a kocsánytalan tölgy viszont ekkor még kevésbé versenyképes.
- A lékvágás – legalábbis eleinte – az ápolások és a pótlások magas költsége miatt jóval drágább.

A természetközeli erdőfelújítási eljárások kidolgozása során számos olyan tényezőt is vizsgálni kell, amelyekre nekem nem volt lehetőségem (pl. *hosszú távon* az egyes felújítási eljárások és a biodiverzitás ill. a klímaváltozás kapcsolatát). Kutatni kell továbbá az üzemi léptékű gyakorlati megvalósíthatóságot (terepi tájékozódás, üzemtervezés, felügyelet) és a hosszú távú jövedelmezőséget. Saját kutatásom tehát nem teszi lehetővé az egyértelmű állásfoglalást a lékvágás ellen.

Az eredmények ugyanakkor arra utalnak, hogy a vizsgált termőhelyi körülmények között kb. egy fahossznyi kör alakú lék vágása helyett három lehetséges úton lehet biztonságosabbá tenni a felújulást (ha az ernyős módszertől eltekintünk):

1. a felújítás kezdetén kisebb méretű lékek nyitása, majd óvatos tágítása;
2. azonos vagy valamivel kisebb területű, de kelet-nyugati irányban elnyújtott lékek nyitása;
3. csoportos bontás.

Mindhárom módszerrel feltehetően csökkenthető – legalábbis a felújítás kezdetén – a kocsánytalan tölgy megmaradását és növekedését korlátozó gyomosodás ill. az anyaállomány fattyúhajtásosodása. A kelet-nyugati irányban elnyújtott lékek északi felének területe emellett relatíve nagyobb a kör alakú lékek északi részéhez képest. Az északi rész pedig, ahogy az eredmények mutatták, kedvező a kocsánytalan tölgy (és az elegyfafajok) újulatának növekedése számára. További előny, hogy a faegyedek asszimiláló felületüket hatékonyan növelhetik déli irányban. A kisebb méretű lékek nagyobb mértékben teszik lehetővé a rosszabb sajátságú anyafák kiválogatását, ha a lékeket éppen ezeknek az egyedeknek a kiválogatásával nyitják. A vizsgálttól eltérő termőhelyi sajátságok között indokolt esetben természetesen egyéb módszerek is számításba jöhetnek (pl. szárazabb termőhelyi adottságok esetében nagyobb lék). A feltételezéseket kutatásokkal kívánatos igazolni.

9. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjaink erdőművelésének alapvető célkitűzése a természetes dinamika megismerése valamint a természetes folyamatok modellezése a gazdálkodás során, azaz a „természetközeli erdőgazdálkodás”. A szakirodalomban mindezidáig megjelent – gyakran ellentmondó – vélemények ugyanakkor arra világítanak rá, hogy a magyar erdészet ezen a téren nagyon kevés – publikált – hazai tapasztalattal ill. kutatási eredménnyel rendelkezik.

Kutatásommal a felújítást célzó egyenletes bontást a lékvágással hasonlítottam össze egy hazai, hegyvidéki gyertyános-kocsánytalan tölgyesben, a Pilisben a következő szempontok alapján: az anyaállomány növedéke és korona-alakjának megváltozása; az újulat fajainak megtelepedése és növekedése; az újulat növekedésének térbeli mintázata; a cserje- és a gyepszint összetételének és dominanciaviszonyainak változása. Tájékozódó jelleggel vizsgáltam továbbá a gyepszint léken belüli térbeli mintázatát, a vadnak a felújulásra valamint a cserje- és gyepszint összetételére és dominanciaviszonyaira gyakorolt hatását, ill. a két felújítási mód ökonómiai vonatkozásait.

A kísérleti erdőrészlet egyik felét két alkalommal egyenletesen megbontották. Az első bontást 2002-2003., a másodikat 2006-2007. telén hajtották végre. Egy-egy bontás során az élőfakészlet egy-egy harmadát vágták ki. Az erdőrészlet másik felében öt, 25-30 m átmérőjű, többé-kevésbé kör alakú léket vágtak 2002-2003. telén. Az egyenletes bontással érintett faállományban három, a lékvágással felújítandó faállományban pedig – a lékek számának megfelelően – öt mintavételi parcellát létesítettem. Módszertani okok miatt azonban az egyik egyenletesen megbontott parcellát tanulmányomból kizártam. Még a felújítás megkezdése előtt két lékes parcella kivételével a többit bekerítették.

Két lék esetében már 2004. őszén szükség volt a szeder eltávolítására. Ezt követően a kísérleti parcellákat évente megápolták. Két lékbe 2004. őszén 500 – 500 kétéves csemetét ültettek, majd 2005-ben az ültetést ezekben a lékekben ill. egy harmadik lékben és az egyik egyenletesen megbontott parcellában megismételték. Az ökonómiai számítások érdekében 2007. nyarán azonos brigádösszetétel mellett rögzítettem az egyes parcellák ápolására fordított időt.

Az anyaállományt törzsenként két alkalommal vettem fel munkatársaim segítségével, 2002. őszén ill. 2007-2008. telén. Az újulatot parcellánként 26 szisztematikusan elhelyezett 2 m sugarú körben mintavételeztem 2002-től kezdődően évente. A botanikai vizsgálatot 2001-ben, valamint 2003. és 2005. között évente 5 m x 5 m-es rácsháló segítségével (parcellánként 99 5 m x 5 m-es kvadrátban) hajtottam végre a tavaszi és a nyári aszpektus során. 2007-ben két,

egymásra merőleges 5 m széles transzektben (az eredeti rácsháló egy-egy sorában ill. oszlopában) ismételtem meg a felvételt.

Az egyenletesen megbontott parcellák kocsánytalan tölgy faegyedei a lékvágással érintett parcellák fáihoz képest szignifikánsan gyorsabban növekedtek a felújítás első öt éve alatt. A kiindulási fatérfogathoz viszonyított, a faállomány szintjére meghatározott korszaki növedék ugyanakkor közel megegyezett. Lékvágásnál azonban a növedék elsősorban a lékszéli fákra rakódott (a jelenség – csökkenő mértékben – megfigyelhető volt a léktől északi, keleti és nyugati irányban). Tapasztalatom szerint (nem kvantitatív vizsgálat!) a lékvágás a kocsánytalan tölgyek erőteljesebb fattyúhajtásosodását idézte elő az egyenletes bontáshoz képest, különösen a lékek északi részén. Ernyős felújítóvágásnál főként a második bontást követően jelentek meg a fattyúhajtások.

Mind egyenletes bontás, mind lékvágás esetében a koronák leginkább a déli ill. a nyugati irányokban nyúltak meg. A kocsánytalan tölgy koronája meglepően plasztikus volt, akár 5,5 m-t is nőtt déli irányban. Lékvágásnál a növekedés nem feltétlenül a lék irányában volt a legerőteljesebb.

Az első bontást ill. a lékvágást követően feltételezhetően a 2003. évi aszály következtében minden parcellából számottevő mennyiségű (1-2 db/m^2) kocsánytalan tölgy újulat tűnt el. Később az egyenletesen megbontott parcellákban számos csemete telepedett meg természetes úton, a lékekben viszont nem, vagy alig volt ez tapasztalható.

Az elegyfafajok konkurenciája a lékekben jóval erőteljesebb volt az egyenletesen megbontott parcellákhoz viszonyítva.

A kocsánytalan tölgy újulat lékbeni megmaradását és növekedését biotikus tényezők (főként a magas kőris, a szeder és a siskanád elszaporodása) határozták meg elsősorban, a megmaradáshoz ill. töretlen növekedéshez szükséges fény- és nedvességviszonyokat ugyanakkor egy fahossznyi többé-kevésbé kör alakú lék vágásával biztosítani lehetett.

A kocsánytalan tölgy és az elegyfafajok a lékeken belül ugyanott, a lékek közepén ill. attól északra növekedtek a leggyorsabban. A lék-környéki zárt faállományokban a lékvágás hatása alig volt érzékelhető.

Lékvágásnál a vad a kocsánytalan tölgy felújítását az azzal konkuráló vegetáció (beleértve az elegyfafajokat is) visszaszorításával inkább segítette, mint gátolta.

A vegetációban lejátszódó folyamatok jellege egyenletes bontás ill. lékvágás esetén szignifikánsan hasonló volt a felújítás első három évében, a folyamatok mértékében azonban a kétféle felújítási eljárás különbözött. A lékvágás ugyanis a vágásterület erőteljesebb gyomosodását idézte elő az egyenletes bontáshoz képest. A lék-környéki zárt faállományok

növényzete alig változott a felújítás első öt éve alatt. A lékekben a horizontális irányú versengésben a földi szeder kompetíciós képessége volt a legnagyobb. A bükksás a felújítás első három évében inkább segítette, mintsem gátolta a kocsánytalan tölgy felújítását, mivel elszaporodása akadályozta a magas kórók és a földi szeder elterjedését. A gyepszint mintázatában nem találtam termőhelyi gradiensre utaló, ismétlődő, rendezett inhomogenitást sem a lékekben, sem a lék-környéki zárt faállományokban.

A vad a földi szeder lelegelésével a felújítás első három évében a kerítetlen lékekben lehetővé tette több lágyszárú faj nagyobb mérvű (10 %<) elszaporodását. A felújítás ötödik évére azonban már nagymértékben elszedresedtek ezek a lékek is.

Az anyaállomány értéknövedéke a felújítás első öt évére vonatkozóan a kétféle felújítási eljárás esetében közel megegyezett. Az ápolások és a pótlások költsége azonban lékvágás alkalmazásánál jóval magasabb volt, az egyenletes bontásnál fellépő költségek többszöröse.

Az eredmények alapján az a következtetés vonható le, hogy a vizsgált termőhelyi viszonyok között erdőművelési szempontból az ernyős felújítóvágás kedvezőbb az egy fahossznyi kör alakú lékek vágásához képest. A lékvágással végzett felújítást feltételezhetően kisebb méretű vagy elnyújtott lékek vágásával biztonságosabbá és olcsóbbá lehetne tenni.

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A disszertációban ismertetett kutatást egymagamban nem tudtam volna elvégezni. Elsősorban témavezetőmnek, Dr. Koloszár Józsefnek tartozom ezért köszönettel, aki már a kezdetektől nélkülözhetetlen tanácsokat adott a kísérlettel kapcsolatban mind tudományos, mind gyakorlati szempontból. Köszönöm neki továbbá azt is, hogy nagyban hozzájárult erdőművelési ismereteim bővítéséhez, és engem partnerként kezelve lehetővé tette a baráti közös gondolkodást.

A kutatás megtervezésében és beindításában, a kísérlet helyszínének kiválasztásában Dr. Bartha Dénes segített. Segítségét ehelyütt is köszönöm.

Az erdőművelési munkák kivitelezését a Pilisi Parkerdő ZRt. Pilisszentkereszti Erdészetének munkatársai ill. alkalmazottai hajtották végre. Köszönöm Farkas Viktor erdészetvezető úrnak a munkák irányításában, Szmetana Mihály volt és Major István jelenlegi kerületvezető erdész úrnak a munkák végrehajtásában nyújtott áldozatos, megértő segítségét. Köszönöm továbbá az erdőrészletben dolgozó termelő, ápoló ill. a pótlásokat végrehajtó brigádok igen fáradságos munkáját.

A kísérlet terepi végrehajtásában és megfelelő adatbázisok létrehozásában elsősorban Hunyadi László, Kovács László és Szimeth Zsolt voltak igen nagy segítségemre. A talajvizsgálatokban ill. a kapott adatok feldolgozásában Dr. Illés Gábor segített. Az ökonómiai számítások módszertanát Dr. Marosi Györggyel egyeztettem. A pontos és gyors munkáért köszönet illeti az Erdészeti Tudományos Intézet Ökológiai Laboratóriumának munkatársait. Az időjárási adatokat Pum Károly vitte számítógépre. Az említett személyek mind az Erdészeti Tudományos Intézet jelenlegi vagy volt munkatársai. Az Erdészeti Tudományos Intézet a rendelkezésemre álló munkaerőn túl anyagilag, ill. munkaidőt biztosítva is támogatta a kutatást. Köszönet illeti ezért Dr. Führer Ernő volt főigazgató urat, Dr. Somogyi Zoltánt, volt valamint Manninger Miklóst, jelenlegi osztályvezetőmet.

A kísérlet beindítását a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium 94-d/2002 azonosító számú K+F pályázata támogatta.

Szeretném megköszönni végül a kézirathoz ill. a kutatáshoz fűzött hasznos tanácsait Dr. Solymos Rezsőnek és Dr. Somogyi Zoltánnak, valamint segítő észrevételeit és kritikai megjegyzéseit Dr. Bondor Antalnak és Dr. Frank Norbertnek.

11. IRODALOMJEGYZÉK

Andreassen, K., Øyen, B.-H. 2002: Economic consequences of three silvicultural methods in uneven-aged mature coastal spruce forests of central Norway. Forestry 75: 483-488.

Agestam, E., Eko, P.M., Nilsson, U., Welander, N.T. 2003: The effects of shelterwood density and site preparation on natural regeneration of Fagus sylvatica in southern Sweden. For. Ecol. Manage. 176: 61-73.

Aude, E., Lawesson, J.E. 1998: Vegetation in Danish beech forests: the importance of soil, microclimate and management factors, evaluated by variation partitioning. Plant Ecology 134: 53-65.

Állami Erdészeti Szolgálat 2005: Az egyes termőhelytípus – változatokon alkalmazható célállományok. Érdi Rózsa Nyomda, Érd.

Ballard, T.M. 2000: Impacts of forest management on northern forest soils. For. Ecol. Manage. 133: 37-42.

Baloghné Dr. Bokor Zs., Tóth J., Koncz Cs., Molnár A., Gencsi Z. 2000: Különböző erdőfelújítási módok hatása észak–alföldi gyertyános–kocsányos tölgyes gyepszintjére, talajfaunájára és talajlakó mikroorganizmusaira. Erdészeti Lapok 135: 142-145.

Bartha D. (szerk.) 2001: A természetszerű erdők kezelése. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest.

Bartha D., Bölöni J., Ódor P., Standovár T., Szmorad F., Tímár G. 2003: A magyarországi erdők természetességének vizsgálata. Erdészeti Lapok. 138: 73-75.

Bartha D., Kevey B. Morschhauser T., Pócs T. 1995: Hazai erdőtársulásaink.Tilia 1: 8-86.

Bauhus, J. 1996: C and N mineralization in an acid forest soil along a gap-stand gradient. Soil Biol. Biochem. 28: 923-932.

Bauhus, J., Bartsch, N. 1995: Mechanisms for carbon and nutrient release and retention in beech forest gaps I. Microclimate, water balance and seepage water chemistry. Plant and Soil, 168-169:579-584.

Beck, O., Göttsche, D. 1976: Untersuchungen über das Konkurrenzverhalten von Edellaubhölzer in Jungbeständen. Forstarchiv 47: 89-91.

Bernáth K. 1971: Gazdálkodásunk a mátrai tölgyesekben. Az Erdő 20: 485-493.

Besze P., Farkas J., Márta V. (szerk.) 1999: Pro Silva. A Pro Silva Hungaria közhasznú szervezet kiadványa.

Béky A. 1922: A gyertyán terjeszkedéséről. Erdészeti Lapok 61: 160-168.

Béky A. 1932: A tarvágás és a természetes felújítóvágások. Erdészeti Lapok 71: 13-19.

Béky A. 1987: Állománynevelés. In: Bondor A. (szerk.): A kocsánytalan tölgy. Akadémiai Kiadó, Budapest, 103-118.

Béky A. 1989: Erdőnevelés. In: Béky (szerk.): A tölgyek termesztése és hasznosítása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 132-172.

Béky A. 1997: Adalékok a gyertyános-tölgyesek neveléséhez. Erdészeti Kutatások 86-87: 55-71.

Béky A., Fodor S. 1989: Kocsánytalan tölgyes természetes felújítása termésfokozó eljárás alkalmazásával. Kutatási jelentés, ERTI, Budapest.

Béky A., Somogyi Z. 1999: Gyertyános – kocsánytalan tölgyesek fatermése az elegyesség függvényében. Erdészeti Kutatások 89: 61-72.

BIOMstat 2002. Version 3.3. Exeter Software, East Setauket, USA.

Blennow, K. 1998: Modelling minimum air temperature in partially and clear felled forests. Agricultural and Forest Meteorology 91: 223–235.

Bobiec, A. 2007: The influence of gaps on tree regeneration: A case study of the mixed lime-hornbeam (Tilio-Carpinetum Tracz. 1962) communities in the Białowieża Primeval Forest. Pol. J. Ecol. 55: 441-455.

Boda Z. 1999: A bükk makktermésének és természetes felújításának vizsgálata a Bükk-hegységben. Erdészeti Lapok 134: 224-225.

Bodnár T. 1989: Tarvágásos fakitermelési mód hatása sekély rendzina talajra. Bot. Közlem. 76: 97-105.

Bodonczi L., Illés G., Keresztes Gy., Marghescu T., Meggyesfalvi I., Sinka A. 2006: A szálalás. HM Budapesti Erdőgazdaság Zrt. kiadványa, Budapest.

Boudreau, S., Lawes, M.J. 2005: Small understorey gaps created by subsistence harvesters do not adversely affect the maintenance of tree diversity in a sub-tropical forest. Biol. Conserv. 126: 279-286.

Borhidi A. 1995: Social behaviour types, the naturalness and relative ecological indicator values of the higher plants internet the Hungarian Flora. Acta Bot. Hung. 39: 97 – 181.

Bormann, F.H., Likens, G.E. 1979: Pattern and Process in a Forested Ecosystem. Springer – Verlag, New York – Heidelberg – Berlin.

Borsos Z. 1953: Gyertyános tölgygazdálkodás különös tekintettel a természetes felújításra. Az Erdő 2: 307-321.

Borsos Z. 1958: A szálalógazdálkodás lehetőségei tölgyeseinkben. Az Erdő 7: 121-133.

Borsos Z. 1967: A vágásérettség vizsgálata tölgyesekben. Az Erdő 16: 394-401.

Boysen Jensen, P. 1929: Studier over skovtræemes forhold til lyset. Dan Skovbrugs Tidsskr 14: 5-31.

Bölöni J., Bartha D., Standovár T., Ódor P., Kenderes K., Aszalós R., Bodonczi L., Szmorad F., Tímár G. 2005. A magyarországi erdők természetességének vizsgálata I. Kutatási előzmények és mintavételezés. Erdészeti Lapok 140: 152-154.

Brown, N. 1996: A gradient of seedling growth from the center of a tropical rain forest canopy gap. For. Ecol. Manage. 82: 239-244.

Bund K. 1920: A szálerdő természetes felújításának módjai. Erdészeti Lapok 59: 409-433.

Bund K. 1921: A gyertyán térfoglalásának kérdéséhez. Erdészeti Lapok 60: 341-346.

Bund K. 1928: Tölgyfiatalosaink felszabadításának kérdése. Erdészeti Lapok 67: 196-198.

Canham, C.D., Marks, P.L. 1985.: The response of woody plants to disturbance. In: Pickett, S.T.A., White, P.S. (eds.): The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press, New York, 197-216.

Chaar, H., Colin, F. 1999: Impact of late frost on height growth in young sessile oak regenerations. Ann. For. Sci. 56:417–429.

Chaar, H., Colin, F., Leborgne, G. 1997a: Artificial defoliation, decapitation of the terminal bud, and removal of the apical tip of the shoot in sessile oak seedlings and consequences on subsequent growth. Can. J. For. Res. 27:1614–1621.

Chaar, H., Colin, F., Collet, C. 1997b: Effects of environmental factors on shoot development of Quercus petraea seedlings. A methodological approach. For. Ecol. Manage. 97: 119-131.

Chatters, C., Sanderson, N. 1994: Grazing lowland pasture woods. Br. Wildl. 6: 78-88.

Cochran, W. G. 1977: Sampling techniques. 3rd Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Collet, C., Colin, F., Bernier, F. 1997: Height growth, shoot elongation and branch development of young Quercus petraea grown under different levels of resource availability. Ann. Sci. For. 54: 65-81.

Collet, C., Frochot, H. 1996: Effects of interspecific competition on periodic shoot elongation in oak seedlings. Can. J. For. Res. 26: 1934-1942.

Collet, C., Guehl, J.-M., Frochot, H., Ferhi, A. 1996: Effect of two forest grasses differing in their growth dynamics on water relations and the growth of Quercus petraea seedlings. Can. J. Bot. 74: 1562-1571.

Collet, C., Ningre, F., Frochot, H. 1998: Modifying the microclimate around young oaks through vegetation manipulation: Effects on seedling growth and branching. For. Ecol. Manage. 110: 249-262.

Collins, B.S., Dunne, K.P., Pickett, S.T.A. 1985: Responses of forest herbs to canopy gaps. In: Pickett, S.T.A., White, P.S (eds.): The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press, New York, 218-234.

Collins, B.S., Pickett, S.T.A. 1987: Influence of canopy opening on the environment and herb layer in a northern hardwood forest. Vegetatio 70: 3-10.

Collins, B.S., Pickett, S.T.A. 1988: Demographic responses of herb layer species to experimental canopy gaps in a northern hardwoods forest. J. Ecol. 76: 437-450.

Cooke, A.S., Farrell, L. 2001: Impact of muntjac deer (Muntiacus reevesi) at Monks Wood National Nature Reserve, Cambridgeshire, eastern England. Forestry 74: 241-250.

Czirok I. (szerk.) 1999: A szálalásról és szálalóvágásról a hazai szakirodalom alapján. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest.

Csesznák E. 1967: Gyertyános-tölgyesek nevelése. In: Keresztesi B. (szerk.): A tölgyek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 307-315.

Csesznák E. 1986a: A gyertyán társulásképessége. In: Bondor A. (szerk.): A gyertyán. Akadémiai Kiadó, Budapest, 29-33.

Csesznák E. 1986b: A gyertyán károsítói és az ellenük való védekezés. In: Bondor A. (szerk.): A gyertyán. Akadémiai Kiadó, Budapest, 79-83.

Csesznák E. 1986c: A gyertyán dendrológiai ismertetése, elterjedése és termőhelye. In: Bondor A. (szerk.): A gyertyán. Akadémiai Kiadó, Budapest, 9-19.

Csépányi P. 2001: Középhegységi és dombvidéki gyertyános – kocsánytalan tölgyesek. In: Bartha D. (szerk.): A természetszerű erdők kezelése. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, 84-97.

Csontos P. 1996: Az aljnövényzet változásai cseres-tölgyes erdők regenerációs szukcessziójában. Scientia Kiadó, Budapest.

Csontos P. 2004: Fiatal vágásterületek jellemzése a Visegrádi-hegység cseres-tölgyes övéből. A Rubo fruticosi-Poetum nemoralis leírása. Folia Historico Naturalia Musei Matraensis 28: 57-66.

Danszky I. 1963: Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési, irányelvei és eljárásai. I-VI. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest.

Danszky I. 1973: Célállományok termőhelyei, felújítási és telepítési technológiái. In: Danszky (szerk.): Erdőművelés I. Erdőfelújítás, erdőtelepítés, fásítás. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest, 757-813.

Danszky I., Rott F. 1964: Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési, irányelvei és eljárásai. Általános irányelvek. Erdő- és termőhelytípus térképezés. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest.

Davies, R.J. 1985: The importance of weed control and the use of tree shelters for establishing broadleaved trees on grass-dominated sites in England. Forestry 58: 167-180.

Deans, J.D., Harvey, F.J. 1996: Frost hardiness of 16 European provenances of sessile oak growing in Scotland. Forestry 69: 5-11.

Del Moral, W. 1978: Gradient structure of forest vegetation in the Central Washington Cascades. Vegetatio 38: 29-48.

Diaci, J., Rozenbergar, D. 2001: Regeneration processes in European beech forests. Nat-Man report available at www.flec.kvl.dk/natman

Diekmann, M., Eilertsen, O., Fremstad, E., Lawesson, J.E., Aude, E., 1999: Beech forest communities in the Nordic countries: a multivariate analysis. Plant Ecol. 140: 203-220.

Divald, B. 1903: A kocsánytalan tölgyesek fenntartásáról. Magyar Erdész 3: 121-127.

Divald, B. 1904: A taroló és a fokozatosan felújító vágásmód. Magyar Erdész 4: 343-344.

Drexhage, M., Colin, F. 2003: Effects of browsing on shoots and roots of naturally regenerated sessile oak seedlings. Ann. For. Sci. 60: 173–178.

Drobyshev, I., Linderson, H., Sonesson, K. (2007): Relationship between crown condition and tree diameter growth in southern Swedish oaks. Environmental Monitoring and Assessment 128: 61-73.

Ehrenfeld, J.G. 1980: Understory response to canopy gaps of varying size in a mature oak forest. Bull. Torrey Bot. Club 107: 29-41.

Einhorn, K.S., Rosenqvist, E., Leverenz, J.W. 2004: Photoinhibition in seedlings of Fraxinus and Fagus under natural light conditions: implications for forest regeneration? Oecologia 140: 241-251.

Emborg, J. 1996: The Structure, Dynamics and Light Conditions of Suserup Skov, a Semi-Natural Temperate Deciduous Forest in Denmark. Ph. D. thesis. The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.

Emborg, J. 1998: Understorey light conditions and regeneration with respect to the structural dynamics of a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. For. Ecol. Manage. 106: 83-95.

Emborg, J., Christensen, M., Heilmann-Clausen, J., 1996: The structure of Suserup Skov, a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. For. Land. Res. 1: 311-333.

Engler A. 1905: A fokozatos felújítóvágás elméletéről és gyakorlatáról. Erdészeti Lapok 54: 607-610.

Evans, J. 1988: Natural regeneration of broadleaves. Forestry Commission Bulletin No. 78 HMSO, London.

Everard, J.E. 1987: Natural regeneration of oak. In: Savill, P.S. (ed.): Oxford Forestry Institute Occasional Paper No. 34 (Report of the seventh meeting of the national hardwoods programme), Oxford Forestry Institute, Oxford, pp. 23-28.

Fahey, R.T., Puettmann, K.J. 2008: Patterns in spatial extent of gap influence on understory plant communities. For. Ecol. Manage. 255: 2801-2810.

Fehér D. 1931a: A tarvágásos üzemmód hatása az erdőtalaj biológiai jelenségeire. Erdészeti Lapok, 70:132-146.

Fehér D. 1931b. A természetes és mesterséges felújítás problémájának biológiai vonatkozásai. Erdészeti Lapok, 70: 594-616.

Fekete G., Molnár Zs., Horváth F. (szerk.) 1997: A magyarországi élőhelyek leírása, határozója és a Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest.

Fekete L. 1888: A tölgy és tenyésztése. Magyar Királyi Államnyomda, Budapest.

Fekete L. 1899: Az erdők felújítása kapcsolatban azok rendszeres kihasználásával. Országos Erdészeti Egyesület, „Pátria” irodalmi vállalat és nyomdai részvénytársaság, Budapest.

Fielitz, U., Albers, U. 1996: The nutrient spectrum of roe deer of the Bavarian forest. Zeitschrift für Jagdwissenschaft 42: 195-202.

Frank, T. (szerk.) 2000: Természet, Erdő, Gazdálkodás. Magyar Madártani Egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület, Eger.

Freist, H. 1990: Esche und Buche gemischt. Allg. Forstz. 20: 493-495.

FVM, FAO, HM Budapesti Erdőgazdaság Zrt. 2007: Összefoglaló jelentés. Innovatív erdőgazdálkodási rendszerek megtervezésének és kialakításának támogatása. Kézirat.

Gagnon, J.L., Jokela E.J., Moser, W.K., Huber, D.A. 2003: Dyanimcs of artificial regeneration in gaps within a longleaf pine flatwoods ecosystem. For. Ecol. Manage. 172: 133-144.

Gamborg, C., Larsen, J.B. 2003: ‘Back to nature’—a sustainable future for forestry? Forest Ecology and Management 179: 559–571.

Gayer, K. 1895: Der Femelschlagbetrieb und seine Ausgestaltung in Bayern.

Gálhidy L., Mihók B., Hagyó A., Rajkai K., Standovár T. 2006: Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the understorey vegetation of a Hungarian beech forest. Plant Ecology 183: 133-145.

Gesztes, L. 1906: A tölgyerdők ápolásáról. Magyar Erdész 7: 111-113.

Gill, R.M.A. 1992: A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer Forestry 65: 145–169.

Gill, R.M.A., Beardall, V. 2001: The impact of deer on woodlands: the effects of browsing and seed dispersal on vegetation structure and composition. Forestry 74: 209–229.

Google Earth: Online adatbázis: http://earth.google.com/.

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. For. Ecol. Manage. 214: 124-141.

Gray, A.N., Spies, T.A., Easter, M.J. 2002: Microclimatic and soil moisture responses to gap formation in coastal Douglas-fir forests. Can. J. For. Res., 32:332-343.

Grigal, D.F., Arnemann, H.F. 1978: Quantitative relationships among vegetation and soil classification from northeastern Minnesota. Can. J. Bot. 48: 555-566.

Halász, G. (szerk.) 2006: Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest.

Hagyó A., Rajkai K. 2004: A talajnedvesség-tartalom alakulása egy bükkös erdőben és benne kialakított lékekben. Agrokémia és Talajtan, 53:17-34.

Hanewinkel, M. 2002: Comparative economic investigations of even-aged and uneven-aged silvicultural systems: a critical analysis of different methods. Forestry 75: 473-481.

Harmer, R. 1995: Natural regeneration of broadleaved trees in Britain: III. Germination and establishment. Forestry 68: 1-9.

Harmer, R., Boswell, R. 1997: Characteristics of lowland broadleaved woodland being restocked by natural regeneration. Forestry 70: 199-210.

Harmer, R., Boswell, R., Robertson, M. 2005: Survival and growth of tree seedlings in relation to changes in the ground flora during natural regeneration of an oak shelterwood. Forestry 78: 21-32.

Harmer, R., Morgan, G. 2007: Development of Quercus robur advance regeneration following canopy reduction in an oak woodland. Forestry 80: 137-149.

Harmer, R., Robertson, M. 2003: Seedling root growth of six broadleaved tree species grown in competition with grass under irrigated nursery conditions. Ann. For. Sci. 60: 601-608.

Hees, A.F.M.v., Kuiters, A.T., Slim, P.A.1996: Growth and development of silver birch, pedunculate oak and beech as affected by deer browsing. For. Ecol. Mange. 88: 55-63.

Hofmeister J., Mihaljevič M., Hošek, J. 2004: The spread of ash (Fraxinus excelsior) in some European oak forests: an effect of nitrogen deposition or successional chang? For. Ecol. Manage. 203: 35–47.

Horsley, S.B., Stout, S.L., DeCalesta, D.S. 2003: White-tailed deer impact on the vegetation dynamics of a northern hardwood forest. Ecological Applications 13: 98-118.

Humphrey, J.W., Swaine, M.D. 1997: Factors affecting the natural regeneration of Quercus in Scottish oakwoods. I. Competition from Pteridium aquilinum. J. Appl. Ecol. 34: 577-584.

Hunyadi K. 1974: Vegyszeres gyomirtás, I. Általános rész. Egyetemi jegyzet, Keszthely.

Hunyadi K., Béres I., Kazinczi G. (szerk.) 2000: Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Illés N. 1905: A tölgyesek kiképzéséről. Erdészeti Lapok 54: 293-301.

International Union of Forest Research Organizations: Online ismertető: http://www.iufro.org/.

Jablánczy S. 1956a: Erdőműveléstan II. Főiskolai jegyzet. Erdőmérnöki Főiskola Jegyzetkiadója, Sopron.

Jablánczy S. 1956b: A felújítóvágás hazai helyzete és fejlesztésének útjai. Az Erdő 5: 313-324.

Jarvis, P.G. 1964a: Interference by Deschampsia flexuosa (L.) Trin. Oikos 15: 57-78.

Jarvis, P.G. 1964b: The adaptibility to light intensity of seedlings of Quercus petraea (Matt.) Liebl. J. Ecol. 52:545–571.

Járó Z. 1973: Termőhelyi tényezők. In: Danszky (szerk.): Erdőművelés I. Erdőfelújítás, erdőtelepítés, fásítás. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest, 53-88.

Kaán K. 1903a: Vezérelvek a feltárt erdők felújításánál. Erdészeti Lapok 42: 523-531.

Kaán K. 1903b: A Schwarzwald szálaló vágásos haszonfagazdaságáról. Erdészeti Lapok 42: 446-468.

Kaán K. 1904: Faértékesítésünk és gazdasági érdekeink a hegyvidéken. „Pátria" Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvény – Társaság, Budapest.

Kaán K. 1921: Szálalóvágásos gazdaság lomberdőkben. Erdészeti Lapok 60: 423-431.

Kakas J. (szerk.) 1967: Magyarország éghajlati atlasza, II. kötet, adattár. Országos Meteorológiai Intézet, Akadémiai Kiadó, Budapest.

Katona É., Tóthmérész B. 1985: Szubmontán erdők lágyszárú növényzetének változása tarvágás után. Botanikai Közlemények 72: 17-25.

Kató F. 1989: A minőségi csoportos gyérítés az idő tükrében. EFE Tud. Közlem. 1989.2: 5-23.

Kelly, D.L. 2002: The regeneration of Quercus petraea (sessile oak) in southwest Ireland: a 25-year experimental study. For. Ecol. Manage. 166: 207-226.

Király L. 1978: Új eljárások a hosszú lejáratú erdőgazdasági üzemtervek készítésében. Kandidátusi értekezés. MTA Budapest.

Kirby, K.J., Thomas, R.C. 2000: Changes in the ground flora in Wytham Woods, southern England from 1974 to 1991 - implications for nature conservation. J. Veg. Sci. 11: 871-880.

Knoke, T., Moog M., Plusczyk, N. 2001: On the effect of volatile stumpage prices on the economic attractiveness of a silvicultural transformation strategy. Forest Policy and Economics 2: 229-240.

Koloszár J. 1989: Erdőművelési ismeretek. Egyetemi jegyzet, Sopron.

Koloszár J. 2004: Erdőismerettan. Egyetemi jegyzet, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron.

Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium 2004: A természetvédelem erdészeti koncepciója és távlati fejlesztési tervei. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természetvédelmi Hivatal, Budapest.

Krahl-Urban, J. 1959: Die Eichen. Verlag P. Parey, Hamburg und Berlin.

Kramer, P.J., Kozlowski, T.T. 1979: Physiology of woody plants. Academic Press, San Diego.

Krutzsch, H. 1952: Waldbau. Deutscher Bauern Verlag. A könyvet Madas L. fordította magyarra: Erdők megújítása címmel. Országos Erdészeti Egyesület, Soproni Műhely. Budapest-Sopron.

Kuiters, A.T., Slim, P.A. 2002: Regeneration of mixed deciduous forest in a Dutch forest-heathland, following a reduction of ungulate densities. Biological Conservation 105: 65-74.

Kuiters, A.T., Slim, P.A. 2003: Tree colonisation of abandoned arable land after 27 years of horse-grazing: the role of bramble as a facilitator of oak wood regeneration. For. Ecol. Manage. 181: 239-251.

Legendre, P., Legendre, L. 1998: Numerical Ecology. Second English Edition. Elsevier B. V., Amsterdam.

Linhart, Y.B., Whelan, R.J. 1980: Woodland regeneration in relation to grazing and fencing in Coed Gorswen, North Wales. J. Appl. Ecol. 17: 827-840.

Lippóczy B. 1921: Erdeink elgyertyánosodásáról. Erdészeti Lapok 60: 281-284.

Lockaby, B.G., Stanturf, J., Messina, M.G. 1997: Effects of silvicultural activity on ecological processes in floodplain forests of the southern United States: a review of existing reports. For. Ecol. Manage. 90: 93-100.

Longuetaud, F., Seifert, T., Leban, J.-M., Pretzsch, H. 2008: Analysis of long-term dynamics of crowns of sessile oaks at the stand level by means of spatial statistics. For. Ecol. Manage. 255: 2007-2019.

Löf, M. 2000: Establishment and growth in seedlings of Fagus sylvatica and Quercus robur: influence of interference from herbaceous vegetation. Can. J. For. Res. 30: 855-864.

Lüpke, B.v. 1998: Silvicultural methods of oak regeneration with special respect to shade tolerant mixed species. For. Ecol. Manage. 106: 19-26.

Magyar P. 1933a: Természetes újulat és az aljnövényzet. Erdészeti Kísérletek 35: 78-106.

Magyar P. 1933b: Újabb vizsgálatok a természetes újulat és az aljnövényzet viszonyáról. Erdészeti Kísérletek 35: 451-473.

Magyar P. 1933c: Árnyalás vagy gyökérkonkurencia? Erdészeti Lapok 72: 158-175.

Majer A. 1962: Erdőtipológiai rendszer általános ismertetése és a hazai erdőtípusok leírása. In: Majer (szerk.): Erdő- és termőhelytipológiai útmutató. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 83-135.

Majer A. 1963: Erdő- és termőhelytípusok útmutató növényei. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest.

Majer A. 1967a: Erdőműveléstan II. Egyetemi jegyzet, Sopron.

Majer A. 1967b: A tölgyesek nevelése. In: Keresztesi B. (szerk.): A tölgyek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 287-290.

Majer A. 1968: Magyarország erdőtársulásai. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Majer A. 1982: Erdőműveléstan I, II. Egyetemi jegyzet, Sopron.

Manninger M. 2008: Meteorológiai mérések a Bükkben. GVOP-3.1.1-2004-05-0190 Zárójelentés, ERTI, Budapest.

Maurer, E. 1963: Waldbauliche und holzkundliche Untersuchungen an Eschen in Allgäu. Forstw. Centralbl. 82: 162-188.

Mátyás Cs. 1993: Erdőrezervátum: új koncepció tör utat. Erdészeti Lapok 128: 13.

Mátyás Cs. (szerk.) 1996: Erdészeti ökológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Mátyás V. 1961: Magtermés fokozása. Zárójelentés a 111 – 2/ 1960 számú témáról. ERTI, Budapest.

Mátyás V. 1962: Tölgyeink virágzás- és termésbiológiája, mint a magtermés fokozásának alapja. Erdészeti Kísérletek 58: 3-35.

Márkus L., Mészáros K. 1997: Erdőérték-számítás. Az erdőértékelés alapjai. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.

McCune, B., Antos, J.A. 1981: Correlations between forest layers in the Swan Valley, Montana. Ecology 62: 1196-1204.

McDonald, J.H. 2008. Handbook of Biological Statistics. Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland.

McGarigal, K., Cusham, S., Stafford, S. 2000: Multivariate statistics for wildlife and ecology research. Springer-Verlag, Berlin.

Messina, M.G., Schoenholtz, S.H., Lowe, M.W., Wang, Z.Y., Gunter, D.K., Londo, A.J. 1997: Initial responses of woody vegetation, water quality, and soils to harvesting intensity in a Texas bottomland hardwood ecosystem. For. Ecol. Manage., 90:201-215.

Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Erdészeti Igazgatóság online adatok I.: Erdőterületek megoszlása II. http://www.aesz.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=286&Itemid=503

Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Erdészeti Igazgatóság online adatok II.: A faállománytípusok területmegoszlása a klímazónákban és az erdőtalajokon. In: Magyarország erdőállományai 2006. http://www.aesz.hu/cd/htm/5_2_4_fejezet.htm#5_2_4

Míchal, I., 1983. Dynamics of natural forests IV. Živa 31: 128–133.

Mihók B., Gálhidy L., Kelemen K., Standovár T. 2005: Study of gap-phase regeneration in a managed beech forest: relations between tree regeneration and light, substrate features and cover of ground vegetation. Acta Siv. Lign. Hung. 1: 25-38.

Milne, A. 1959: The centric systematic area-sample treated as a random sample. Biometrics 15: 270-297.

Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe: Online ismertető: http://www.mcpfe.org/.

Morozov, G. F. 1952: Az erdő élettana. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Muzsnay G. 1911: Erdőrendezési rendszerünk a fokozatos felújító vágásmód szempontjából. Erdészeti Lapok 50: 81-106.

Nature-based management of beech in Europe: Online ismertető: http://www.flec.kvl.dk/natman/html/menu.asp?id=91

Nemky E. 1957: Tölgyeseink természetes felújításának alapvető kérdései. Az Erdő 6: 407-415.

Nemky E. 1973. A tölgymakk és a tölgycsemete ökofiziológiája tekintettel a tölgyesek természetes felújítására. Doktori értekezés tézisei, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron.

Nicolescu, N-V., Sagheb-Talebi, K., Terazawa, K., Löf, M., Collet, C., Madsen, P. (eds.) 2006: Beech silviculture in Europe's largest beech country. Proceedings from the international conference of IUFRO WP 1.01.07 Ecology and Silviculture of Beech. 4-8, September, 2006, Poiana Brasov, Romania.

Nicolini, E., Barthélémy, D., Heuret, P. 2000: Influence de la densité du couvert forestier sur le développement architectural de jeunes chênes sessiles, Quercus petraea (Matt.) Liebl. (Fagaceae), en régénération forestière. Can. J. Bot. 78: 1531-1544.

Noble, I.R., Slatyer, R.O. 1980: The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. Vegetatio 43: 5-21.

Nord Larsen, T., Bechsgaard, A., Holm, M., Holten-Andersen, P. 2003: Economic analysis of near natural beech stand management in Northern Germany. For. Ecol. Manage. 184: 149-165.

Nyugat-Magyarországi Egyetem Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézet: Nagyvad-táplálkozás és élőhely-választás vizsgálatok. Online: http://vadgazdalkodas.emk.nyme.hu/kutatas_na_taplalkozas.htm

Otto, H.-J. 1994: Waldökologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Ovington, J.D., MacRae, C. 1960: The growth of seedlings of Quercus petraea. J. Ecol. 48: 549-555.

Page, L.M., Cameron, A.D. 2006: Regeneration dynamics of Sitka spruce in artificially created forest gaps. For. Ecol. Manage. 221:260-266.

Palik, B.J., Mitchell, R.J., Houseal, G., Pederson, N. 1997: Effects of canopy structure on resource availability and seedling responses in a longleaf pine ecosystem. Can. J. For. Res. 27: 1458-1464.

Papp L. 1954: A tarvágás hatása az erdő mikroklímájára. Erdészeti Kísérletek 1954: 45-54.

Papp L. 1958: A záródás és az állományklíma kapcsolata. Erdészettudományi Közlemények 1958: 133-150.

Papp M. 1984: Secondary succession in a herbaceous vegetation after deforestation. Acta Bot. Hung. 30: 139-154.

Papp M., Précsényi I. 1980: Cseres – tölgyes erdő lágyszárú növényzete diverzitásának változása tarvágás után. Acta Biol. Debrecina 17: 21-27.

Papp T. 1983: A természetes felújítás az erdészetvezetés gyakorlatában. Az Erdő 32: 101-105.

Peterken, G.F. 1976: Long-term changes in the woodlands of Rockingham forest and other areas. J. Ecol. 64: 123–146.

Peterken, G.F., Jones, E.W. 1987: 40 years of change in Lady-Park-Wood. The old-growth stands. J. Ecol. 75: 477-512.

Péczely Gy. 1998: Éghajlattan. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest.

Pigott, C.D. 1983: Regenerating of oak – birch woodland following exclusion of sheep. J. Ecol. 71: 629-646.

Pilis turistatérképe: Online: http://oterkep.blogspot.com/2008/03/pilis-turistatrkp.html.

Podani J. 1993: SYN-TAX-pc, Computer Programs for Multivariate Data Analysis in Ecology and Systematics. Version 5.0. User's Guide. Scientia Publishing, Budapest.

Podani J. 1997: Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeltárás rejtelmeibe. Scientia Kiadó, Budapest.

Podani J. 2001. SYN-TAX 2000 computer program for data analysis in ecology and systematics for WINDOWS 95, 98 and NT. User's manual. Scientia Publishing, Budapest.

Pommerening, A., Murphy, S.T. 2004: A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. Forestry 77: 27-44.

Pro Silva Europe: Online ismertető: http://www.prosilvaeurope.org/.

Rainiss I. 1911: Tölgyesek fokozatos felújítása egész fordulószaki idő alatt. Erdészeti Lapok 50: 319-325.

Ritter, E. 2005: Litter decomposition and nitrogen mineralization in newly formed gaps in a Danish beech (Fagus sylvatica) forest. Soil. Biol. Biochem. 37: 1237-1247.

Ritter, E., Vesterdal, L. 2002: Rates of nitrogen mineralization in gaps and under closed canopy of a semi-natural and a managed deciduous forest. Abstract submitted to IUFRO Conference. April 28 – May 2, 2002, DK.

Ritter, E., Dalsgaard, L., Eirthorn, K.S. 2005a: Light, temperature and soil moisture regimes following gap formation in a semi-natural beech-dominated forest in Denmark. For. Ecol. Manage. 206: 15-33.

Ritter, E., Starr, M., Vesterdal, L. 2005b: Losses of nitrate from gaps of different sizes in a managed beech (Fagus sylvatica) forest. Can. J. For. Res., 35:308-319.

Roth Gy. 1916: A hegyvidéki erdők természetes felújításáról I-II. Erdészeti Lapok 55: 417-432; 455-476.

Roth Gy. 1920: A szálerdők természetes felújításának előkészítése. Erdészeti Lapok 59: 329-345.

Roth Gy. 1922: A gyertyán és a természetes felújítás. Erdészeti Lapok 56: 190-195.

Roth Gy. 1923: Az erdőművelés mai céljai és feladatai. Erdészeti Lapok 52: 201-218.

Roth, Gy. 1925: A szálerdő vágásmódjainak és állományalakjainak nomenklatúrája I-II. Erdészeti Lapok 64: 223-250.; 263-277.

Roth Gy. 1935: Erdőműveléstan I, II. Röttig – Romwalter Nyomda bérlői, Sopron.

Rozenbergar, D., Diaci, J. 2003: Comparative studies of gap-phase regeneration in managed and natural beech forests in different part of Europe: General introduction, discussion and conclusion. Nat-Man working report, available at www.flec.kvl.dk/natman

Sagheb-Talebi, K., Madsen P., Terazawa K. (eds.) 2004: Improvement and Silviculture of Beech. Proceedings from the 7th International Beech Symposium. IUFRO Research Group 1.10.00. 10-20 May 2004, Tehran, Iran.

Schudich N. 1926: A kocsánytalan tölgyállományok természetes felújításáról. Magyar Erdőgazda 4: 1-2.

S. D. 1902: A kocsánytalan tölgyesek fenntartásáról. Erdészeti Lapok 44: 1392-1400.

Sokal, R.R., Rohlf, F.J. 2003: Biometry. 3rd edition. W.H. Freeman and Company, New York.

Solymos R. (szerk.) 1998: Természetközeli erdő-, és vadgazdaság, - környezetbarát fagazdaság. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.

Solymos R. 2000: Erdőfelújítás és –nevelés a természetközeli erdőgazdálkodásban. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.

Solymos R. (szerk.) 2005: Erdő- és fagazdaságunk időszerű kérdései. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.

Solymos R. 2008: Folyamatos erdőborítás – természetes felújítás – szálalóerdő. Erdészeti és Faipari Híradó 18: 6-7.

Somogyi Z. 2000: A természetközeli erdőgazdálkodás fogalma és főbb alapelvei. In: Frank, T. (szerk.): Természet – Erdő – Gazdálkodás. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület, Eger, 13-26.

Somogyi Z., Bartha D., Borovics A., Csóka Gy. 2001: Erdő nélkül? L'Harmattan Kiadó, Budapest.

Sódor M., Madas K. 1998: Az erdők természetességének értékelése az erdőtervezés során. In: Solymos R. (szerk.): Természetközeli erdő- és vadgazdaság, környezetbarát fagazdaság. MTA, Budapest, 20-41.

Sódor M., Temesi G. 2001: A természetszerű erdők kezelésének és megújításának alapjai. In: Bartha, D. (szerk.): A természetszerű erdők kezelése. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, 11-65.

Szappanos A. 1967a: Természetes felújítás. In: Keresztesi B. (szerk.): A tölgyek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 269-287.

Szappanos A. 1967b: A Carex pilosa – gyertyános – kocsánytalan tölgyesek természetes felújításának főbb kérdései. Kandidátusi értekezés, Sopron.

Szappanos A. 1967c: Kocsánytalan tölgyesek nevelése. In: Keresztesi B. (szerk.): A tölgyek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 302-307.

Szappanos A. 1969a. A Carex pilosa – gyertyános – kocsánytalan tölgyesek természetes újulatának darabszám- és növedékvizsgálata. EFE Tud. Közl., 1969(1):21–38.

Szappanos A. 1969b. Kocsánytalan tölgy állományok megvilágítottsága és ennek hatása az újulat növekedésére. EFE Tud. Közl., 1969(2):89–104.

Szappanos A. 1970: A tölgyesek természetes felújításának időtartama. EFE Tud. Közl. 1970: 1-2, 57-66.

Szappanos A. 1986: A tölgyesek természetes felújítása a nyolcvanas években. Az Erdő 35: 106-110.

Szappanos A. 1987a: Erdősítés. In: Bondor A. (szerk.): A kocsánytalan tölgy. Akadémiai Kiadó, Budapest, 80-94.

Szappanos A. 1987b: A kocsánytalan tölgy erdőművelési tulajdonságai. In: Bondor A. (szerk.): A kocsánytalan tölgy. Akadémiai Kiadó, Budapest, 33-46.

Szappanos A. 1987c: Fontosabb károsítók és az ellenük való védekezés. In: Bondor A. (szerk.): A kocsánytalan tölgy. Akadémiai Kiadó, Budapest, 128-133.

Szappanos A. 1987d: Botanikai leírás, elterjedés, termőhelyigény. In: Bondor A. (szerk.): A kocsánytalan tölgy. Akadémiai Kiadó, Budapest, 21-33.

Szeless I. 1941: Néhány adat a természetes felújításokhoz. Erdészeti Lapok 80: 200-206.

Tarp, P., Helles, F., Holten-Andersen, P., Larsen, J.B., Strange, N. 2000: Modelling near-natural silvicultural regimes for beech - an ecomonic sensitivy analysis. For. Ecol. Manage. 130: 187-198.

Ter Braak, C.J.F., Prentice, I.C. 1988: A theory of gradient analysis. Adv. Ecol. Res. 18: 271-317.

Tobisch T. 2002: A kocsánytalan tölgy természetes felújítása Lehetőségek, módszerek, problémák 1-2. Erdészeti Lapok 137: 310-312.; 337-339.

Tobisch T., Standovár T. 2005: A comparison of vegetation patterns in the tree and herb layers of a hardwood forest. Community Ecology 6: 29-37.

Tobisch T. 2007a: Effects of artificial regeneration methods on mortality, growth and shape of oak seedlings in a Central European oak-hornbeam stand. Acta Silv. Lign. Hung. 3: 21-30.

Tobisch T. 2007b: Jelentés a *Gyertyános-tölgyes erdőfelújítási eljárásainak összehasonlítása Káld 35 B erdőrészletben* c téma keretében a 2007. évben végzett kutatási feladatok elvégzéséről. Kutatási jelentés, ERTI, Budapest.

Tobisch T. 2008a: Természetes erdőfelújítási eljárások összehasonlítása gyertyános-kocsánytalan tölgyesben. Erdészeti Kutatások 92: 77-94.

Tobisch T. 2008b: Újulat- és botanikai vizsgálatok különböző méretű vágásterületeken és lékekben. GVOP-3.1.1-2004-05-0190 Zárójelentés, ERTI, Budapest.

Tóthmérész B. 1989: Szekunder szukcessziós folyamatok elemzése cluster-analízissel. Botanikai Közlemények 76: 35-49.

Török A. 1997: A szubmontán bükkösök felújításának problémái. Erdészeti Lapok 132: 220-221.

Török A. 2000: Égtájorientált, erdőtípus – érzékeny természetes felújítási rendszer. Erdészeti Lapok 135: 170-171.

Török A. 2006: Bükkösök erdőfelújítása az égtájorientált felújítási rendszer tükrében. Bakonyerdő Erdészeti és Faipari Zrt., Veszprém.

Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A., Chater, A.O., DeFilipps, R.A., Richardson, I.B.K. (eds.), 1964-1980. Flora Europaea Vol. I-V. Cambridge University Press, Cambridge.

Tybirk K., Strandberg B., 1999. Oak forest development as a result of historical land-use patterns and present nitrogen deposition. For. Ecol. Manage. 114: 97–106.

Vadas J. 1879: Erdőtenyésztéstan.

Vadas J. 1921: Erdőműveléstan. Röttig – Romwalter Nyomda – Részvénytársaság, Sopron.

Veperdi G. 2008: Faterméstan. Egyetemi jegyzet, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron.

Vilhar, U., Starr, M., Urbancic, M., Smolej, I., Simoncic, P. 2005. Gap evapotranspiration and drainage fluxes in a managed and a virgin dinaric silver fir-beech forest in Slovenia: a modelling study. European Journal of Forest Research 124: 165-175.

Whittaker, R.H. 1960: Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. Ecol. Monogr. 30: 279-338.

Whittaker, R.H. 1967: Gradient analysis of vegetation. Biol. Rev. (Camb.) 42: 207-264.

Wikipedia: Online: http://en.wikipedia.org/wiki/.