



Erdészettudományi Közlemények

2. évfolyam 1. szám

2012

Az Erdészeti Tudományos Intézet és a Nyugat-magyarországi Egyetem
Erdőmérnöki Karának tudományos lapja



SZÉCHENYI TERV



Gyökeret verni

„...milyen céltudatos és néma ez a létezés, mely semmi egyebet nem akar, csak lenni, csak felnőni és évszázadokon megmaradni, teljesen kifejezve önmagát, lélegezve, felelve a világnak – s ugyanakkor nem tör senki és semmi ellen...” (Márai Sándor: Fűves könyv). A néphit a bükköt a győzelem, a becsület és az életerő megtestestítőjének tartja. Sokak szerint a bükkfának lelke van, a görögök pedig a termékenység fájának tekintették.

Fotó: Kovács Gábor

Erdészettudományi Közlemények

2. évfolyam 1. szám



2012

Főszerkesztő:

Csóka György (ERTI)

Helyettes főszerkesztő:

Lakatos Ferenc (NYME EMK)

A szerkesztőbizottság társelnökei:

Borovics Attila (ERTI) és Náhlik András (NYME EMK)

A szerkesztőbizottság tagjai:

Albert Levente (NYME EMK)

Duska József (BNP)

Führer Ernő (ERTI)

Góbbölös Péter (Gyulaj ZRt)

Gribovszki Zoltán (NYME EMK)

Kolozs László (MGSZH EI)

Kovács Gábor (NYME EMK)

Sárvári János (MEGOSZ)

Szabados Ildikó (ERTI)

Szepesi András (VM)

Felelős kiadó:

Borovics Attila

Erdészeti Tudományos Intézet

9600 Sárvár, Várkerület 30/A

Címlapterv:

Griffes Grafikai Stúdió

4027 Debrecen, Ibolya u. 8. III/10.

www.griffes.hu

Címlapkép:

Bőséges, jóminőségű újulat a Pilis-tetői száraló erdőben

(© Csépanyi Péter)

ISSN 2062-6711

A kiadvány a TÁMOP 4.2.2. B-10/1-2010-0018 számú projekt támogatásával valósult meg.

Nyomdai munkák:

Palatia Nyomda Kft.

9026 Győr, Viza u. 4.

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|--|---------|
| <i>Csóka György és Lakatos Ferenc:</i> Magyarul és nyomtatásban? | 5–6 |
| <i>Schiberna Endre, Lett Béla és Juhász István:</i> A folyamatos erdőborítás ökonómiai értékelésének elvi kérdései | 7–19 |
| <i>Kolozs László és Veperdi Gábor:</i> Élőfakészlet- és növedékmeghatározás a száraló, illetve átalakító üzemmódú erdőkben egyváltozós fatérfogatfüggvény alkalmazásával | 21–34 |
| <i>Gálos Borbála, Mátyás Csaba és Jacob Daniela:</i> Az erdőtelepítés szerepe a klímaváltozás hatásának mérséklésében | 35–45 |
| <i>Kovács Gábor, Illés Gábor, Mészáros Diána, Szabó Orsolya, Vigh Andrea és Heil Bálint:</i> A termőhelyi tényezők és a faállományviszonyok kapcsolatának jelenlegi és jövőbeni alakulása a noszlopi erdőtömbben I. - Termőhelyi tényezők változása a noszlopi erdőtömbben | 47–60 |
| <i>Keserű Zsolt és Rédei Károly:</i> Homoki Leuce-nyáarak termesztési technológiai modelljei | 61–71 |
| <i>Peszlen Roland József és Veperdi Gábor:</i> Az ezüsthárs fatermési táblájának módosítása | 73–80 |
| <i>Rédei Károly, Csiha Imre, Kamandiné Végh Ágnes és Rásó János:</i> A nevelővágások hatása az akácosok fatermésének és minőségének változására | 81–88 |
| <i>Kisfaludi Balázs, Primusz Péter, Péterfalvi József és Markó Gergely:</i> Erdészeti utak szubjektív állapotfelvétele és értékelése | 89–105 |
| <i>Markó Gergely, Primusz Péter és Péterfalvi József:</i> Erdészeti utak teherbírásának mérése a továbbfejlesztett kézi behajlásmérővel | 107–121 |
| <i>Major Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin és Horváth Attila László:</i> A gépesítést befolyásoló talajellenállás meghatározása erdővel borított területen „3T System” rétegindektátorral | 123–134 |
| <i>Szakálosné Mátyás Katalin, Horváth Attila László és Major Tamás:</i> Fahasználati munkarendszerek a XXI. században | 135–149 |
| <i>Frank Norbert és Takács Viktor:</i> Hó- és szélfogó erdősávok minősítése szélesebbesség-csökkentő hatásuk alapján | 151–162 |
| <i>Náhlík András, Dremmel László, Sándor Gyula és Tari Tamás:</i> A csemetekori vadrágás következményeinek vizsgálata rudas állományokban | 163–172 |
| <i>Koltay András, Lakatos Tamás, Tóth Tímea és André Zoltán:</i> A gyökérrontó tapló (<i>Heterobasidion annosum</i>) ellen alkalmazott biológiai védekezési technológia erdeifenyő állományokban | 173–185 |
| <i>Csóka György, Hirka Anikó és Szócs Levente:</i> Rovarglobalizáció a magyar erdőkben | 187–198 |

CONTENTS

| | |
|---|---------|
| <i>Endre Schiberna, Béla Lett and István Juhász:</i> | |
| Theoretical considerations of evaluating economics of continuous cover forestry | 7–19 |
| <i>László Kolozs and Gábor Veperdi:</i> | |
| Determination of the volume and increment of selection and transformation forests with one-variable volume functions | 21–34 |
| <i>Borbála Gálos, Csaba Mátyás and Daniela Jacob:</i> | |
| The role of afforestation in mitigating climate change | 35–45 |
| <i>Gábor Kovács, Gábor Illés, Diána Mészáros, Orsolya Szabó, Andrea Vigh and Bálint Heil:</i> | |
| Evaluation of changes of site parameters in the Noszlop forest district | 47–60 |
| <i>Zsolt Keserű and Károly Rédei:</i> | |
| Tending operation models for leuce-poplars under sandy soil conditions | 61–71 |
| <i>Roland József Peszlen and Gábor Veperdi:</i> | |
| Modification of the silver lime yield table | 73–80 |
| <i>Károly Rédei, Imre Csiha, Ágnes Kamandiné Végh and János Rásó:</i> | |
| The effect of intermediate cuttings on the yield and value changes in black locust (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.) stands | 81–88 |
| <i>Balázs Kisfaludi, Péter Primusz, József Péterfalvi and Gergely Markó:</i> | |
| Subjective condition surveying and rating of forest roads | 89–105 |
| <i>Gergely Markó, Péter Primusz and József Péterfalvi:</i> | |
| Measuring bearing capacity of forest roads with the Advanced Benkelman Beam Apparatus | 107–121 |
| <i>Tamás Major, Katalin Szakálosné Mátyás and Attila László Horváth:</i> | |
| Determination of the mechanization-affecting soil resistance at forested sites using the „3T System” electronic soil layer indicator | 123–134 |
| <i>Katalin Szakálosné Mátyás, Attila László Horváth and Tamás Major:</i> | |
| Tree utilization systems in the XXI. Century | 135–149 |
| <i>Norbert Frank and Viktor Takács:</i> | |
| Windbreaks and shelterbelts examination by their effect on decreasing the windspeed | 151–162 |
| <i>András Náhlik, László Dremmel, Gyula Sándor and Tamás Tari:</i> | |
| Long term effects of browsing of seedlings as examined in pole stage | 163–172 |
| <i>András Koltay, Tamás Lakatos, Tímea Tóth and Zoltán André:</i> | |
| Biological control technology against <i>Heterobasidion annosum</i> root rot in Scots pine stands | 173–185 |
| <i>György Csóka, Anikó Hirka and Levente Szőcs:</i> | |
| Insect globalization in the Hungarian forests | 187–198 |

MAGYARUL ÉS NYOMTATÁSBAN?

Manapság már nem érdemes azon túl sokat vitatkozni, hogy a tudomány egyeduralkodó világnyelve az angol. A rangos nemzetközi tudományos folyóiratok (legyen bár szakterületük a gyermekgyógyászat, avagy éppen „mohatan”) ezen a nyelven jelennek meg. Sokan vallják, amit a szerzők nem publikálnak angolul, az nem is létezik. Bizonyos fokig ez talán igaz is. Bizonyos fokig...

A jelentősebb nemzetközi konferenciákon is jellemzően angol beszéd hallik, a résztvevői gárda összetételétől függően ilyen, olyan, esetleg amolyan, gyakran szívmelengető akcentusokkal színesítve. Lehet ezen háborogni, de ennek a nyelvi dominanciának azért vitathatatlan előnye is van. Egy pályakezdő kutatónak (legyen az magyar, brazil, japán vagy éppen kenyai) ma már aligha kell sokat vívódnia azon, hogy milyen nyelvet kell tanulnia, ha kutatóként el akar igazodni a világban, és még meg is akarja magát értetni. Angolt mindenképpen. Anélkül nemigen fog menni...

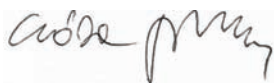
Mindezen tények tudatában és ellenére lapunk magyarul jelenik meg, a tudomány világnyelvét pedig csak egy nyúlfarknyi összefoglaló képviseli. Akkor, amikor biztosra vehetjük, hogy anyanyelvünket a külföldi erdészszakutatók aligha fogják tömegesen elsajátítani csak azért, hogy eredetiben olvashassák az Erdészettudományi Közleményeket. De legyünk őszinték, ez nem is baj, hiszen a lap nem elsősorban nekik szól. Fő küldetése, hogy határainkon belül és kívül, magyar anyanyelvű érdeklődők között terjessze a tágabban értelmezett magyar erdészettudomány újabb eredményeit. Nem mellékesen a lap kiemelt küldetése az is, hogy segítse a magyar erdészeti szaknyelv fennmaradását, illetve fejlődését. Vagy ez már idejélmúlt törekvés lenne a 21. században? Bizonyos esetekben a lap akár hidat is képezhet az angol nyelven publikált tudományos eredmények és a hazai erdészeti gyakorlat között azzal hogy érdeklődésre számot tartó cikkek magyar változatát is megjelenteti.

Egyébként azért az sem teljesen igaz, hogy egy magyarul megírt közlemény nem juthat el a nemzetközi tudományos közönséghez. Ha egy lap életképesnek bizonyul, akkor bekerül a nemzetközi adatbázisokba. Ennek révén az információk után szűrőző kutatók rátalálhatnak az angol összefoglalókra. Ha pedig azok megfelelő színvonalúak és érdeklődést keltenek, akkor külhoni kollégáink használni fogják őket, illetve jó eséllyel kapcsolatba is lépnek a szerzőkkel.

Napjaink másik megkerülhetetlen trendje az elektronikus információáramlás, az internet diadalmene. Mindketten napi szinten, eredménnyel használjuk az ebből adódó lehetőségeket, sőt hozzá is járulunk egyes nemzetközileg elismert szakmai weblapok tartalmának fejlesztéséhez.

Súlyos tévhitnek tartjuk ugyanakkor azt, hogy csak az létezik, illetve minden kritika nélkül elfogadható az, ami az internetről hömpölyög elénk. Nyomtatott szaksajtóra, az abban való jártasságra is szükség van például ahhoz, hogy az internetes információkat szelektálni, értékelni lehessen. Egy papírra nyomtatott közlemény fokozott felelősséget is jelent. Ha egy folyóirat tanulmányait kinyomtatják és kötetbe fűzték, az hosszú időre megmarad. Azt nem lehet néhány perc alatt „belőni” a köztudatba, mint ahogyan semmissé tenni sem olyan könnyű, ahogyan az internetes közlésekkel meg lehet tenni. Nyilván semmi akadályja nincs (sőt kifejezetten hasznos is), ha a nyomtatásban megjelent közlemények elektronikusan is elérhetővé válnak. Erre az Erdészettudományi Közlemények szerkesztői és a szerkesztőbizottság is teljes egyetértésben törekszik.

Mindezen gondolatok jegyében – ha az uralkodó irányoktól némileg el is térve – az Erdészeti tudományi Közlemények, amíg erre lehetősége van, ezután is magyar nyelven és elsődlegesen nyomtatásban fog megjelenni.



Csóka György



Lakatos Ferenc

szerkesztők

Mátrafüred/Sopron
2012. október hava

A FOLYAMATOS ERDŐBORÍTÁS ÖKONÓMIAI ÉRTÉKELÉSÉNEK ELVI KÉRDÉSEI

Schiberna Endre¹, Lett Béla¹ és Juhász István²

¹Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdővagyon-gazdálkodási és Vidékfejlesztési Intézet

²Erdészeti Tudományos Intézet, Ökonómiai Osztály

Kivonat

A tanulmány a folyamatos erdőborítást biztosító erdőgazdálkodás ökonómiai értékelésének elvi kérdéseivel foglalkozik oly módon, hogy azt a szálaló üzemmóddal azonosítja. Vizsgálataink arra összpontosítanak, hogy a vágásos erdőkre jellemző szakaszos pénzáramlások és a szálalóerdők esetén jelentkező egyenletes pénzáramlások milyen hatással vannak az erdőgazdálkodás ökonómiai jellemzőire.

A vágásos és a szálaló üzemmód eltérő ütemezésben jelentkező pénzáramait az annuitás segítségével hasonlítottuk össze. Míg 0,75%-os kamatláb mellett az annuitási értékek csaknem megegyeznek, 3,5%-os kamatláb esetén a szálalás annuitása mintegy négyszerese a vágásos erdő pénzáramaiból számítható annuitásnak. Ennek ellenére nem lehet egyértelműen kijelenteni, hogy a szálaló üzemmód pénzügyi szempontból kedvezőbb lenne, mert a jövedelmek a vágásos üzemmód esetén is egyenletesen jelentkeznek megfelelően nagy erdőterület és egyenletes koreloszlás mellett.

Kulcsszavak: szálaló üzemmód, szálalás, vágásos üzemmód, természetközeli erdőgazdálkodás, annuitás, bükk, visszatérési idő

THEORETICAL CONSIDERATIONS OF EVALUATING ECONOMICS OF CONTINUOUS COVER FORESTRY

Abstract

This paper discusses the theoretical aspects of evaluating the economics of continuous cover forestry identifying continuous cover forestry as a result of selection silvicultural system. A special emphasis is being put on the comparison of cash flows occurring with different timing and scale in case of selection forest and rotation forest; their effects on the economic conditions of forestry is also investigated. The analysis is using a numeric silvicultural model of a beech stand of medium productivity and quality.

Comparison is based on the annuity of cash flows of rotation forest and selection forest. At a discount rate of 0.75% annuities are on the same level, while at discount rate of 3.5% annuity of selection forest is four times larger than that of the annuity of rotation forest. However, selection system cannot be regarded as being unambiguously economically preferable, as its advantages resulted from the frequent and stable



cash flows can be balanced by the same cash flows from rotation system with a suitable great area and an even distribution of age classes.

Keywords: selection system, selection cutting, rotation system, near to nature forestry, annuity, beech, selection cutting cycle

BEVEZETÉS

A folyamatos erdőborítás mint erdőgazdálkodási elv nemcsak a szakmai közbeszédben és a szakirodalomban, hanem az erdőről, az erdővédelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. tv.-ben is megjelenik. E törvény szerint a folyamatos erdőborítás szálalással tartható fenn, célja pedig a termőtalaj és az erdő élővilágának nagyobb védelme.

Ez a tanulmány arra vállalkozik, hogy bemutassa a vágásos és a szálaló üzemmód pénzáramai között mutatkozó jellemző különbségeket, valamint ezek hatását az erdőgazdálkodás jövedelmi viszonyaira. Mivel a folyamatos erdőborítás és a nem folyamatos erdőborítás objektív kritériumok alapján történő elkülönítésére nincs egyértelmű szakirodalmi forrás, vizsgálataink során egy szálaló és egy fokozatos felújító vágásos bükk főfafajú erdőállományra felállított modellt elemzünk.

FOGALMI HÁTTÉR

A természetközeli erdőgazdálkodás gondolata és fogalmának változásai

A szálalás alkalmazásának kérdése a magyar erdészettörténet elmúlt 150 évében mind hazai kezdeményezésre, mind külföldi példák alapján időről időre fellángol, amely folyamatról Majer Antal ad részletes ismertetést (Majer 1986). Megemlíti például az 1040/1954. MT-határozatot, amely szerint „kötelező a természetes felújítás, és felvirágozni látszik a szálalás gondolata, de nem a gyakorlata”. Valójában 35-25-5% arányú természetes erdőfelújítást írtak elő a hegyvidéken, dombvidéken és az Alföldön ebben a sorrendben. Az e rendelet által meghatározott időszakról ad részletes helyzetjelentést Roth (1958), bemutatva a szálalás addigi tapasztalatait, illetve az említett rendelet nyomán létrejött jellemző erdőgazdálkodási gyakorlatot.

Majer (1986) a történeti visszatekintés mellett igen átfogóan elemzi a szálalás, a szálalóvágás és a természetes felújításra épülő egyéb erdőművelési eljárások fogalmi kapcsolatát, valamint az erdőművelési eljárások rendszerezésének és nevezékatanának szakirodalmi példáit. Már a bevezetőben kiemeli, hogy a fogalmi rendszer tisztázása nélkül az „új ötletek” zavart okozhatnak.

Solyos (2000) összefoglalja a természetközeli erdőgazdálkodás elveit, erdőművelési eljárásainak rendszerét és a különböző erdőállományokban való alkalmazását. Ez a mű közvetlen feleleveníti, hogy az ezredforduló környékén újra megerősödő természetközeli erdőgazdálkodás nem előzmények nélküli alapvetően új gondolat, legfeljebb a gyakorlati elterjedése marad el a lehetőségektől.

A szálaló üzemmód alkalmazása során felmerülő koncepcionális kérdések tisztázására, illetve az arra történő áttérés egy lehetséges módjának bemutatására vállalkozott Madas László, Koloszár József és Csépanyi Péter (Koloszár és mtsai 2005). Emellett számos egyéb lényeges szakirodalom is megjelent (Lett és mtsai 2009, 2010; Reiningger, 2010), de ezzel együtt sem állíthatjuk, hogy kialakult volna a természetközeli erdőgazdálkodás általánosan elfogadott, objektív kritériumokon alapuló és a gyakorlatban is alkalmazható fogalomrendszere.

A folyamatos erdőborítás értelmezése

A folyamatos erdőborítás (FEB) a 2000-es években új fogalomként jelent meg az erdészeti szakirodalomban. Tartalmát tekintve elsősorban egy erdőgazdálkodási szemléletet jelöl, nem egy jól meghatározott erdőállapotot vagy az ahhoz vezető erdőművelési eljárást. A fogalom tartalmi bizonytalansága jelzi, hogy megjelenése az erdőgazdálkodás egy újabb útkeresésének az eredménye. Ezt alátámasztja az is, hogy ugyanebben az időszakban, illetve az azt megelőző évtizedekben egyre erősödő mértékben jelennek meg a természetközeli erdő(gazdálkodás), az örökzöld fogalmak, valamint a Pro Silva alapelvek. E fogalmak jelentése objektív kritériumokkal nemigen fogható meg, sokkal inkább elvek és szempontok gyűjteményének tekinthető.

A FEB szó szerinti értelmezése alapján arra az elvárásra kell gondolnunk, hogy az erdőállomány a folyamatos jelenlétével biztosítsa a termőtalaj borítottságát és ezáltal védelmét, illetve a faállomány megléte az erdei életközösség folyamatos megtartását. Ehhez hasonló jelentést fogalmaz meg a 2009. évi XXXVII. tv. az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról az 5. § 13. pontjában:

„13. folyamatos erdőborítás: olyan állapot, amikor a többkorú erdőállomány folyamatosan, egyenletesen borítja az erdő talaját, és az erdő megújulása, felújítása az erdőállomány védelmében, véghasználati terület nélkül történik, az erdő tájképi megjelenése nem változik”. Az idézett törvény tehát a FEB-et összeköti a szálaló üzemmóddal azzal, hogy az üzemmódok definíciójában – a faanyagtermelést nem szolgáló üzemmódon kívül - egyedül a szálaló üzemmód esetén nincs véghasználati terület.

SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az erdőgazdálkodás természetes folyamatokra történő alapozásával foglalkozó szakirodalom rendre kiemeli, hogy a gondolat már a XIX. században megjelent, lényegében az ipari / műszaki szemléletű fatermesztés ellenpéldájaként. Számos példát említhetünk a hagyományos, főként a kisbirtokokon alkalmazott, a helyi természeti és erdőállomány-viszonyokhoz alkalmazkodó erdőművelési eljárásokra, különösen a magashegységekben. Svájcban például már a XX. század legelején jogszabály tiltotta a tarvágást, de más országokban, például Szlovéniában is hoztak ilyen rendelkezést (Johann 2006), ahogy Magyarországon is volt ilyen próbálkozás a II. világháborút követően, a 2.1. pontban ismertetett 1040/1954. MT-határozattal.

Amíg korábban elsősorban az erdőművelési kérdések uralták a téma szakirodalmát, a folyamatos erdőborítás gazdasági hatásainak elemzése az elmúlt két évtizedben fejlődött igazán. A



gazdasági kérdések vizsgálatai kezdetben az üzemszervezésre és a fatermesztés kockázataira irányították a figyelmet, az elmúlt tíz évben pedig egyre többen foglalkoztak a pénzügyi értékelésekkel.

Az egyik legátfogóbb elemzést Hanewinkel (2001) adja, aki mind az egykorú és elegyetlen erdőállományok többkorú és elegyes állományokká történő átalakításának ökonómiai elemzését is elvégzi, és a hosszú távú hatásokat is vizsgálja. A pénzügyi értékelés alapjául az általánosan elfogadott és alkalmazott nettójelenérték-számítást választotta. Arra az eredményre jutott, hogy az átalakítás jövedelemkieséssel jár amiatt, hogy az átalakítás során az átalakítandó faállomány hosszabb ideig fenn kell tartani, és a fahozamok is kisebb adagokban jelentkeznek. Ennek a gazdasági áldozatnak a számszerű mértéke azonban a választott kamatláb függvényében jelentősen változik. Számításait a Silva 2.1. egyesfa alapú növekedésmodellező program eredményeire alapozta, amely program korlátai az eredményeinek az értelmezési lehetőségét is korlátozzák.

Hasonlóan részletes, de kevésbé elméleti, inkább esettanulmány jelleggel mutat be vizsgálatokat Davies és Kerr (2011), akik szitkaluc-állományok különböző módszerekkel történő többkorú állományokká átalakítását modellezték. Céljuk nem is elsősorban az, hogy a különböző erdőművelési eljárásokat elemezzék, hanem hogy a költségek rendszerezésével egy a gyakorlatban is alkalmazható költségelemző eljárást hozzanak létre.

Bajorországi 58 éves lucfenyves erdőállomány 41 éves korban elkezdett és 77 éven keresztül tervezett átalakítását vizsgálta Knoke és Plusczyk (2001) részben a már összegyűlt adatok, részben modellezés segítségével. Megállapították, hogy az átalakítási folyamat alatt a fahozam és a bevételek kisebbek a vágásos erdőműveléshez képest, mert a fiatalabb fák térfogatban és értékben is elmaradnak a vágásérett állományétól, amelyet a maradó állományon keletkező nagyobb növedék nem tud kompenzálni. Ugyanakkor azt is megállapították, hogy a 77 évig tartó időszakot véve alapul 2,6%-os kamatláb mellett az átalakítás nettó jelenértéke meghaladta a vágásos üzemmóddal elérhetőét.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Felhasznált adatok

A teljes termelési ciklust magába foglaló erdőgazdálkodási komplex ökonómiai modellek három fő részből állnak. Az időrendbe szedett erdőfelújítási és erdőnevelési beavatkozások jelentik az első részt. A második a fatermes modellje, amely az egyes beavatkozásokból nyerhető fahozamot tartalmazza. A harmadik rész megadja ez előző kettőhöz köthető pénzben kifejezett költség- és bevételadatokat (Marosi 2006).

A számszerű vizsgálatokat a hazai viszonyoknak megfelelően bükk modellállományra végeztük el, mert csak ezen állománytípus esetén bizonyos, hogy az összehasonlítandó üzemmódok az állományokban meg is valósíthatók. Sajnos azonban a bükkgazdálkodás Magyarországon csak egyes régiókban (Észak-Magyarország, Bakony és Dél-Dunántúl) jelentős.

A vizsgálat alapjául szolgáló modellt egy közepes fatermési osztályú bükk főfafajú erdőállományra készítettük el. Az egyes beavatkozások idejét erdőnevelési modellekből (Mendlik 1980), a hozzátartozó fahozamot fatermési táblákból (Mendlik 1983) származtattuk.

A fatermési táblákban szereplő 100%-os sűrűségre vonatkozó bruttó fatérfogatot az alábbi tényezőkkel korrigáltuk:

- sűrűség (országos átlag 75%)
- kitermelési apadék (15 – 20%)
- mortalitás (10 – 15%).

A költséghozam adatai:

A modellben szereplő költség- és hozamadatokat a 2010. évi ár- és költségszinten vettük figyelembe. Az egyes beavatkozások fajlagos átlagárbevételét országos adatgyűjtésből származó választékszerkezetből és nettó választékárakból számoltuk. A fakitermelés árbevételei és költségei erdei rakodó paritáson értendők.

Az erdőfelújítási költségeket az egyszerűség kedvéért az egyes beavatkozások évében jelenítettük meg. Felhasználásuk a valóságban a beavatkozás évét követő 10 évben történik a természeti folyamatok igényei szerint.

1. táblázat: *Bükk főfafajáj, vágásos üzemmódban kezelt erdőállomány modellje*

Table 1: *Silvicultural model of a beech rotation forest*

| Beavatkozás | Kor | Fahozam | Egységárak és díjak | | |
|-------------|-----|---------------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| | | | Ár | Fakitermelési díj | Erdőfelújítási költség |
| | év | nm ³ /ha | Ft/nm ³ | Ft/nm ³ | Ft/ha |
| NFGY I. | 50 | 30 | 10500 | 4 100 | - |
| NFGY II. | 70 | 60 | 11000 | 4 100 | - |
| FVB I. | 90 | 70 | 11300 | 4 050 | 100 000 |
| FVB II. | 100 | 75 | 14000 | 4 000 | 100 000 |
| FVV | 110 | 260 | 14500 | 4 000 | 150 000 |
| Összes: | - | 495 | - | - | 350 000 |

2. táblázat: *Bükk főfafajáj, szálaló üzemmódban kezelt erdőállomány modellje*

Table 2: *Silvicultural model of a beech selection cutting forest*

| Beavatkozás | Kor | Fahozam | Egységárak és díjak | | |
|--------------------------|-----|---------------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| | | | Ár | Fakitermelési díj | Erdőfelújítási költség |
| | év | nm ³ /ha | Ft/nm ³ | Ft/nm ³ | Ft/ha |
| <i>Szálalás</i> | 10 | 45 | 11000 | 4100 | 30 000 |
| 110 év alatt Összesen | - | 495 | - | - | 330 000 |

A vizsgálatok módszertana

Az erdőállományokat pénzügyi értelemben a jövedelemtermelő képességgel és a vagyoni értékkel jellemezhetjük.

A jövedelemtermelés megítélésében a legnagyobb nehézséget az okozza, hogy az erdők szakaszos használata miatt a jövedelmek többéves korszakokként jelentkeznek. Vágásos üzemmód esetében a korszakok hossza változó, ezért a vágáskor egészének egységes jellemzése a jövedelemtermelő képesség alapján a jövedelmek valamilyen konverziója nélkül nem lehetséges. Kisebb mértékű átszámításra van szükség az egyenletes időközönként jövedelmet szolgáltató szálaló üzemmód esetén, de ha a fahasználatok 5 vagy 10 éves gyakoriságúak, akkor az éves jövedelem kiszámítására ebben az esetben is szükség van.

Az erdőállományok vagyoni értéke elsősorban a tulajdonosi szemlélet szempontjából jelentős. Amikor vagyonszemléletű gazdálkodásról beszélünk, akkor azzal a feltételezéssel élünk, hogy az erdőgazdálkodás célja nem kizárólag a jelenbeli jövedelemszerzés maximalizálása, mint ahogy azt általában a gazdálkodással szemben pénzügyi értelemben elvárjuk, hanem a tartamosság „pénzügyi-állományi” feltételének megfelelően az erdőállományok vagyoni értékének megtartása, esetleg gyarapítása. A vagyonérték és a jövedelemtermelő képesség nem függetlenek egymástól, mert bár az erdőknek van az erdőgazdálkodási jövedelmen kívül sok egyéb tényező által is befolyásolt piaci értékük, alapvetően mint minden termelési eszköz értékét a belőle/vele elérhető jövedelem nagysága határozza meg.

Az erdők vagyonértékének meghatározásakor a legnagyobb módszertani problémát a kamatok megválasztása jelenti, amely lényeges mértékben befolyásolja, különösen több évtizedes időtávok esetén a végeredményt.

Az erdőállományok pénzügyi vizsgálatának másik dilemmáját a vizsgálat területi egységének megválasztása okozza. Az erdőgazdálkodás területi alapegysége az erdőrészlet, amely vágásos üzemmód esetén többé-kevésbé egységesen jellemezhető. Esetünkben különösen a vágáskor egységes értelmezhetősége jelenti azt, hogy az erdőgazdálkodás a vágáskor szerinti ciklusokban zajlik a jövedelmek áramlásának szakaszosságát eredményezve. Ugyanakkor az erdőrészletek nagyobb csoportjában, az erdőtagban vagy nagyobb erdőtümbökben a különböző fatermesztési stádiumban levő és ennek megfelelően különböző jövedelmet termelő erdőrészletek egyaránt megtalálhatóak, így az éves jövedelemáramlás kiegyenlíthető.

Erdőművelési szempontból indokolatlan, pénzügyi értelemben azonban elfogadható egyszerűsítés, ha azt mondjuk, hogy a szálalás a vágásos üzemmód nagyon kisméretű, egyes fa vagy facsoportnyi területen megvalósított, természetes felújítást alkalmazó vágásos gazdálkodás. Ezzel az egyszerűsítéssel azt is állítjuk, hogy a vágásos és a szálaló üzemmód esetén a jövedelemáramlások tekintetében – a vágásos erdő egyenletes koreloszlását feltételezve – nincs különbség. Az egyszerűsítés korlátja azonban éppen az, hogy az egyenletes jövedelemáramláshoz szükséges területnagyság a magántulajdonosok birtokméretéhez viszonyítva nagy, azaz sok erdőtulajdonos esetében a jövedelmek kiegyenlítése a rendelkezésre álló erdőterület korlátjai miatt vágásos üzemmódban nem lehetséges.

A pénzáramok időbeli átszámításához a pénzügyi számítások során rendszerint alkalmazott diszkontálási és tőkésítési eljárásokat alkalmazzuk. Annak érdekében, hogy az eredmények összevethetők legyenek, a pénzáramokat az annuitásszámítás (2), illetve (3) segítségével egy évre számítjuk át.

(2) vágásos erdő annuitásszámítása

$$R_v = \left\{ \sum_n NCF_n (1+p)^{v-n} \right\} \frac{p}{(1+p)^v - 1}$$

1. képlet: vágásos erdő annuitásszámítása

Formula 1: *Annuity of a rotation forest*

ahol:

R_v : annuitás vágásos üzemmód esetén

NCF_n : az egyes erdőgazdálkodási beavatkozások során fellépő nettó pénzáramlás,
azaz a bevételek és a kiadások egyenlege

n : az erdőgazdálkodási beavatkozások időpontja

v : vágáskor

p : kamatláb

(3) szálaló erdő annuitásszámítása

$$R_{sz} = NCF \frac{p}{(1+p)^{sz} - 1}$$

2. képlet: szálaló erdő annuitásszámítása

Formula 2: *Annuity of a selection cutting forest*

ahol:

R_{sz} : annuitás szálaló üzemmód esetén

NCF : az egyes beavatkozások során fellépő nettó pénzáramlás,
azaz a bevételek és a kiadások egyenlege

sz : a szálalás visszatérési ideje

p : kamatláb

VIZSGÁLATOK

A jövedelmek vizsgálata területi kiegyenlítés mellett

A jövedelmek összehasonlítása, amennyiben feltételezzük, hogy erdőtömb szintjén a vágásos erdők jövedelemáramlása kiegyenlíthető, az erdészeti beavatkozások bevételeinek és költségeinek egyszerű összevetésével történik. Ez az összehasonlítás azonban nem szolgáltat tanulságot a két erdőművelési eljárás közötti pénzügyi különbségekre vonatkozóan. Ennek oka éppen az az egyszerűsítés, miszerint a szálalást nagyon kis területeken végrehajtott vágásos beavatkozásoknak fogjuk fel.

Az egyenlőség és a fenti egyszerűsítés sok tekintetben megkérdőjelezhető, hiszen a jövedelmezőség tekintetében meghatározó fahozam, fakitermelési költségek és a fakitermelés által keletkezett bevételek egyike esetén sem zárható ki, hogy azt az üzemmód befolyásolja. Nincs egyértelmű adat arra vonatkozólag, hogy a szálalás és a vágásos üzemmód fahozama eltér-

egymástól, mert bár a vágásos erdők faterméséről megfelelő mennyiségű adat áll rendelkezésre, száraló erdőkre alig van ilyen. Ugyanakkor elképzelhető, hogy a száraló erdőszerkezet a termőhely jobb kihasználása révén magasabb fatermés elérésére lehet képes.

A kitermelt fa értékesítéséből származó árbevételre vonatkozóan ellentétes feltételezésekkel is élhetünk. Logikai úton nem vezethető le, hogy a száraló erdőszerkezetben az egyes fák nagyobb növtétele és a többszintű állományszerkezet törzsárnálása összességében az egy-szintű állományokhoz képest magasabb vagy alacsonyabb minőségű törzseket eredményez-e, figyelembe véve például a törzsárnálás és a kialakuló évgűrűszerkezet erdőszerkezettől függő különbségeit. A fakitermelési költségek szintén vita tárgyát képezhetik, amelyek a száralás esetén éppen az összetettebb állományszerkezet, és az ebből következő fakitermelési nehézségek miatt feltehetőleg magasabbak. Ezt ugyan nem támasztják alá azok a gyakorlati tapasztalatok, hogy a fakitermelő vállalkozások a száralás fakitermeléseit a vágásos fakitermelésekkel azonos áron végzik. Ez a költségazonosság a gyakorlatban sokszor igaz a gyérítésekre és a véghasználatokra is, és oka nem ezen műveletek valós költségeinek az azonossága, hanem a fakitermelési munkák „csomagban” vagy hallgatólagosan „csomagban” történő elvégzése.

A jövedelmek vizsgálata területi kiegyenlítés nélkül

Amennyiben nem feltételezzük, hogy a vágásos üzemmódból származó jövedelemáramlás időben egyenletessé tehető a korosztályeloszlás nagyobb területen történő egyenletessé tételével, akkor az eltérő hozami korszakokat azonos viszonyítási időszakokra kell hozni. Különösen a vágásos modell esetén szükséges egyrészt a fatermesztési ciklus különböző szakaszaiban jelentkező pénzáramokat egész ciklusra vetíteni, másrészt összhangot kell teremteni a vágásos üzemmód fatermesztési ciklusa (vágáskora) és a száralás visszatérési ideje között.

3. táblázat: *Bükk főfafajú, vágásos üzemmódban kezelt erdőállomány pénzáramai és annuitása (p=0,02)*
Table 3: *Cash flows and annuity of a beech rotation forest (p=0,02)*

| Beavatkozás | Kor | Fahozam | Egységárak és díjak | | Pénzáramok | | | | Annuitás |
|-------------|-----|---------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|-----------|--------------|
| | | | Ár | Fakitermelési díj | Árbevétel | Fakitermelési költség | Erdőfelújítási költség | Egyenleg | |
| | | | év | nm ³ /ha | Ft/nm ³ | Ft/nm ³ | Ft/ha | Ft/ha | |
| NFGY I. | 50 | 30 | 10500 | 4100 | 315 000 | 123 000 | - | 192 000 | 1 609 |
| NFGY II. | 70 | 60 | 11000 | 4100 | 660 000 | 246 000 | - | 414 000 | 2 335 |
| FVB I. | 90 | 70 | 11300 | 4050 | 791 000 | 283 500 | 100 000 | 407 500 | 1 546 |
| FVB II. | 100 | 75 | 14000 | 4000 | 1 050 000 | 300 000 | 100 000 | 650 000 | 2 024 |
| FVV | 110 | 260 | 14500 | 4000 | 3 770 000 | 1 040 000 | 150 000 | 2 580 000 | 6 589 |
| Összes: | - | 495 | - | - | 6 586 000 | 1 992 500 | 350 000 | 4 243 500 | 14 102 |

A 3. táblázat a modell alapján bemutatja, hogy a vágásos erdőmodellben fellépő erdőgazdálkodási beavatkozások a vágáskor felé közeledve egyre nagyobb pénzáramokat eredményeznek,

és ezek egyenlege is emelkedik. Ezeket a különböző idejű és nagyságú pénzáramokat számítjuk át évente jelentkező járadékokra, azaz annuitásra. Az annuitás egyetlen értékkel jellemzi a több szakaszból álló vágásforduló pénzáramlásait, nagyságára viszont jelentős hatással van a számításhoz használt kamatláb.

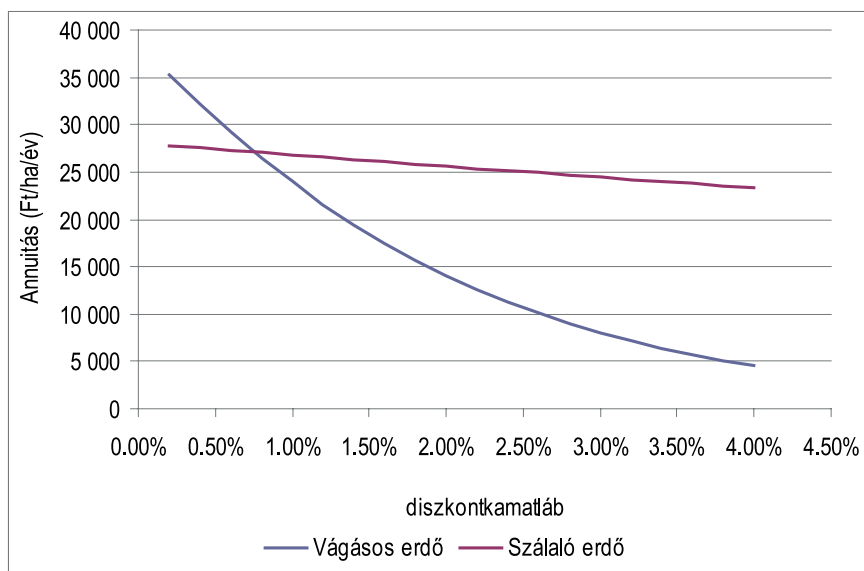
Az összehasonlítható üzemmódok esetében a korábban elmondottak alapján a száralásra egy pesszimista modellt állítottunk össze, amely a fakitermelési költségek esetén a gyéritéseknél tapasztalható magasabb értékeket, az árak esetében pedig a szintén a gyéritésekre vonatkozó alacsonyabb értékeket veszi alapul.

4. táblázat: Bükk főfafajú, száralás üzemmódban kezelt erdőállomány pénzáramai és annuitása pesszimista szemléletben ($p=0,02$)

Table 4: Cash flows and annuity of a beech selection cutting forest ($p=0,02$)

| Beavatkozás | Kor | Fahozam | Egységárak és díjak | | Pénzáramok | | | | Annuitás |
|-------------|-----|---------|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|-----------|----------|
| | | | Ár | Fakitermelési díj | Árbevétel | Fakitermelési költség | Erdő-felújítási költség | Egyenleg | |
| | | | év | nm ³ /ha | Ft/nm ³ | Ft/nm ³ | Ft/ha | Ft/ha | |
| Szálalás | 10 | 45 | 11 000 | 4100 | 495 000 | 184 500 | 30 000 | 280 500 | |
| Összesen: | - | 45 | 11 000 | 4 100 | 495 000 | 184 500 | 30 000 | 280 500 | 25 617 |
| 110 évre | | 495 | - | - | 5 445 000 | 2 029 500 | 330 000 | 3 085 500 | - |

A 4. táblázat a száraló üzemmód beavatkozásait 10 éves visszatéréssel veszi alapul, és bár a jövedelem eloszlásáról egyenletességet feltételezünk, a vágásos üzemmóddal történő összehasonlíthatóság érdekében itt is kiszámoltuk az annuitást.



1. ábra: A vágásos és a szálaló erdő annuitása különböző kamatlábak függvényében
Figure 1: Annuity of rotation and selection forest by discount rate



Az eredmények értékelésekor azt látjuk, hogy a száraló üzemmód összes jövedelme 110 évre vetítve a vágásos üzemmód esetén kalkulált alatt marad, de ez közvetlenül az általunk alkalmazott pesszimista szemlélet következménye. Ezen általunk lerontott jövedelem ellenére azt láthatjuk, hogy területi kiegyenlítés nélkül, azaz ha csak egy erdőrészletet vizsgálunk, akkor az annuitás értéke száralás esetén mintegy duplája a vágásos erdőének. Ez az arány a korábban elmondottaknak megfelelően az alkalmazott kamatlábtól is függ, és ezt az összefüggést mutatja be az 1. ábra. Ez alapján elmondhatjuk, hogy a kamatok kismértékű változtatása az eredményeket nagymértékben befolyásolja: példánkban 0,75% kamatláb mellett az annuitási értékek csaknem megegyeznek, 3,5%-os kamatláb esetén viszont mintegy négyszeres a különbség.

A vizsgálatok módszertanánál megfogalmazottak alapján a pénzáramok eltérő ütemezésének vagyonértékre gyakorolt hatását is szükséges volna vizsgálni. Ettől azért tekinthetünk el, mert a vagyonértékre gyakorolt hatást ugyanezekből a jövedelmi adatokból vezetnénk le, és a jövedelem – vagyonérték közötti közvetlen összefüggések alapján ugyanezekre az eredményekre jutnánk.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK, JAVASLATOK

Bár nem tartozik elemzésünk szűken vett tárgykörébe, de fontosnak tartjuk hangsúlyozni a korábban leírtakat, miszerint az erdőborítottság folytonossága és annak ökológiai, gazdasági és társadalmi hasznai a tarvágásos erdőműveléstől a száralásig fokozatosan növekvő mértékben érvényesülnek. Az elegyetlen, egykorú, tarvágás utáni mesterséges erdőfelújítással művelt erdőktől, a többfajfajú és többszintű száraló erdőig sok lépcsőből álló átmenet található, amelyeket kisterületű tarvágásos felújító vágásokkal (lékekkel), fokozatos felújítógáccsal vagy száralógáccsal lehet elérni.

Vizsgálatunk alátámasztotta azt a sokszor hangoztatott érvet, hogy az erdőgazdálkodási jövedelmek folytonossá tétele az erdőgazdálkodás jövedelmi viszonyaira pozitív hatással van. A jövedelmi viszonyokat az annuitással jellemezhetjük, mivel ezen mutató felhasználásával a különböző vágáskorú vagy különböző beavatkozási gyakoriságú száraló erdők is összehasonlíthatókká válnak. Az annuitás alapján látjuk azt, hogy a pénzáramlások, ha nominális értékükön számolva nem is térnek el, az időtényező és a kamat figyelembevételével akkor kedvezőbbek, ha gyakrabban és egyenletesen jelentkeznek. Ebből azonban nem lehet egyértelműen levonni azt a következtetést, hogy ezért a száralás pénzügyi szempontból egyértelműen kedvezőbb lenne, mert a jövedelmek a vágásos üzemmód esetén is egyenletesen jelentkeznek megfelelően nagy erdőterület és egyenletes koreloszlás mellett.

A fentiekből arra a következtetésre juthatnánk, hogy ha nagy erdőterületen az üzemmód nem okoz különbséget a jövedelmezőségi viszonyokban, akkor a száralás pénzügyi előnyeit a kisbirtokokon lehet leginkább kihasználni. Ez valóban így is van, de csak abban az esetben, ha az erdőtulajdonos(ok) saját szükségletre végzi(k) a fakitermelést, és jellemzően saját kivitelezésben. Ez ezért van így, mert ha kicsi az erdőterület, és abban rövid időközönként végzünk fakitermelést, akkor az egy alkalommal keletkező fahozam túlságosan kicsi ahhoz, hogy megfelelően értékesíteni lehessen. Hasonlóképpen problémás a kis fakitermelési lehetőségre megfelelő alvállalkozót találni.

| | |
|--|--|
| <p>Erősségek</p> <ul style="list-style-type: none"> • A folyamatos erdőborítást eredményező erdőművelési eljárások kiegyenlítettebb ökológiai feltételeket teremtenek az erdei ökoszisztéma működéséhez, így magasabb biodiverzitás érhető el. • Folyamatos erdőborítás esetén az erdő a táj állandó részévé válik, a fakitermelések nyomai rejtve maradnak. • Folyamatos erdőborítás esetén a talaj folyamatos védelmet élvez, vízháztartása ezért kiegyensúlyozottabb és az erózióval szemben ellenállóbb. • Az erdőállományok szerkezetének változatosabbá válásával a biotikus és abiotikus károkkal szembeni ellenálló képesség növekszik. • A folyamatos erdőborításhoz szükséges kis léptékű beavatkozásokkal a termőhelyi és az erdőállományi adottságokhoz nagyobb mértékben lehet alkalmazkodni. | <p>Gyengeségek</p> <ul style="list-style-type: none"> • A folyamatos erdőborításhoz kapcsolódó szak kifejezések (szálalás, természetes felújítás, átalakító üzemmód) használata nem egységes a szakirodalomban, a szakmai köznyelvben és a jogszabályokban. • Alapinformációk hiányában az ország erdőterületének több mint négyötödén bizonytalan a folyamatos erdőborítást biztosító erdőművelési eljárások alkalmazhatósága. • A folyamatos erdőborításhoz vezető erdőművelési eljárások köre nincs megfelelően behatárolva. • A folyamatos erdőborítást célul tűző erdőgazdálkodás új tervezési eljárásokat, üzemszervezést és szemléletet követel, aminek kialakítása és elfogadtatása sok energiát igényel. • Ellentmondásos információk állnak rendelkezésre a folyamatos erdőborítás melletti erdőgazdálkodás pénzügyi következményeivel kapcsolatban. |
| <p>Lehetőségek</p> <ul style="list-style-type: none"> • A folyamatos erdőborítás bevezetésének erősödő mozgalma alakult ki civil szerveződés formájában erdész és természetvédelmi szakemberek és más résztvevők részvételével. • A folyamatos erdőborítás kutatásába az erdész szakemberek mellett várhatóan sokféle más szakember is bekapcsolódik (ökológusok, klimatológusok, botanikusok, zoológusok, szociológusok stb.), ami újszerű megközelítéseket eredményez, és sokféle szempont szerinti eredmények összevetését teszi lehetővé. • Az életszínvonal hosszú távon megvalósuló emelkedésével a társadalom egyre nagyobb része lesz fogékony a környezet állapotával kapcsolatos témákra, ezért a folyamatos erdőborítást eredményező erdőművelési eljárások természetközeli jellege egyre nagyobb mértékben értékelődik majd fel. | <p>Veszélyek</p> <ul style="list-style-type: none"> • A folyamatos erdőborítás kommunikáció nélküli erőszakos bevezetése az érintetteket ellenállásra készítheti, és a bevezetést megghiúsíthatja. • A folyamatos erdőborítás bevezetésére való hivatkozással történő, de egyébként más célokat szolgáló beavatkozások a bevezetési folyamat hitelességét csorbíthatják. |

2. ábra: A FEB alkalmazásának SWOT analízise
Figure 2: SWOT analysis of continuous cover forestry



Meg kell azonban jegyeznünk, hogy abban az üzemméret-tartományban, amelyben az éves, illetve a néhány éves fahozam kitermeltetése és értékesítése az alacsony volumen miatt problémát okoz, ott a pénzügyi szempontok eleve nem lehetnek elsődlegesek. További magán-erdőgazdálkodással kapcsolatos megfontolás, hogy a szálaló üzemmód alkalmazására bizonyosan alkalmas (bükk főfafajú) erdőállományok még az országos átlagnál is kisebb arányt képviselnek ebben a szektorban (Schiberna 2006).

Hiányzik az erdőművelési eljárások erdőgazdálkodási üzemmódokhoz történő jogszabályi rendelkezése annak ellenére, hogy erre a jelenlegi erdőművelési nomenklatúra is lehetőséget ad, de elképzelhetőnek tartjuk az erdőművelési módszerek rendszerezésének és nevezéktanának reformját is.

A FEB-sal kapcsolatban jelenleg nagy léptékű kérdésekre keresik a válaszokat, ezért annak a bevezetésével kapcsolatos stratégiát kell kidolgozni. A stratégiaalkotás egyik segédeszköze a SWOT analízis, amelynek segítségével bemutatjuk a FEB erősségeit, gyengeségeit, valamint a bevezetéséhez kapcsolódó lehetőségeket és veszélyeket.

A FEB erőssége, hogy az erdő élő és élettelen elemeinek állapotára kedvező hatást gyakorol, és hasonlóan kedvező a hatás az erdőket magukban foglaló nagyobb rendszerekre, így például a tájra, valamint a víz-, energia- és tápanyagforgalomra is.

Tisztázatlan ugyanakkor, hogy a FEB eléréséhez és ezen belül is az erősségek között felsorolt előnyöket biztosító erdőállapothoz milyen erdőművelési eljárások alkalmazásával lehet eljutni, és hogy ezek az eljárások mely magyarországi erdőkben alkalmazhatók. Hiányoznak a FEB tervezési és ellenőrzési kritériumai is, az ebből fakadó bizonytalanság kedvezőtlen hatású.

A FEB lényeges szerepet tölthet be az erdőgazdálkodás társadalmi megítélésének javításában, és a széles körben felkeltett figyelem sokféle szakterület bekapcsolódását eredményezheti az ezirányú kutatásokba. Kifejezett veszélynek látjuk, hogy a FEB fenntartásához a jelenlegi szabályozás alapján egyedül a szálalás alkalmazása lehetséges. Ennek erőltetett bevezetése a megfelelő információkkal nem rendelkező és szakmailag ez irányban nem elkötelezett erdészeti szakembergárdában ellenállást válthat ki. Emellett különösen rossz színben tűnhetnek fel a FEB-sal kapcsolatos elképzelések, ha azokra az eredeti elképzeléstől eltérően más, például a vágáskor előtti faanyagyszerzés szándéka is ráfogható.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány a TÁMOP - 4.2.1.B-09/1/KONV és a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 projektek támogatásával készült.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Davies, O. and Kerr, G. 2011: The costs and revenues of transformation to continuous cover forestry: Modelling silvicultural options with Sitka spruce, Forestry Commission UK.
- Hanewinkel, M. 2001: Economic aspects of the transformation from even-aged pure stands of Norway spruce to uneven-aged mixed stands of Norway spruce and beech. *Forest Ecology and Management*, 151: 181-93.

- Johann, E. 2006: Historical development on nature-based forestry in Central Europe in Diaci, J. (ed.): Nature-based Forestry in central Europe – Alternatives to Industrial Forestry and Strict Preservation, Studia Forestalia Slovenica, Nr. 126., University of Ljubljana, Ljubljana.
- Knoke, T. and Plusczyk, N. 2001: On economic consequences of transformation of a spruce (*Picea abies* L.) dominated stand from regular into irregular age structure, Forest Ecology and Management, 151: 163-179.
- Lett B.; Nagy I.; Puskás L.; Stark M.; Horváth S. és Horváth T. 2009: Múlt és jövő – Kisparaszti szálalás a Vendvidéken, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 2009.
- Lett B.; Nagy I.; Puskás L.; Stark M.; Horváth S. és Horváth T. 2010: Múlt és jövő II. – Tarvágásból szálalásba, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 2010.
- Madas L.; Koloszar J. és Csépanyi P. 2005: A vágásos erdőből a szálalóerdőbe, Erdészeti Lapok, 140(9): 265-267
- Majer A. 1986: A szálalás helyzete hazánkban a szakirodalom és a kísérleti területek értékelése alapján, Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények, 1986(2): 17-47.
- Marosi Gy. 2008: Az ültetvényyszerű fatermesztés ökonómiai elemzése. In: Fűhrer E; Rédei K. és Tóth B. (szerk.): Ültetvényyszerű fatermesztés 2. Agroinform Kiadó, Budapest: 191-214
- Mendlik G. 1980: A bükkösök erdőnevelési modelltablája, kandidátusi disszertáció, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron.
- Mendlik G. 1983: Bükk fatermési tábla, Erdészeti Kutatások, 75: 189-198.
- Reininger, H.: 2010. A szálalás elvei avagy a korosztályos erdők átalakítása, HM Budapest Erdőgazdaság Zrt., Budapest.
- Roth Gy. 1958: A szálaló erdőről. Erdészettudományi Közlemények, 1958(1): 49-63.
- Schiberna E. 2006: A magán-erdőgazdálkodás működőképességének gazdasági vizsgálata. PhD értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.
- Solymos R. 2000: Erdőfelújítás és -nevelés a természetközeli erdőgazdálkodásban. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest: 1–286.

Érkezett: 2012. április 25.

Közlésre elfogadva: 2012. szeptember 3.



Parafa

„Szaúd-Arábiának az olaj, Dél-Afrikának a gyémánt, Portugáliának a parafa.” (The Economist, 1996. május 4.). A portugál erdőgazdálkodás bevételeinek ötödét a parafadugó-gyártás termeli. A szintetikus dugók iránti kereslet növekedése a Földközi-tenger medencéjében mintegy 3 millió hektár paratölgy erdő vagy ültetvény létét, valamint közel százezer ember megélhetését veszélyezteti.

Kép és szöveg: Nagy László

ÉLŐFAKÉSZLET- ÉS NÖVEDÉKMEGHATÁROZÁS A SZÁLALÓ, ILLETVE ÁTALAKÍTÓ ÜZEMMÓDÚ ERDŐKBEN EGYVÁLTOZÓS FATÉRFOGATFÜGGVÉNY ALKALMAZÁSÁVAL

Kolozs László¹ és Veperdi Gábor²

¹Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal, Erdészeti Igazgatóság

²Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdővagyon-gazdálkodási és Vidékfejlesztési Intézet

Kivonat

Az utóbbi években a természetszerű erdőgazdálkodás előtérbe kerülésével egyre nagyobb teret nyer a hazai erdőgazdálkodásban a szálaló és – ehhez kötődve – az átalakító üzemmód. Az említett üzemmódok szakszerű alkalmazása megköveteli a faállomány növedékének főbb vastagsági méretcsoportonkénti pontosabb becslését. A becslési munka gyorsítása és pontosabbá tétele céljából a szerzők új fatérfogat-becslési eljárást dolgoztak ki a 15 éves FNM mintavételek adatait alapul véve.

Kulcsszavak: szálaló és átalakító üzemmód, növedékbecslés, fatérfogat-számítás.

DETERMINATION OF THE VOLUME AND INCREMENT OF SELECTION AND TRANSFORMATION FORESTS WITH ONE-VARIABLE VOLUME FUNCTIONS

Abstract

Recently the selection and transformation systems became more and more important due to the close-to-nature forest management in Hungary. The application of these systems requires a more accurate estimation of the increment by diameter classes. In order to improve the accuracy and the speed of the inventory work the authors elaborated a new volume estimation method based on the data of the Growth Monitoring Network gathered for the past 15 years.

Keywords: selection system, transformation system, increment estimation, volume estimation

BEVEZETÉS

Szakmai körökben közismert tény, hogy a szálaló üzemmódú erdőkben a növedék és a kitermelt fatérfogat között szoros kapcsolat áll fenn. Ezekben az erdőtömbökben a kitermelhető famennyiség meghatározásához tehát – ellentétben a vágásos üzemmódú erdőkkel – fontosabb a növedék, mint a fakészlet ismerete.

Az erdőleírás során a megfelelő becslési mód kiválasztásakor ugyancsak szem előtt kell tartanunk, hogy a szálaló üzemmóddal kapcsolatos tervezési munkákhoz elengedhetetlen a faállomány vastagsági méretcsoportok szerinti megoszlásának ismerete. Ez eleve kizár több olyan hatékony erdőbecslési módot, mint pl. az egyszerű körlapösszegmérés (átlagfa és alakszám alkalmazásával), illetve a fatermési táblás becslés.

Biztosítani kell a fatérfogat becslési folyamat ellenőrizhetőségét is, hogy a gazdálkodó és a hatóság kölcsönösen meggyőződhesen egymás becslési munkájának pontosságáról.

Tekintettel arra, hogy a fatérfogat-becslési eljárás elsősorban a növedék, illetve a korábbi beavatkozás mértékének megállapítására szolgál, azt legalább 5–10 évenként meg kell ismételni.

A feladat tehát adott: gazdaságos, a visszatérést támogató és ellenőrizhető becslési módszer kidolgozása és alkalmazása, a faállomány vastagsági méretcsoportok szerinti megoszlásának ismeretével.

Az új erdőtvény kapcsán fokozott mértékben merült fel az igény egy olyan erdőbecslési eljárás kidolgozására, melynek alkalmazásával gyors és megbízható eredmények biztosíthatók a szálaló, illetve az átalakító üzemmódra előírt erdőtümbök növedékének becslésére.

Az új erdőbecslési eljárás fontos része az egyváltozós tarifarendszer kidolgozása, mivel részint jelentős mértékben leegyszerűsíti a terepi munkákat a magasságmérés elhagyása révén, részint pedig pontosabbá teszi a növedékszámítást.

Jelen cikkünkben az egyváltozós fatérfogatfüggvény („szilv”, „tarifa”) kidolgozása, paramétereinek kiszámítása terén elért eredményeinkről számolunk be.

TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

A szálaló erdők felmérésének történeti vonatkozásait áttekintve megállapítható, hogy az alapelv, miszerint a terepi munkák egyik leginkább időigényes (és leginkább hibaterhelt) része a magasságmérés, és ezt a munkafolyamatot célszerű lenne kiváltani oly módon, hogy az élőfakészlet meghatározásának pontossága ne csökkenjen számottevően, már korábban is többször felmerült külföldön is, itthon is. Palotay István 1958-ban tett javaslatot a szentgyörgyvölgyi szálalóerdők tervezése kapcsán egységes fatérfogat-tarifákra, a szilvekre, amelyeket az átmérő függvényében határozott meg (Palotay 1958). Megjegyzendő, hogy ez még a Sopp-táblákat megelőzően történt.

A *szilv* tehát gyakorlatilag nem más, mint egyváltozós fatérfogatfüggvény.

A szálaló üzemmódú erdők esetén az élőfakészlet ismereténél mindenképpen fontosabb a növedékének ismerete, mivel a szabályos szálaló erdőkben ez utóbbi alapján (azzal megegyezően) határozhatjuk meg a kitermelhető fatérfogatot.

Az egyváltozós fatérfogatfüggvény alkalmazása – a magasságmérés elhagyásának következtében – pontosabbá teszi a növedék meghatározását.

Ezt már Palotay (1958, 1965) is kimutatta. Néhány gondolat 1958. október 19-én Zalaegerszezen „Szálalóerdők erdőrendezési kérdése” címmel megtartott előadásából:

„Legyen a főállomány élőfakészlete egy bizonyos időpontban K_1 , és egy bizonyos időszak - az ún. ellenőrzési időszak - elmúltával K_2 . Ez tehát a kezdőkészlet és a zárókészlet. Legyen az ellenőrzési időszak folyamán kihasznált fatömeg H . Ha mármost a zárókészlethez hozzászámítjuk a használat fatömegét, és az összegből a kezdőkészletet levonjuk, akkor természetesen az ellenőrzési időszak folyamán keletkezett növedéket kapjuk, Z -t:

$$Z = K_2 + H - K_1$$

... A törzsenkénti felvétel a legpontosabb fatömegmérési módszerünk, eredményét egykorú erdőben »teljes pontosságúnak« szoktuk elfogadni. Erre jogunk is van, mert a helyesen végrehajtott törzsenkénti mérést csak elhanyagolhatóan kicsiny szabálytalan hiba terheli. Tudjuk, hogy a szabálytalan mérési hibák olyan – nehezen megállapítható – hibák, amelyek azonos valószínűséggel jelentkezhetnek pozitív és negatív irányban. ... Van azonban egy hibaforrás, amely a tapasztalat szerint a mérés pontosságát szálalóerdőben sokkal erősebben befolyásolja, mint az egykorú erdőben. Ez pedig a magasságmérés és a magasságmérés alapján szerkesztett magassági görbe.

Mi az oka annak, hogy a magassági görbe szálalóerdőben kisebb megbízhatósággal szerkeszthető meg, mint az egykorú erdőben? Az a tény, hogy a szálalóerdő fái sokkal nagyobb méretkülönbségeket mutatnak, mint az egykorú erdő fái. Azonos mellmagassági átmérőjű fák magasságában 50-100%-os különbségek elég gyakoriak a szálalóerdőben. Ezt könnyen érthetővé teszik azok a biológiai körülmények, amelyekről Roth Gyula a szálalóerdő jellemzése során említést tett. Egy-egy fa helyzete a közvetlen környezetéhez képest a szálalóerdőben sokkal változatosabb lehet, mint az egykorú erdő zárt koronasátorában. Ennek azután az a következménye, hogy ha egymás után kétszer, egymástól függetlenül, ugyanabban a szálalóerdőben 30-40 magasságmérést végzünk, és mindkét esetben megszerkesztjük a magassági görbét, a görbék közt elég nagy eltérés lesz. Az egyik görbe esetleg nagyobb, a másik esetleg kisebb fatömeget fog adni a valóságosnál. A fatömeg eltérése a szakemberek becslése szerint $\pm 5\%$ -ra is terjedhet.

Ha mármost a kezdőkészlet fatömegét mondjuk $+ 5\%$ -os hibával határoztuk meg, a zárókészletét pedig véletlenül $- 5\%$ -os hibával, akkor világos, hogy a növedéket erős torzítással fogjuk kapni. A fatömeg 5% -os hibája számításaim szerint a növedékben könnyen okozhat 50% -os hibát is. Ilyen nagy hiba pedig természetesen nem fogadható el. Az elmondottakra nézzünk egy hevenyészett példát. Legyen $K_1 = 1050 \text{ m}^3$, $K_2 = 1220 \text{ m}^3$; és $H = 100 \text{ m}^3$. Ekkor $Z = 1220 + 100 - 1050 = 270 \text{ m}^3$. Ha a kezdőkészletet hibásan 1100 m^3 -nek mértük, a zárókészletet pedig ellenkező előjelű, de azonos abszolút értékű hibával 1170 m^3 -nek mértük, akkor növedéknek $1170 + 100 - 1100 = 170 \text{ m}^3$ -t kapunk. Az eltérés tűrhetetlenül nagy!”

Összefoglalásként tehát megállapítható, hogy a magasságmérés, különösen a vegyeskorú faállományban a magassági görbe alkalmazása fokozott hibaforrást jelent.



Palotay (1965) megállapítását idézve: „A növedékhiba kiküszöbölésére az ad lehetőséget, hogy módunkban van az említett szabálytalan hibát szabályos hibával helyettesíteni. Ha a szabálytalan hibát szabályossá tesszük, akkor - mint minden szabályos hiba - mindig azonos előjellel fog jelentkezni. Ha pedig a fatömeget magát a korszak elején és végén mindkét esetben azonos értékű és előjelű hiba terheli, akkor a számított növedék igényeinknek teljesen megfelelő pontosságú lesz.

Szemléltetésül nézzük meg, hogyan alakulna növedékszámításunk, ha az előbb említett példában a kezdőkészlet is és a zárókészlet is mindkét esetben a valóságosnál 50 m^3 -rel magasabbnak állapítottuk volna meg. Így a szabályos hibával terhelt kezdőkészlet $K_1 = 1100 \text{ m}^3$ lenne, a zárókészlet $K_2 = 1270 \text{ m}^3$, ha $H=100 \text{ m}^3$ marad, akkor a növedék $Z = 1270 + 100 - 1100 = 270 \text{ m}^3$, vagyis pontosan ugyanannyi, mintha a fatömegeket pontosan állapítottuk volna meg. A gyakorlatban természetesen a többi hibaforrás megakadályozza, hogy a növedékszámítás egészen pontos eredményt adjon, de a hiba a megengedett mértéken belül fog maradni. ...

A tarifák legnagyobb előnye, hogy lehetővé teszik a növedék megfelelő pontosságú megállapítását. Alkalmazásuk másik haszna abban nyilvánul meg, hogy az erdőrendezési munkát nagymértékben egyszerűsíti. Főlösslegessé teszi ugyanis a famagasságmérést és a magassági görbe szerkesztését” (Palotay 1958).

ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ÉS EREDMÉNYEK

Figyelembe véve azt,

- hogy a száraló erdők vegyeskorúsága miatt a magassági görbék alkalmazása eléggé hibaterhelt,
- hogy a mintavétel során valamennyi fa magasságának megmérése igen sok időt – és munkaráfordítást – igényelne,

felvetődött, hogy a Sopp-táblák alapján meg lehetne próbálni fafajonként egyváltozós (átmérő) fatérfogatfüggvényt szerkeszteni, amelynek alkalmazása kiküszöbölné a magasságmérések szükségességét.

A Sopp-táblákból számított tarifa esetén azt tapasztaltuk, hogy a vastagsági méretcsoportok növekedésével arányosan növekszik az egy- és kétváltozós függvénnyel számított fatérfogatértékek közötti százalékos eltérés mértéke is.

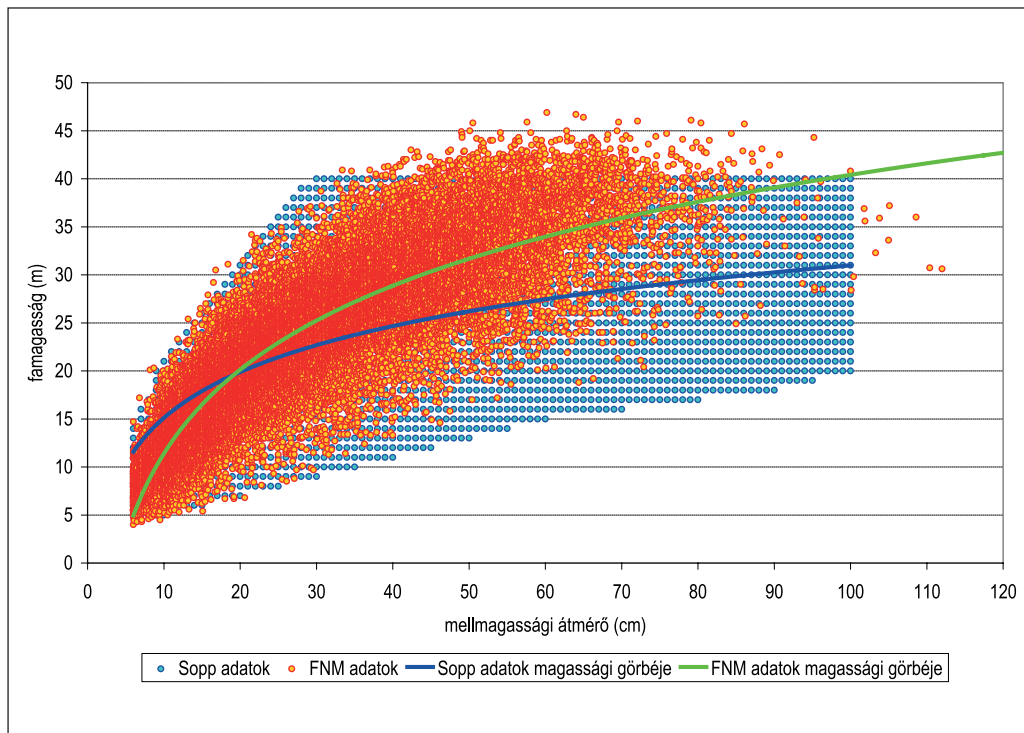
Az eltérést a bükk példáján szemléltetjük (1. ábra).

Az eltérés alapvető oka abban rejlik, hogy a Sopp-táblában (amelynek adatai alapján számítottuk a tarifákat) a bükk maximális magassága nem haladja meg a 40 métert, ennek következtében az átmérő/magasság adatpárok nem megfelelő eloszlásúak, ezért a Sopp-tábla adataiból számított magassági görbe (és ennek megfelelően az egyváltozós fatérfogatérték) az alacsonyabb értékek irányába tolódik el.

Összehasonlítottuk az FNM (Faállományok Növedékének Megfigyelése Monitoring Rendszer) felvételek során az egyedi felvételű mintafák adataival. (Megjegyzendő, hogy az FNM során készültek az utóbbi évek legpontosabb törzsenkénti faegyedfelvételei, ellenőrzött törzsenkénti magasságméréssel.) Jól látható, hogy az adatok természetesebb eloszlása következtében a vas-

tagabb átmérő mérettartományokban az FNM-adatok alapján számított magassági görbe akár 2 méterrel is meghaladja a Sopp-tábla adataiból számított magassági görbét.

A fentiekből kiindulva arra a megállapításra jutottunk, hogy a tarifákat, vagyis az egyváltozós fatérfogatfüggvény fafajonkénti paramétereit az FNM-felvételek adataiból célszerű kiszámítani.



1. ábra: A bükk faegyedek magassága az átmérő függvényében
Figure 1: Height of beech trees as a function of their diameter

Az egyváltozós fatérfogatfüggvény paramétereinek kiszámítása

A Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Erdészeti Igazgatósága az Erdővagyon-gazdálkodási Intézet rendelkezésére bocsátotta az FNM-1 három felvételi ciklusában egyedi felvételű mintakörökben mért mintafák adatait, melyek fafajonkénti, illetve fafaj-csoportonkénti eloszlását az 1. táblázat szemlélteti.

A számításokat erdészeti nagytájanként végeztük el, természetesen csak azokra a nagytájakra vonatkozóan, ahol az adott fafaj, illetve fafajcsoport megfelelő számban reprezentálva van.

A mintafák fatérfogatát a mellmagassági átmérő függvényében vizsgáltuk.

Fafajonként és erdészeti nagytájanként számítottuk ki a paramétereiket.



Alapvetően két függvényt alkalmaztunk. 15–25 cm átmérőig hatványfüggvényt, ezen felül pedig $m=0$ másodfokú polinomiális függvényt. Az alacsonyabb mérettartományokban ugyanis inkább a hatványfüggvény, a magasabb méretcsoportokban pedig a polinomiális függvény fejezte ki jobban az összefüggés jellegét:

$$Szilv = q_1 \cdot d^{q_2} \quad (1),$$

illetve:

$$Szilv = b_2 \cdot d^2 + b_1 \cdot d \quad (2),$$

ahol: d – mellmagassági átmérő (cm);
 q_1, q_2, b_1, b_2 – paraméterek.

Az erdészeti nagytájak kódjai:

- 1 – Nagyalföld
- 2 – Északi-középhegység
- 3 – Dunántúli-középhegység
- 4 – Kisalföld
- 5 – Nyugat-Dunántúl
- 6 – Dél-Dunántúl

Ha egy faj (vagy fajcsoport) vonatkozásában egy adott erdőgazdasági nagytájban kellő mennyiségű – legalább 500 db – FNM mintafa állt a rendelkezésünkre, akkor az adott fajra és az adott erdészeti nagytájra külön paraméterkészletet számítottunk.

Abban az esetben viszont, ha az adott fajcsoport FNM mintafáinak száma erdészeti nagytájaként alacsony volt, illetve egyes esetekben az erdészeti nagytájaként nem tapasztaltunk lényeges különbséget, akkor egy faj esetén közös paraméter számítottunk néhány erdészeti nagytájra (pl. KTT esetén a Nagyalföldre és a Kisalföldre), vagy pedig mind a hat erdészeti nagytájra (pl. a juharok, a szilek, a nyírek, a lucfenyő és a vörösfenyő esetén).

Ezzel a függvénnyel kiszámítottuk az FNM mintafák térfogatát, és azt egybevetettük a kétváltozós (Király-féle) fatérfogatfüggvénnyel számított értékekkel. Az egybevetés eredményét az 1. táblázat szemlélteti. A táblázatban külön színnel jelöltük azokat az erdészeti nagytájakat, amelyek esetén az adott fajra (fajcsoportra) külön paramétert számítottunk.

A 2.a–c táblázatokban fajonként, illetve fajcsoportonként közöljük az erdészeti nagytájakénti paramétereket.

A táblázatok második oszlopában szereplő q_3 érték azt a mellmagassági átmérő értéket jelenti (cm-ben), amelynél a szilv érték hatványfüggvénye (1) átvált a szilv érték másodfokú polinomiális függvényére (2). Ezt a q_3 értéket, amely 15 és 25 cm mellmagassági átmérő között változik, fajonként, grafikus úton határoztuk meg. Megjegyezzük, hogy ez az átmérő-mérettartomány jóval a szálaló üzemmódban kitermelhető célátmérő értéke alatt található, így nem befolyásolja jelentősen a növedékszámítást.

A szilek esetében a q_3 értéke: 10000 cm. Ez azt jelenti, hogy a rendelkezésünkre álló kisszámú FNM mintafa alapján végzett számítások eredményeként a teljes átmérő-mérettartományban (valamennyi erdészeti nagytájra vonatkoztatva) a szilv érték hatványfüggvénye (1) jól kifejezi az átmérő és a fatérfogat közötti összefüggést. Megjegyezzük, hogy a szilek esetében viszonylag kis mennyiségben szereplő elegyfajáról van szó.

1. táblázat: Az FNM mintafák darabszáma, két- és egyváltozós függvénnyel számolt fatérfogata fafajonként és erdészeti nagytájanként (folytatása a következő oldalon)



Table 1: Number of FNM trees and their volume calculated with one- and two input variable functions by species and forest regions (continued on the next page)

| | | Erdészeti Nagytájak | | | | | | |
|-------|-------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Fafaj | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Ó |
| B | db | 1 754 | 11 586 | 4 817 | 236 | 3 883 | 3 179 | 25 455 |
| | V | 418 | 16 789 | 8 621 | 50 | 9 152 | 6 077 | 41 108 |
| | Szilv | 432 | 17 018 | 8 742 | 52 | 9 240 | 6 127 | 41 611 |
| | S/V% | 103,3% | 101,4% | 101,4% | 103,5% | 101,0% | 100,8% | 101,2% |
| CS | db | 721 | 16 289 | 16 043 | 836 | 1 918 | 8 014 | 43 821 |
| | V | 408 | 8 757 | 10 425 | 1 185 | 1 538 | 6 933 | 29 246 |
| | Szilv | 413 | 8 770 | 10 483 | 1 185 | 1 552 | 6 922 | 29 326 |
| | S/V% | 101,2% | 100,2% | 100,6% | 100,0% | 100,9% | 99,8% | 100,3% |
| KTT | db | 7 | 24 217 | 4 063 | 72 | 2 793 | 2 463 | 33 615 |
| | V | 16 | 14 084 | 3 296 | 150 | 3 164 | 2 802 | 23 512 |
| | Szilv | 16 | 14 229 | 3 319 | 150 | 3 189 | 2 810 | 23 713 |
| | S/V% | 100,0% | 101,0% | 100,7% | 100,0% | 100,8% | 100,3% | 100,9% |
| KST | db | 9 104 | 1 270 | 1 353 | 914 | 3 277 | 5 586 | 21 504 |
| | V | 6 958 | 777 | 1 425 | 1 003 | 3 140 | 6 511 | 19 814 |
| | Szilv | 7 008 | 778 | 1 434 | 999 | 3 174 | 6 506 | 19 899 |
| | S/V% | 100,7% | 100,1% | 100,6% | 99,5% | 101,1% | 99,9% | 100,4% |
| GY | db | 799 | 10 729 | 6 203 | 549 | 4 448 | 7 380 | 30 108 |
| | V | 323 | 3 048 | 2 281 | 156 | 1 610 | 2 607 | 10 025 |
| | Szilv | 317 | 3 098 | 2 320 | 164 | 1 627 | 2 611 | 10 137 |
| | S/V% | 98,0% | 101,7% | 101,7% | 105,1% | 101,1% | 100,1% | 101,1% |
| KÖRIS | db | 3 444 | 2 248 | 5 847 | 808 | 425 | 1 164 | 13 936 |
| | V | 1 828 | 874 | 1 481 | 440 | 344 | 412 | 5 380 |
| | Szilv | 1 858 | 890 | 1 538 | 441 | 342 | 421 | 5 489 |
| | S/V% | 101,6% | 101,8% | 103,8% | 100,1% | 99,5% | 102,0% | 102,0% |
| JUHAR | db | 2 113 | 3 382 | 2 554 | 382 | 394 | 1 832 | 10 657 |
| | V | 530 | 800 | 805 | 148 | 147 | 589 | 3 019 |
| | Szilv | 536 | 836 | 856 | 138 | 131 | 558 | 3 056 |
| | S/V% | 101,2% | 104,5% | 106,4% | 93,5% | 89,1% | 94,7% | 101,2% |
| SZIL | db | 826 | 153 | 322 | 68 | 64 | 593 | 2 026 |
| | V | 213 | 57 | 66 | 47 | 19 | 134 | 536 |
| | Szilv | 208 | 49 | 64 | 45 | 16 | 130 | 511 |
| | S/V% | 97,6% | 85,9% | 96,7% | 96,3% | 84,3% | 96,5% | 95,4% |
| A | db | 26 662 | 10 105 | 3 767 | 1 994 | 5 020 | 11 563 | 59 111 |
| | V | 5 410 | 2 293 | 958 | 480 | 1 406 | 2 995 | 13 541 |
| | Szilv | 5 530 | 2 326 | 965 | 486 | 1 425 | 3 025 | 13 757 |
| | S/V% | 102,2% | 101,4% | 100,8% | 101,4% | 101,4% | 101,0% | 101,6% |
| EKL | db | 2 398 | 1 831 | 1 010 | 282 | 428 | 1 372 | 7 321 |
| | V | 644 | 446 | 285 | 179 | 205 | 473 | 2 233 |
| | Szilv | 620 | 507 | 336 | 168 | 201 | 477 | 2 309 |
| | S/V% | 96,3% | 113,7% | 117,8% | 93,8% | 98,0% | 100,7% | 103,4% |
| NYI | db | 64 | 98 | 29 | 30 | 99 | 478 | 798 |
| | V | 15 | 32 | 11 | 13 | 32 | 200 | 303 |
| | Szilv | 17 | 31 | 10 | 15 | 31 | 201 | 305 |
| | S/V% | 111,2% | 99,2% | 94,4% | 111,6% | 95,5% | 100,4% | 100,6% |

= egyedi paraméter
 = közös paraméter

1. táblázat: (folytatás az előző oldalról). Az FNM mintafák darabszáma, két- és egyváltozós függvénnyel számolt fatérfogata fajonként és erdészeti nagytájanként
Table 1: (continued from the previous page) Number of FNM trees and their volume calculated with one- and two input variable functions by species and forest

| | | Erdészeti Nagytájak | | | | | | |
|-------|-------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Fafaj | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Ó |
| ÉGER | db | 729 | 438 | 374 | 950 | 1 366 | 6 644 | 10 501 |
| | V | 251 | 192 | 162 | 301 | 584 | 3 197 | 4 688 |
| | Szilv | 256 | 193 | 162 | 305 | 592 | 3 197 | 4 705 |
| | S/V% | 102,2% | 100,4% | 99,7% | 101,2% | 101,3% | 100,0% | 100,4% |
| HÁRS | db | 172 | 987 | 2 031 | 226 | 377 | 3 977 | 7 770 |
| | V | 37 | 352 | 742 | 44 | 96 | 1 977 | 3 249 |
| | Szilv | 37 | 364 | 751 | 43 | 90 | 1 993 | 3 278 |
| | S/V% | 99,6% | 103,4% | 101,3% | 97,5% | 93,8% | 100,8% | 100,9% |
| HNY | db | 4 753 | 336 | 138 | 347 | 157 | 332 | 6 063 |
| | V | 3 514 | 99 | 151 | 450 | 80 | 438 | 4 732 |
| | Szilv | 3 548 | 95 | 176 | 420 | 75 | 470 | 4 783 |
| | S/V% | 100,9% | 95,8% | 116,7% | 93,4% | 93,6% | 107,4% | 101,1% |
| FUZ | db | 1 472 | 156 | 107 | 420 | 93 | 306 | 2 554 |
| | V | 1 009 | 68 | 84 | 237 | 36 | 213 | 1 648 |
| | Szilv | 1 004 | 70 | 85 | 236 | 38 | 217 | 1 651 |
| | S/V% | 99,5% | 102,5% | 101,3% | 99,4% | 107,3% | 102,0% | 100,2% |
| EF | db | 10 231 | 4 339 | 1 823 | 851 | 7 852 | 4 789 | 29 885 |
| | V | 2 052 | 1 092 | 465 | 247 | 3 674 | 1 969 | 9 499 |
| | Szilv | 2 080 | 1 106 | 473 | 251 | 3 701 | 1 985 | 9 595 |
| | S/V% | 101,3% | 101,3% | 101,7% | 101,8% | 100,7% | 100,8% | 101,0% |
| FF | db | 8 063 | 1 793 | 1 931 | 534 | 166 | 644 | 13 131 |
| | V | 1 497 | 571 | 523 | 136 | 105 | 250 | 3 083 |
| | Szilv | 1 535 | 574 | 532 | 147 | 98 | 256 | 3 142 |
| | S/V% | 102,5% | 100,4% | 101,8% | 107,7% | 93,4% | 102,3% | 101,9% |
| LF | db | 25 | 899 | 100 | 0 | 2 675 | 170 | 3 869 |
| | V | 12 | 401 | 55 | 0 | 921 | 45 | 1 433 |
| | Szilv | 15 | 401 | 56 | 0 | 930 | 50 | 1 452 |
| | S/V% | 125,9% | 100,0% | 102,3% | 0,0% | 101,0% | 112,6% | 101,3% |
| VF | db | 2 | 106 | 32 | 0 | 241 | 109 | 490 |
| | V | 1 | 35 | 23 | 0 | 180 | 35 | 273 |
| | Szilv | 1 | 39 | 22 | 0 | 175 | 38 | 275 |
| | S/V% | 156,3% | 111,3% | 95,6% | 0,0% | 97,3% | 109,7% | 100,7% |
| Ó | db | 73 339 | 90 962 | 52 544 | 9 499 | 35 676 | 60 595 | 322 615 |
| | V | 25 137 | 50 767 | 31 858 | 5 266 | 26 434 | 37 861 | 177 323 |
| | Szilv | 25 431 | 51 375 | 32 323 | 5 244 | 26 629 | 37 993 | 178 995 |
| | S/V% | 101,2% | 101,2% | 101,5% | 99,6% | 100,7% | 100,3% | 100,9% |

 = egyedi paraméter
 = közös paraméter

2a. táblázat: Az 1. és 2. erdészeti nagytájra számított függvényparaméterek fajonként, illetve fajcsoportonként
 Table 2a: Function parameters calculated for the forest regions 1. and 2. by species or species groups

| F-fajok, fajfaj- csoportok | Függvény- váltás az alábbi q_3 átmérőnél | q_1 | q_2 | Erdőgazdasági nagytájak | | | | | |
|----------------------------------|---|--------------|----------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-------|--|
| | | | | 1 (Nagyalföld) | | | 2 (Északi-köz) | | |
| | | | | b_1 | b_2 | | b_1 | b_2 | |
| B | 25 | 0.000143085 | 2.585215178 | -6.97961239686812E-03 | 1.14874307642468E-03 | -2.82046041469785E-02 | 2.03510784817563E-03 | | |
| CS | 20 | 0.000152502 | 2.525756479 | -1.15308517100539E-02 | 1.30711595043771E-03 | -8.71994010156667E-03 | 1.20541252392607E-03 | | |
| KTT | 20 | 0.000154198 | 2.538238746167 | -2.13869314854522E-02 | 1.89821582001005E-03 | -1.29635291522423E-02 | 1.41437167623295E-03 | | |
| KST | 15 | 0.000144399 | 2.554299247 | -1.62910338928304E-02 | 1.53858531867429E-03 | -1.72449304226247E-02 | 1.5033219516604E-03 | | |
| GY | 20 | 0.000113374 | 2.653923725 | -1.22946932930412E-02 | 1.50189849515706E-03 | -1.18681185304861E-02 | 1.43016800303248E-03 | | |
| KÖRIS | 20 | 0.000147585 | 2.504068665 | -1.53708907814501E-02 | 1.47647434248382E-03 | -1.16348235416329E-02 | 1.27196474203225E-03 | | |
| JUHAR | 15 | 0.000144969 | 2.505918141 | -7.88180297139097E-03 | 1.11394033946166E-03 | -7.88180297139097E-03 | 1.11394033946166E-03 | | |
| SZIL | 10000 | 0.000152455 | 2.520548795 | - | - | - | - | | |
| A | 15 | 0.000278273 | 2.325712979 | -7.19347469216725E-03 | 1.13964759826391E-03 | -5.39472779512457E-03 | 1.01198991637111E-03 | | |
| EKL | 15 | 0.00014959 | 2.521173605 | -1.42657571988033E-02 | 1.50174365669838E-03 | -1.42657571988033E-02 | 1.50174365669838E-03 | | |
| NYI | 15 | 0.0002437096 | 2.3468384385 | -6.11212488842863E-03 | 1.01616023183472E-03 | -6.11212488842863E-03 | 1.01616023183472E-03 | | |
| ÉGER | 15 | 0.0001268416 | 2.5724599347 | -0.013743530297983 | 1.415356866970762E-03 | -7.05507065149106E-03 | 1.06141830687448E-03 | | |
| HÁRS | 15 | 0.0001419957 | 2.5232849395 | -6.67726631567169E-03 | 1.04374793803275E-03 | -6.67726631567169E-03 | 1.04374793803275E-03 | | |
| HNY | 25 | 0.000208249 | 2.400358532 | -1.33833552785431E-02 | 1.30601061599495E-03 | -1.41926578264223E-02 | 1.29708210664693E-03 | | |
| FUZ | 15 | 0.0002700665 | 2.2830953171 | -5.67270584663243E-03 | 9.136229035936718E-04 | -5.60704046288529E-04 | 7.7794784679077E-04 | | |
| EF | 15 | 0.0002340744 | 2.3690329819 | -4.68853358191011E-03 | 9.20148409196933E-04 | -6.86637949064468E-03 | 1.07036748655641E-03 | | |
| FF | 15 | 0.0003173723 | 2.2674795768 | -6.46036300831368E-03 | 1.06778004845038E-03 | -4.86161693644108E-03 | 9.79702668648055E-04 | | |
| LF | 15 | 0.0002201214 | 2.4524289725 | -9.93583301949182E-03 | 1.40287402115905E-03 | -9.93583301949182E-03 | 1.40287402115905E-03 | | |
| VF | 15 | 0.0001443232 | 2.5323062163 | -8.377829030866303E-03 | 1.21270912125558E-03 | -8.377829030866303E-03 | 1.21270912125558E-03 | | |

2b. táblázat: A 3. és 4. erdészeti nagytájra számított függvényparaméterek fajonként, illetve fajcsoportonként
Table 2b: Function parameters calculated for the forest regions 3. and 4. by species or species groups

| Fafajok, fafaj- csoportok | Függvény- váltás az alábbi q_3 átmérőnél | q_1 | q_2 | Erdőgazdasági nagytájak | | | |
|---------------------------------|---|--------------|----------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | | | | 1 (Dunántúli-ktg.) | | 2 (Kisalföld) | |
| | | | | b_1 | b_2 | b_1 | b_2 |
| B | 25 | 0.000143085 | 2.585215178 | -2.97169731206887E-02 | 2.09666383533406E-03 | -5.0347495193129E-03 | 1.02099482441405E-03 |
| CS | 20 | 0.000152502 | 2.525756479 | -1.01134999837917E-02 | 1.2553775387919E-03 | -0.013350415669746 | 1.54088274348534E-03 |
| KTT | 20 | 0.000154198 | 2.538238746167 | -1.34263806638049E-02 | 1.42479200183297E-03 | -2.13869314854522E-02 | 1.89821582001005E-03 |
| KST | 15 | 0.000144399 | 2.554299247 | -1.92739479788337E-02 | 1.62700689024175E-03 | -2.25322425823703E-02 | 1.71557898338937E-03 |
| GY | 20 | 0.000113374 | 2.653923725 | -1.29402331929791E-02 | 1.48251752942984E-03 | -1.22946992930412E-02 | 1.50189849515706E-03 |
| KÖRIS | 20 | 0.000147585 | 2.504068665 | -9.98795896464239E-03 | 1.17997621010481E-03 | -1.05545783665538E-02 | 1.11394033946166E-03 |
| JUHAR | 15 | 0.000144969 | 2.505918141 | -7.88180297139097E-03 | 1.11394033946166E-03 | -7.88180297139097E-03 | 1.11394033946166E-03 |
| SZIL | 10000 | 0.000152455 | 2.520548795 | - | - | - | - |
| A | 15 | 0.000278273 | 2.325712979 | -2.85457569086542E-03 | 8.92660839379331E-04 | -6.54459004941061E-03 | 1.12656643174378E-03 |
| EKL | 15 | 0.00014959 | 2.521173605 | -1.42657571988033E-02 | 1.50174365669838E-03 | -1.42657571988033E-02 | 1.50174365669838E-03 |
| NYI | 15 | 0.0002437096 | 2.3468384385 | -6.11212488842863E-03 | 1.01616023183472E-03 | -6.11212488842863E-03 | 1.01616023183472E-03 |
| ÉGER | 15 | 0.0001268416 | 2.5724599347 | -5.79771989177127E-03 | 1.08890760388374E-03 | -8.0846781813427E-03 | 1.14360994976842E-03 |
| HÁRS | 15 | 0.0001419957 | 2.5232849395 | -5.37690871176122E-03 | 1.00552246014319E-03 | -6.67726631567169E-03 | 1.04374793803275E-03 |
| HNY | 25 | 0.000208249 | 2.400358532 | -1.41926578264223E-02 | 1.29708210664693E-03 | -1.41926578264223E-02 | 1.29708210664693E-03 |
| FUZ | 15 | 0.0002700665 | 2.2830953171 | -5.60704406288529E-04 | 7.7794784679077E-04 | -5.60704406288529E-04 | 7.7794784679077E-04 |
| EF | 15 | 0.0002340744 | 2.3680329819 | -7.16468932538096E-03 | 1.05937085024247E-03 | -8.09976244213446E-03 | 1.09742290769757E-03 |
| FF | 15 | 0.0003173723 | 2.2674795768 | -6.62850503762359E-03 | 1.05105873077576E-03 | -0.01156610710602 | 1.3360430390142E-03 |
| LF | 15 | 0.0002201214 | 2.4524289725 | -9.93583301949182E-03 | 1.40287402115905E-03 | -9.93583301949182E-03 | 1.40287402115905E-03 |
| VF | 15 | 0.0001443232 | 2.5323062163 | -8.37782903086303E-03 | 1.21270912125558E-03 | -8.37782903086303E-03 | 1.21270912125558E-03 |

2c. táblázat: Az 5. és 6. erdészeti nagytájra számított függvényparaméterek fajonként, illetve fajcsoportonként
 Table 4c: Function parameters calculated for the forest regions 5. and 6. by species or species groups

| Fajok, fajcsoportok | Függvény- váltás az alábbi q_3 átmérőnél | q_1 | q_2 | Erdőgazdasági nagytájak | | | |
|------------------------|---|--------------|----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | 1 (Nyugat-Dunántúli) | | 2 (Déli-Dunántúli) | |
| | | | | b_1 | b_2 | b_1 | b_2 |
| B | 25 | 0.000143085 | 2.585215178 | 2.585215178 | 2.49856575595877E-03 | -3.27294633398061E-02 | 2.20987513374501E-03 |
| CS | 20 | 0.000152502 | 2.525756479 | 2.525756479 | 1.57819261331191E-03 | -1.22320651072631E-02 | 1.455764394786882E-03 |
| KTT | 20 | 0.000154198 | 2.538238746167 | 2.538238746167 | 1.97664760951957E-03 | -1.92625888186143E-02 | 1.7766688428563E-03 |
| KST | 15 | 0.000144399 | 2.554299247 | 2.554299247 | 1.56178438948637E-03 | -2.18799974152802E-02 | 1.787037975264443E-03 |
| GY | 20 | 0.000113374 | 2.653923725 | 2.653923725 | 1.70196602916879E-03 | -1.42719219803209E-02 | 1.616425538882219E-03 |
| KÖRIS | 20 | 0.000147585 | 2.504068665 | 2.504068665 | 1.370103688331055E-03 | -1.30643900245212E-02 | 1.37581162998607E-03 |
| JUHAR | 15 | 0.000144969 | 2.505918141 | 2.505918141 | 1.11394033946166E-03 | -7.88180297139097E-03 | 1.11394033946166E-03 |
| SZIL | 10000 | 0.000152455 | 2.520548795 | 2.520548795 | - | - | - |
| A | 15 | 0.000278273 | 2.325712979 | 2.325712979 | 1.28812155696828E-03 | -5.96891855439397E-03 | 1.08466855324549E-03 |
| EKL | 15 | 0.00014959 | 2.521173605 | 2.521173605 | 1.50174365669838E-03 | -1.42657571988033E-02 | 1.50174365669838E-03 |
| NYI | 15 | 0.0002437096 | 2.3468384385 | 2.3468384385 | 1.01616023183472E-03 | -6.11212488842863E-03 | 1.01616023183472E-03 |
| ÉGER | 15 | 0.0001268416 | 2.5724599347 | 2.5724599347 | 1.35852069371607E-03 | -7.24786849277678E-03 | 1.131586601502773E-03 |
| HÁRS | 15 | 0.0001419957 | 2.5232849395 | 2.5232849395 | 1.04374793803275E-03 | -1.40465482218093E-02 | 1.39679232089052E-03 |
| HNY | 25 | 0.000208249 | 2.400358532 | 2.400358532 | 1.29708210664693E-03 | -1.41926578264223E-02 | 1.29708210664693E-03 |
| FUZ | 15 | 0.0002700665 | 2.2830953171 | 2.2830953171 | 7.7794784679077E-04 | -5.60704406288529E-04 | 7.7794784679077E-04 |
| EF | 15 | 0.0002340744 | 2.3690329819 | 2.3690329819 | 1.24883517577267E-03 | -9.10012840895543E-03 | 1.1892118341603E-03 |
| FF | 15 | 0.0003173723 | 2.2674795768 | 2.2674795768 | 1.3360430390142E-03 | -0.01156610710602 | 1.3360430390142E-03 |
| LF | 15 | 0.0002201214 | 2.4524289725 | 2.4524289725 | 1.40287402115905E-03 | -9.93583301949182E-03 | 1.40287402115905E-03 |
| VF | 15 | 0.0001443232 | 2.5323062163 | 2.5323062163 | 1.21270912125558E-03 | -8.37782903086303E-03 | 1.21270912125558E-03 |

Megvizsgáltuk továbbá, hogy néhány kiemelt fafajra (B, KTT, KST, CS és EF) alkalmazható-e egyváltozós fatérfogatfüggvény a fatermési csoportok (jó – közepes – gyenge) szerint. E felosztást a legutóbbi fatermési táblák alapján végeztük el, a bükk esetében ezt módosítottuk az FNM-felvételek alapján.

Ez a tarifarendszer véleményünk szerint elsősorban inkább az átalakító üzemmódú erdőtömbök felvételénél alkalmazható, hiszen e módszer többé-kevésbé homogén faállományt feltételez. A fatermési csoportot ugyanis a faállomány korának, illetve átlagmagasságának alapján lehet meghatározni. Vegyeskorú beállt szálaló üzemmód esetén elméletileg megállapítható a fatermési csoport a főfafaj felső koronaszintű állományrésze alapján, mindazonáltal hibalehetőségeket hordoz.

3. táblázat: *Fatermési csoportonként (jó – közepes – gyenge) számított függvényparaméterek fajonként, illetve fajcsoportonként*

Table 3: *Function parameters calculated by yield class groups (good – medium – poor) and species or species groups*

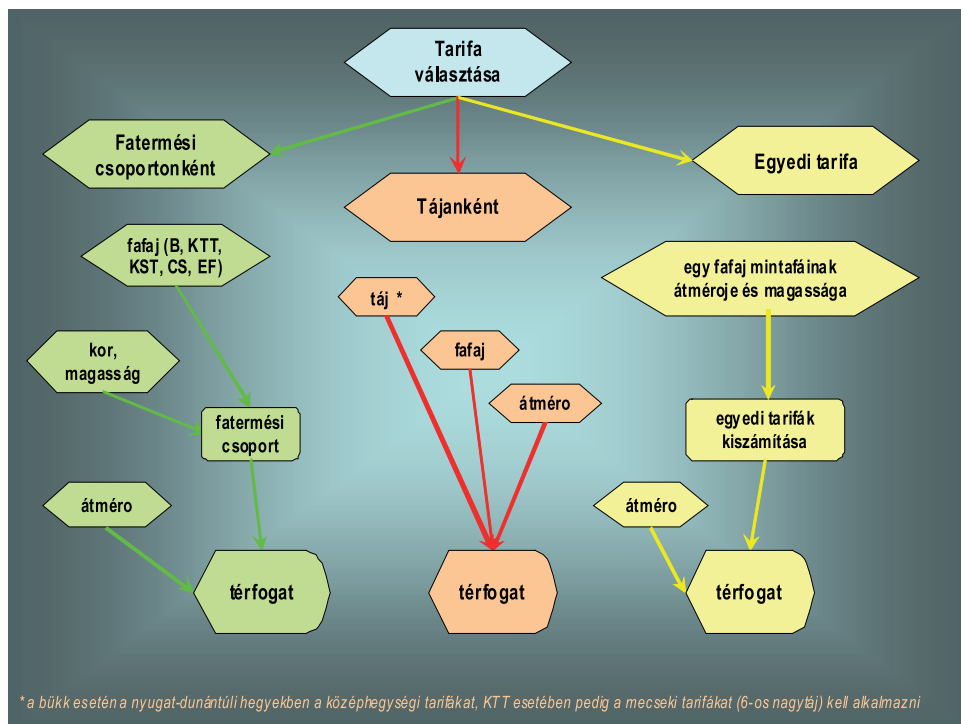
| Fafajok | Függvényváltás az alábbi q_3 átmérőnél (cm) | q_1 | q_2 | Fatermési csoportok | | | | | |
|---------|---|------------|------------|---------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | | | | 1 (jó) | | 2 (közepes) | | 3 (gyenge) | |
| | | | | b_1 | b_2 | b_1 | b_2 | b_1 | b_2 |
| B | 20 | 0,00014309 | 2,58521518 | -0,03536006 | 0,00235388 | -0,01553711 | 0,00161491 | -0,00741706 | 0,00113445 |
| CS | 10 | 0,0001525 | 2,52575648 | -0,01275105 | 0,0014556 | -0,00763398 | 0,00113759 | -0,00505379 | 0,0008718 |
| KST | 20 | 0,0001444 | 2,55429925 | -0,02139561 | 0,00180355 | -0,01483449 | 0,00147919 | -0,00566058 | 0,00098092 |
| KTT | 20 | 0,0001542 | 2,53823875 | -0,02019423 | 0,00182426 | -0,01269817 | 0,0014223 | -0,00800914 | 0,00108512 |
| EF | 10 | 0,00023407 | 2,36903298 | -0,01105059 | 0,00129153 | -0,00889996 | 0,00118571 | -0,00489305 | 0,00093402 |

A fenti paraméterek alapján egyszerű, akár MS Excel táblázatkezelő programra írt számítógépes alkalmazásokat, algoritmusokat készíthetünk, melynek vázlatát a 2. ábrán szemléltetjük.

A „táj” elemhez a 2. ábrán fűzött megjegyzés tapasztalati számításokon alapul. A bükk esetén az 5. erdészeti nagytájban (Nyugat-Dunántúl) a kiváló fatermésű zalai bükkösök megnövelik a szilv értékét, ezért az itteni hegyvidéki bükkök esetében inkább a középhegységi (2. és 3. erdészeti nagytájak) függvényparaméterei fejezik ki jobban az átmérő és a fatérfogat közötti összefüggést. Hasonló a magyarázat a kocsánytalan tölgy esetében is, a megfelelő paraméterkészletet a Sopron-környéki hegyvidéki mintafák átmérő-fatérfogat összefüggései alapján javasoljuk.

Az algoritmus lehetővé teszi mind a fatermési csoportok, mind pedig az erdészeti nagytájak szerinti számítást, továbbá azt, hogy az adott erdőtömbre egyedi tarifákat szerkesszünk. Ez utóbbihoz a terepen le kell mérni mintegy 12 – 12 db mintafa átmérőjét és magasságát a legvékonyabb és a legvastagabb vastagsági méretcsoportból. Ezekből az adatokból a Király-féle kétváltozós fatérfogatfüggvénnyel kiszámítható a mintafák térfogata, az így kiszámított fatérfogatból a körlap függvényében fatömegegyenes szerkeszthető, és ebből készíthető egyváltozós fatérfogatfüggvény az átmérő függvényében.

Az egyedi tarifák alkalmazása kapcsán fontos megjegyeznünk, hogy a legközelebbi visszatérő mérések adatainak feldolgozásakor az előző adatfeldolgozásnál alkalmazott tarifákat, illetve függvényparamétereket célszerű felhasználni.



2. ábra: Az egyváltozós fatérfogatfüggvény algoritmusának sémája
Figure 2: Scheme of the algorithm of the one variable volume function

AZ EGYVÁLTOZÓS FATÉRFOGAT-SZÁMÍTÁS EDDIGI EREDMÉNYEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Összefoglalásként megállapítható, hogy az egyváltozós fatérfogatfüggvény alkalmazása

- nagymértékben egyszerűsíti a terepi adatfelvételi munkát, mivel lehetőséget nyújt a magasságmérés elhagyására;
- pontosabbá teszi a növedék meghatározását;
- az FNM egyedi felvételű mintafák adatai alapján fajanként (fafajcsoportonként) és erdészeti nagytájanként, illetve fatermési csoportonként kiszámíthatók a megfelelő egyváltozós fatérfogatfüggvény paraméterei, amelyek a továbbiakban egységesként is kezelhetők;
- egy-egy konkrét erdőtömbre helyi tarifák is számíthatók, ám ezeknek a paramétereit célszerű feljegyezni az ellenőrző mérések megkönnyítése végett.



KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani a Pilisi Parkerdő Zrt.-nek, a Zalaerdő Zrt.-nek, a KAEG Zrt.-nek, továbbá a NymE-ERFARET Nyugat-magyarországi Egyetem Erdő- és Fahasznosítási Tudásközpont Nonprofit Kft.-nek a GOP-1.1.2-08/1-2008-0004 projekt keretében nyújtott támogatásukért. A kutatást támogatták továbbá a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 és a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 projektek.

Köszönetünket fejezzük ki továbbá a Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Erdészeti Igazgatósága minden munkatársának, aki rendszeres konzultációkkal, hasznos tanácsokkal segítette munkánkat.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Palotay I. 1958: Szálalóerdők erdőrendezési kérdései. Előadás, Zalaegerszeg, 1958. X. 19.
(http://www.aesz.hu/pdf/szal_hazai.pdf)
- Palotay I. 1965: Fatömegtarifák. *Az Erdő*, 14(9): 385-388.
- Sopp L. és Kolozs L. (szerk.) 2000: Fatömegszámítási táblázatok. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest

Érkezett: 2012. február 27.
Elfogadva: 2012. szeptember 3.

AZ ERDŐTELEPÍTÉS SZEREPE A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSÁNAK MÉRSÉKLÉSÉBEN

Gálos Borbála¹, Mátyás Csaba¹ és Jacob Daniela²

¹Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

²Climate Service Center – eine Einrichtung am Helmholtz-Zentrum

Kivonat

Az aszályos nyarak valószínűségének és szélsőségségének várható alakulását, valamint az erdőterület-változás lehetséges klímamódosító hatását a REMO regionális klímamodell segítségével elemeztük. A 2021-2025-ös időszakra vizsgáltuk, hogy a rossz adottságú és gyenge minőségű szántók helyére tervezett erdők, illetve az egész ország beerdősítése milyen irányban és mértékben képes befolyásolni az A1B kibocsátási forgatókönyv alapján előrejelzett hőmérséklet- és csapadéktendenciákat. A feltételezett maximális erdőtelepítés hatását az 2071-2100-as periódusra, fokozottan melegedő és szárazodó éghajlati viszonyok között is számszerűsítettük.

A modellszimulációk eredményei alapján a 21. század végén a melegedő-szárazodó tendencia az ország délnyugati részén a legnagyobb. A gazdaságtalan szántók helyén potenciálisan megvalósítható, országos átlagban 7 %-os erdőterület-növekedésnek nincs jelentős hatása a regionális éghajlati viszonyokra. A 2071-2100-ig tartó időszakra az erős szászodó tendenciát csak az ország növényzettel borított felszíneinek teljes beerdősítésével lehetne jelentősen enyhíteni. Az erdőtelepítés legnagyobb hatása az északkelet-magyarországi régióban mutatható ki, ahol a klímaváltozással járó csapadékmennyiség csökkenés akár 50 %-kal mérsékelhető, amennyiben van elegendő vízmennyiség a talajban.

Kulcsszavak: klímaváltozás, aszály, erdőterület változás éghajlati hatásai

THE ROLE OF AFFORESTATION IN MITIGATING CLIMATE CHANGE

Abstract

For the 21st century warming and drying of summers in Hungary are projected to be more extreme than the hemispheric average. Climate change impact studies in the region show that recurrent droughts cause growth decline and mortality of zonal forests at their lower (xeric) limit of distribution. Forests affect the climate through their influence on surface energy fluxes and on water cycle that alter the climate change signal. Biogeophysical feedbacks of forest cover changes on the climate have been investigated for two forest cover scenarios in the 21st century, using the regional climate model REMO. For 2021-2025 the model has been driven by the potential afforestation concept (Járó and Führer 2005) assuming 7 %



increase of forest cover in country mean. In the same time period as well as at the end of the 21st century (2071-2100), effects of maximal afforestation (forests over all vegetated area) have been studied.

The potential afforestation has no significant influence on the climate of Hungary. For the maximal afforestation case study (2071-2100), the expected tendency of drying may be mitigated. The largest increase of precipitation has been projected to the northeastern region, where 50 % of the climate change signal can be compensated, if there is enough available water in the soil. Regarding to surface temperature, the evaporative cooling effect of forests seems to dominate.

Analysing the results it has to be taken into account that in the simulations forest cover change was performed on a limited area, and the effects appear partly in adjacent regions. Also, because of the uncertainty of certain temperate forest cover parameters, results of future field measurements are needed to improve model precision, especially at higher spatial resolution.

Keywords: climate change, drought, climatic effects of forest cover change

BEVEZETÉS

A regionális klímamodellek eredményei alapján Magyarországon a 21. században jelentős felmelegedés és nyári csapadékcsökkenés valószínűsíthető (Bartholy és mtsai 2011). Ezzel egyidejűleg a különösen a meleggel összefüggő szélsőséges jelenségek (aszályok, hóhullámok) gyakorisága növekedhet (Mika 2007, Szalai és Mika 2007, Bartholy és mtsai 2007, Szépszó 2008). A század második felében akár minden második nyár szélsőségesen száraz lehet, valamint az összefüggő száraz periódusok is hosszabbá válhatnak (Gálos és mtsai 2007). Hazánk területén a zárt (zonális) erdő és számos zonális fafaj elterjedésének alsó határa húzódik (erdő – sztyepp határ), ahol a klimatikus extrémek alakulása döntő szerepű (Mátyás és mtsai 2009). A szélsőségesen száraz időszakok gyakoriságának és hosszának növekedése a humidabb klímát kedvelő állományalkotó fafajaink elterjedési területének csökkenését okozhatják (Führer és Járó 1991, 1992, Führer 2008, Mátyás 2009, Mátyás és mtsai 2010, Berki és mtsai 2009, Czúcz és mtsai 2010, Führer és mtsai 2010, 2011a,b).

A vegetáció nem csupán klímaindikátor és hatásviselő, hanem az időjárás és az éghajlat alakításában is kulcsszerepet játszik. A vegetációval borított felszínnek a csupasz talajhoz képest alacsonyabb az albedója, nagyobb az érdessége és párologtató felülete, ezáltal hat a légkör energia- és vízháztartására (Heck és mtsai 2001, Bonan 2004).

A kutatási eredmények a hőmérséklet emelkedésével a tajga-tundra határ északabbra tolódását mutatják. Mivel a tűlevelű erdők albedója alacsonyabb, mint a hótakaróé, a folyamat tavasszal (hó esetén) pozitív visszacsatolásként hat a globális felmelegedésre (Bonan 2008). A trópusi övben a vegetáció jelenléte – fokozva az evapotranszspirációt és a vízkörforgást – hűvösebb és csapadékosabb éghajlati viszonyokat eredményez (Kleidon és mtsai 2007, Bonan 2008). A mérsékelt égövi erdők klimatikus szerepe a legvitatottabb. Egyes kutatások szerint ha az erdőterületeket mezőgazdasági művelés alá vonják, csökken a hőmérséklet (Oleson és mtsai 2004). Más tanulmányok alapján a gyepek és a szántók erdősítése indukál hűtő és csapadéknövelő hatást (Hogg és mtsai 2000, Sánchez és mtsai 2007).

Drüsler és mtsai (2009, 2010) Magyarországra vonatkozóan a 20. századra kimutatta, hogy a földhasználat-változás képes befolyásolni az éghajlatot és az időjárást. Az erdőtelepítési lehe-

tőségekkel kapcsolatosan több tanulmány készült Magyarországon (Führer 1998, Führer és Járó 2001, Führer, Rédei és Csiha 2003, Járó és Führer 2005).

A hazai erdők lehetséges klímamódosító hatását hosszabb időperiódusra, a 21. századra, regionális léptékben még nem vizsgálták, ezért kutatásaink során a következő kérdésekre kerestünk választ:

- Fékezhető-e az erdőterület növelésével az előrejelzett melegedő – szárazodó tendencia?
- Mekkora hatása van a Magyarországon a Járó és Führer (2005) tanulmánya alapján potenciálisan megvalósítható erdőtelepítésnek a klímára?

ADAT ÉS MÓDSZER

A klímaváltozás mértékét, valamint az erdő éghajlatra gyakorolt hatását a hamburgi fejlesztésű REMO regionális klímamodell (Jacob 2001, Jacob és mtsai 2001) eredményei alapján határoztuk meg. A modellt a vegetációt az egyes felszínborítási kategóriákhoz rendelt paraméterekkel (pl. albedó, levélfelületi index, érdesség, frakcionális vegetációborítás, talajból felvehető vízmenyiség stb.) írja le (Hagemann és mtsai 1999, Hagemann 2002). Ezek közül éves ciklussal jellemezték az albedót, a levélfelületi indexet, valamint a frakcionális vegetációborítást (Rechid és mtsai 2006, 2007).

Esettanulmányaink során az alábbi felszínborítási forgatókönyvek klímára gyakorolt hatását elemeztük (1. táblázat):

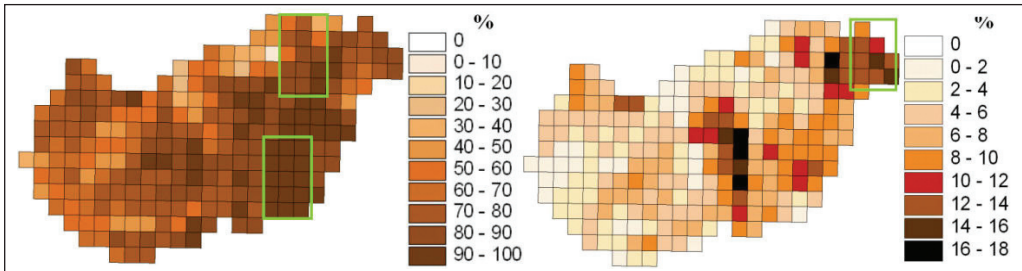
- *Referencia: változatlan erdőterület* (1961-1990, 2021-2025, 2071-2100): jelenlegi felszínborításként a Corine2000 adatbázist vettük alapul (<http://dataservice.eea.eu.int/>).
- *Potenciális erdőtelepítéssel megnövelt erdőterület* (2021-2025): Járó és Führer (2005) 50 erdőgazdasági tájra meghatározták az erdőtelepítésre tervezett, gazdaságtalan szántóterületek nagyságát. A terv szerint országos átlagban 7 %-os erdőtelepítés valósulhatna meg, melyből 6,5 % lomb és 0,5 % fenyő. Ezeket a Corine2000 szerinti erdőterületekhez adva számítottuk a potenciális erdőborítottságot.
- *Maximális erdőterület* (2021-2025, 2071-2100): az ország valamennyi vegetációval borított területén erdőt feltételeztünk.

1. táblázat: *Modellfuttatások és jellemzőik*

Table 1: *Experimental setup*

| | Referencia: változatlan erdőterület | Potenciális erdőtelepítés | Maximális erdőterület |
|-------------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| Jellemzők | Jelenlegi erdőborítás (Corine2000) | Gazdaságtalan szántók helyére erdő | Minden növényzettel borított felszín erdő |
| Időszak | 1961-1990 2021-2025 2071-2100 | 2021-2025 | 2021-2025 2071-2100 |
| Horizontális felbontás | 0.176° (~ 20 km) | | |
| Kibocsátási forgatókönyv | IPCC SRES A1B emisszióscenárió | | |

Módszert dolgoztunk ki az erdőterület-szenáriók REMO regionális klímamodellbe való beépítésére, a lomb- és fenyőerdők jövőbeni arányának meghatározására a modell rácsegységeiben. A potenciális és maximális erdőtelepítési forgatókönyvekre kiszámítottuk az erdőterület-növekedés mértékét (1. ábra), valamint a felszínparaméterekben bekövetkezett változások pixelenkénti értékét. Erdőtelepítés hatására a modellben a paraméterek közül a legjelentősebb növekedés a levélfelületi indexben és az érdességben volt tapasztalható, míg az albedóértékek csökkenést mutattak.



1. ábra: Az erdőterület növekedése maximális (baloldali ábrarész), ill. potenciális erdőtelepítés (jobboldali ábrarész) esetén. Kerettel jelölve a részletesebben elemzett térségek.
 Figure 1: Forest cover increase for the maximal (left) and potential (right) afforestation case studies. Regions selected for detailed analyzes are marked.

A felszínborítást csak Magyarország felett változtattuk. A futtatásoknál 20 km-es horizontális felbontást alkalmaztunk, a 21. századra az A1B kibocsátási forgatókönyvet vettük alapul (IPCC 2007).

Az erdők klimatikus hatása várhatóan a vegetációs időszakban a legnagyobb, ezért a május, június, július, augusztus hónapok 5, illetve 30 éves átlagait elemeztük. A klímaváltozás mértékét a 2021-2025, valamint a 2071-2100 közötti időszakra határoztuk meg az 1961-1990-es periódushoz képest (1. táblázat). A két 21. századi időszakra összehasonlítottuk az erdősítési forgatókönyvekkel szimulált éghajlati viszonyokat a hozzájuk tartozó referencia felszínborítással végzett futtatások eredményeivel. Az erdőterület-növekedés klimatikus hatásainak irányát és nagyságrendjét összevetettük a szimulált klímaváltozás mértékével.

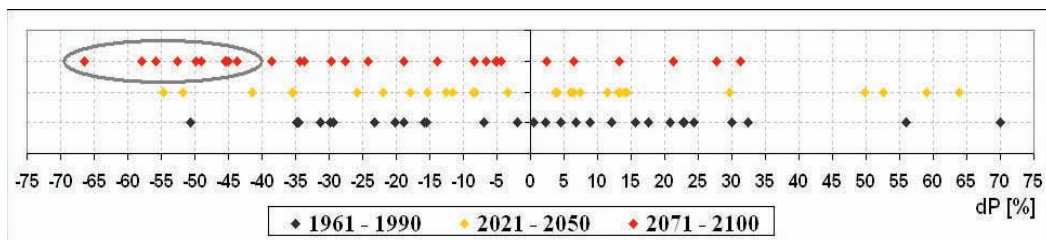
A maximális erdősítés esete az adott modellel kimutatható legnagyobb hatást számszerűsíti. A potenciális erdőtelepítésből adódó eredmények a gyakorlat szempontjából lehetnek érdekesek.

EREDMÉNYEK

A klímaváltozás és az erdőtelepítés hatása 2071-2100-ban

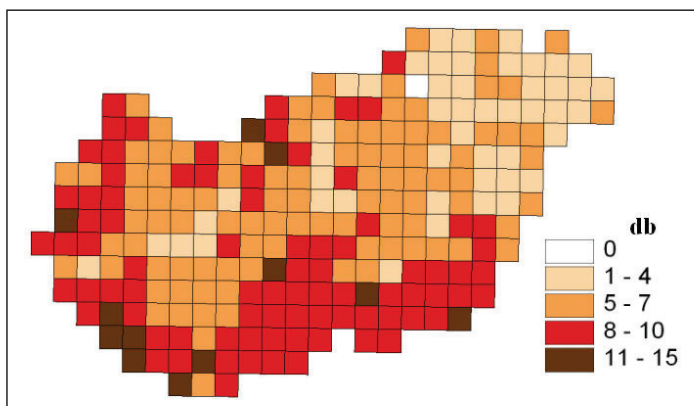
A klímamodell eredményei alapján a 21. század utolsó harmadára a nyári hónapok átlaghőmérséklete akár 3-3,5 °C-kal emelkedhet, a csapadékösszeg csökkenése elérheti a 30-35 %-ot az 1961-90-es időszakhoz képest. Az átlagértékekben várható változással egyidőben a szélsőséges időjárási események is gyakoribbá válhatnak. Míg a 20. század végén alig fordult elő,

hogy a nyári negatív csapadékanómia országos átlaga meghaladta a 40 %-ot, 2071-2100-ra ezeknek a súlyos aszályoknak a valószínűsége szignifikánsan megnőhet (2. ábra).



2. ábra: Két 21. századi időszak nyári csapadékanómiai az 1961-1990-es átlagperiódushoz viszonyítva
Figure 2: Summer precipitation anomalies for two future time periods relative to the mean of the reference period 1961-1990

A szárazodó tendencia területi eloszlása alapján meghatároztuk a legveszélyeztetettebb térségeket. A 3. ábrán látható, hogy a 21. század végére a délnyugati határövezetben növekszik meg legjobban a szélsőséges aszályok száma a 20. század végi klímaperiódushoz viszonyítva.



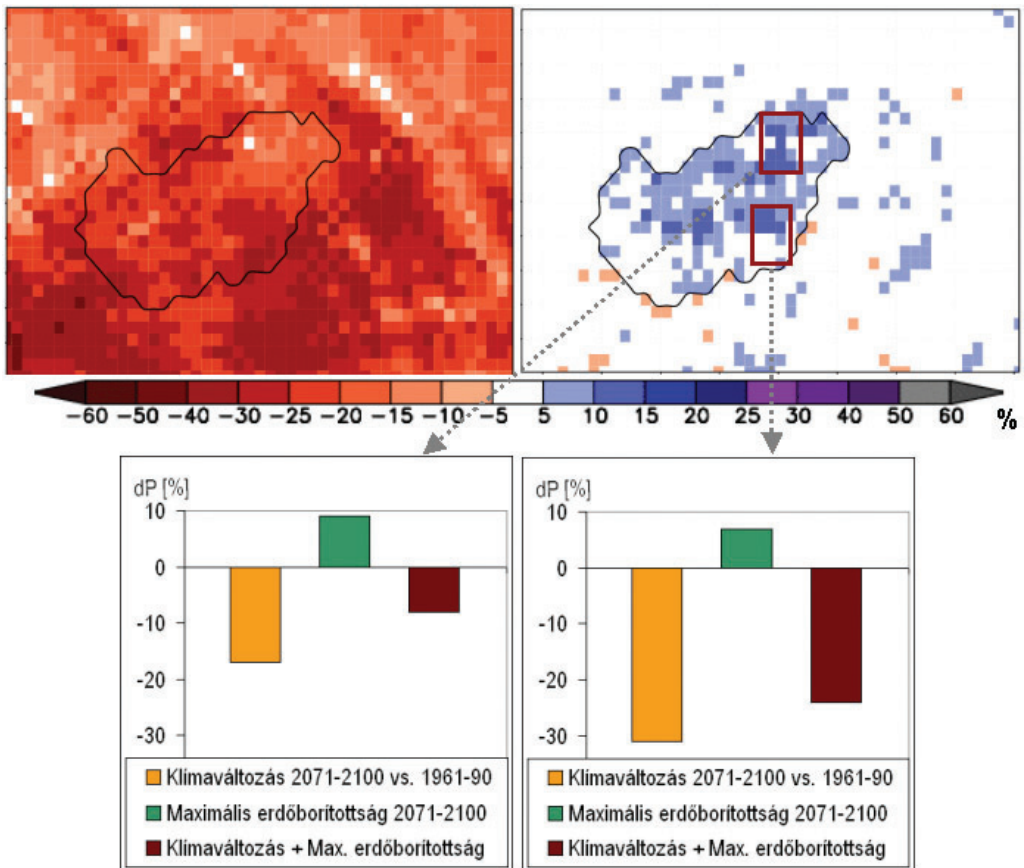
3. ábra: Szélsőségesen száraz nyarak (negatív csapadékanómia > 40 %) számának változása 2071-2100 között az 1961-1990-es időszakhoz képest
Figure 3: Projected change of the total number of extremely dry summers (negative precipitation anomaly > 40 %) for 2071-2100 vs. 1961-1990

A 20. század végi, 21. század eleji összefüggő aszályos periódusok tapasztalatai alapján a szárazsági erdőhatáron a szélsőséges események gyakoriságának növekedése egészségkárosodást, hosszabb távon tömeges mortalitást idéz elő (Mátyás és mtsai 2009). Ez Somogy és Zala megyére nézve azt eredményezheti, hogy a klimatikusan határhelyzetű erdőállományokban elkezdődött egészségkárosodási folyamat (Molnár és Lakatos 2007, Berki és mtsai 2009, Csóka és mtsai 2007, 2009) a jövőben felgyorsulhat és súlyosbodhat.

A felszínborítás és változása hatást gyakorol a hidrológiai ciklusra és az energiaháztartási folyamatokra. Ezért Magyarország területén teljes erdőborítást feltételezve vizsgáltuk, hogy erdősítéssel enyhíthető-e a prognosztizált klímaváltozás mértéke.

Eredményeink alátámasztották, hogy a vegetációs időszakban a nagyobb sugárzás, valamint a fás növényzet nagyobb levélfelületi indexe és érdessége intenzívebb transpirációt indukál. Ennek mértéke 30 év átlagában 18-20 %-kal lehet magasabb abban a térségben, ahol a jelenlegi felszínborításhoz képest a legnagyobb mértékű erdőtelepítés történt (1. ábra). Így a sugárzási energiából több alakult át látens hővé, a Bowen-arány csökkenése (Vig 2007) az aktív felszín hőmérsékletét 1 °C-kal csökkentette.

A hőmérsékleti viszonyok alakításában a párolgás hűtő hatása mellett az albedó is szerepet játszik. A kisebb albedójú lombkorona a sugárzás nagyobb hányadát nyeli el, ezért melegebb, mint más növényzettel borított felszín. Ez mérsékelheti az evapotranspiráció hűtő hatását. A transpiráció csökken a magasabb CO₂ tartalom hatására összességében záruló sztomák miatt is. Azonban ezt a folyamatot a modell nem veszi figyelembe.



4. ábra: A nyári csapadékmennyiség változása a klímaváltozás következményeként (2071-2100 vs. 1961-90; balra fent), valamint maximális erdőtelepítés hatására (2071-2100; jobbra fent).

Az alsó ábrarész a két hatás irányát és nagyságát hasonlítja össze a vizsgált területekre.

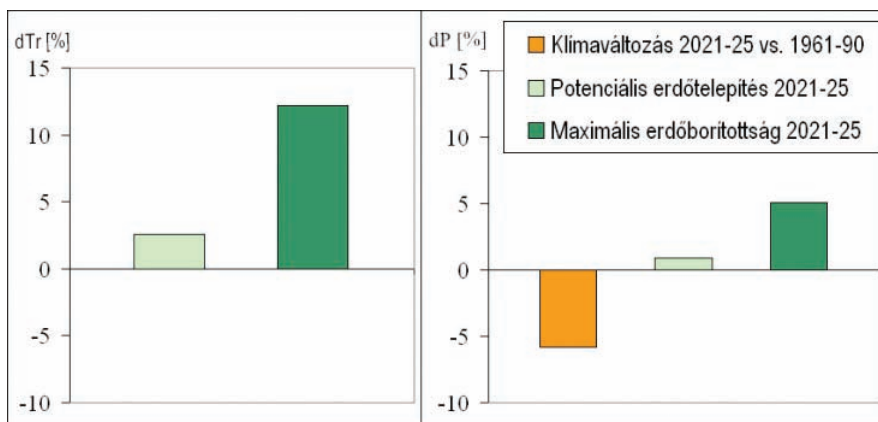
Figure 4: Change of the summer precipitation sum due to climate change (2071-2100 vs. 1961-90; top left), and due to maximal afforestation (2071-2100; top right). At the lower part of the figure the sign and the magnitude of the climatic effects of emission change and afforestation are compared for two selected regions.

A vizsgált 30 éves periódusban a maximális erdőtelepítés az egész országban a nyári hónapok csapadékmennyiségének növekedését eredményezte, mely jelentősen enyhítheti az A1B kibocsátási forgatókönyv alapján előrejelzett szárazodó tendenciát, amennyiben van elegendő vízmennyiség a talajban (4. ábra). Ennek egyik oka, hogy a fokozott evapotranspiráció konvektív csapadékképződéshez vezet. Azonban a csapadék kialakulását nem csak lokális folyamatok befolyásolják. A 21. század végére a vizsgált dél-alföldi területen – a jelenlegi felszínborítás mellett – 1961-1990-hez képest 31 %-os csapadékcsökkenés várható. A feltételezett maximális erdőtelepítéssel járó 6,5 % csapadéktöbblet ennek egyötöd részét képes kiegyenlíti. Magyarország beerdősítésének legnagyobb relatív hatása a vizsgált északkelet-magyarországi régióban mutatható ki (30 év átlagában 9 %), ahol a klímaváltozással járó csapadékmennyiség-csökkenés akár 50 %-kal mérsékelhető, amennyiben van elegendő vízmennyiség a talajban (4. ábra). Az aszályosodás által legveszélyeztetettebb délnyugati határövezetben a legkisebb az erdők klímaváltozás-mérséklő hatása (Gálos és mtsai 2011).

Az eredmények a május-augusztus időszakra vonatkozó átlagértékeket tükrözik. Azonban az erdőtelepítés párolgást fokozó és csapadéknövelő hatása májustól júliusig ennél nagyobb, majd augusztusban jelentősen mérséklődik, mivel a talaj nedvességtartalmának csökkenése korlátozza a transpirációt. Ez összhangban van Heck és mtsai (2001) következtetéseivel.

A potenciális erdőtelepítés klimatikus hatása 2021-2025-ben

Vizsgáltuk, hogy mekkora az a klimatikus hatás, amely a közeljövőben potenciálisan megvalósítható erdőtelepítéssel elérhető. A modell eredményei alapján a gyenge és rossz minőségű szántók helyére tervezett 7 %-os erdősítéssel (1. ábra) szignifikánsan nem befolyásolható az ország éghajlata.



5. ábra: A potenciális erdőtelepítés hatása a transpiráció (bal oldali ábrarész) és a csapadékmennyiség (jobb oldali ábrarész) változása a szatmári területen

Figure 5: Effect of the potential afforestation on transpiration (left) and precipitation (right)

Részletesebben a szatmári térségre prognosztizált változásokat elemeztük, ahová a legnagyobb arányú lomberdőterület-növekedést irányozták elő (13 %). A mezőgazdasági növények-



hez képest az erdő nagyobb érdessége és levélfelülete lokálisan nagyobb transpirációs rátát és alacsonyabb felszínhőmérsékletet eredményezett. (Ha gyepeket erdősítenének be, a felszínparaméterek közti nagyobb különbség miatt a lokális hatások fokozottabban jelentkeznének.) A nyári hónapok csapadékmennyisége nem változott. Ugyanakkor ugyanerre az 5 éves periódusra a nyári csapadékösszeg 5 %-kal emelkedne ezen a területen, ha az országban minden növényzettel borított felszín erdő lenne. Ezzel a klímaváltozás hatása erre az időszakra kiegyenlíthető lenne (5. ábra).

ÖSSZEFOGLALÁS

Az erdő nem csupán klímaindikátor, hanem az energia- és vízháztartási folyamatokban betöltött szerepén keresztül fontos hatótényező az éghajlati rendszerben. A gyakorlatban kedvező mikroklimatikus és tájképi hatásai, ökológiai szolgáltatásai, lokális védelmi, valamint jóléti funkciói ismertek. Regionális léptékben hosszabb jövőbeni periódusra a magyarországi erdők „értékét” éghajlati szempontból még nem mérték fel.

Az erdőterület-változás lehetséges klímamódosító hatását a 21. században a REMO regionális klímamodell segítségével elemeztük. A 2021-2025 közötti időszakra vizsgáltuk, hogy a rossz adottságú és gyenge minőségű szántók helyére tervezett erdők, illetve az ország növényzettel borított felszíneinek teljes beerdősítése milyen irányban és mértékben képes befolyásolni az A1B kibocsátási forgatókönyv alapján előrejelzett hőmérséklet- és csapadéktendenciákat. A feltételezett maximális erdőtelepítés hatását a 21. század végére (2071-2100) fokozottan melegedő és szárazodó éghajlati viszonyok között is számszerűsítettük.

Az eredmények alapján megállapítható:

- A gazdaságtalan szántók helyén megvalósítható, átlagosan 7 %-os erdőterület-növekedés esetén (2021-2025) a kisebb, elszórt erdőfragmentumok szignifikánsan nem képesek befolyásolni az ország éghajlatát.
- Az erdőtelepítés a fás növényzet nagyobb érdessége, levélfelülete révén intenzívebb transpirációt eredményezett. A kiemelten vizsgált szatmári térségben a nyári hónapokra prognosztizált csapadékmennyiség 5 év átlagában nem változna a potenciálisan végrehajtható erdőtelepítések kivitelezésével. Ugyanakkor a nyári csapadékösszeg 5 %-kal emelkedne ezen a területen, ha az országban minden növényzettel borított felszín erdő lenne.
- A 2071-2100 között tartó időszakra a feltételezett maximális erdőtelepítéssel az erőteljes szárazodó tendencia az ország egész területén jelentősen enyhíthető lenne. Ebből következik, hogy csak a nagyobb összefüggő erdőtömbök telepítésével befolyásolhatók a regionális éghajlati viszonyok.
- A maximális erdőterület-növekedés legnagyobb hatása a vizsgált északkelet-magyarországi régióban mutatható ki, ahol a klímaváltozással járó csapadékmennyiség-csökkenés akár 50 %-kal mérsékelhető, amennyiben van elegendő vízmennyiség a talajban.

Bár a potenciális erdőtelepítés megvalósításával a klímaváltozás hatásai regionális léptékben nem mérsékelhetők, az eredmények, melyek az erdők klimatikus értékét és annak területi különbségeit számszerűsítik, alapot szolgáltathatnak a jövőre vonatkozó erdészeti politika kialakításához.

A modellfuttatások eredményeire hatással lehet, hogy az erdősültséget csak Magyarország felett módosítottuk, a környező területek felszínborítását változatlanul hagytuk. A teljes modellterület beerdősítésével nagyobb érzékenység és hatás feltételezhető. A modell nem számol a klímának a vegetáció térbeni elterjedésére és növekedésére gyakorolt hatásával. Nem veszi figyelembe az erdők mikroklimatikus hatását, valamint a biokémiai folyamatokat és kölcsönhatásokat (pl. szénkörforgalom). A regionális légköri modell eredményei a felszín fizikai tulajdonságai változásának éghajlati hatásait számszerűsítik.

Az eredményeket a klímamodellel erdőfelületre vonatkozó paraméterei felhasználásával kaptuk. Finomabb térbeli felbontás alkalmazása esetén indokoltnak látszik ezek pontosítása (pl. lombos fajok közti különbségek leírása). Ez esetben az erdőfelület hatása a klímára feltételezhetően még erőteljesebben fog jelentkezni. Azonban ehhez a modell paraméterigényéhez alkalmazkodó (pl. LAI, albedó, gyökérmélység), különböző felszínborítások felett végzett megbízható terepi mérések lennének szükségesek.

KÖSZÖNETNYILVÁNTÁS

Köszönjük a hamburgi Max Planck Meteorológiai Intézet regionális modellezéssel foglalkozó csoportjának a modellfuttatásokhoz biztosított technikai körülményeket és szakmai tapasztalatokat, valamint Czimer Kornélnak a modellrács konvertálásában nyújtott térinformatikai segítségét. A kutatás a TÁMOP 4.2.2-08/1-2008-20, a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV, valamint a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP – 4.2.2. B – 10/1 – 2010 – 0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bartholy, J.; Pongrácz, R. and Gelybó, Gy. 2007: Regional climate change expected in Hungary for 2071-2100. *Applied Ecology and Environmental Research*, 5: 1-17.
- Bartholy J.; Bozó L. és Haszpra L. (szerk.) 2011: Klímaváltozás – 2011. Klímaszenáriók a Kárpát-medence térségére. Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke, Budapest, 281p.
- Berki, I.; Rasztovits, E.; Móricz, N. and Mátyás, Cs. 2009: Determination of the drought tolerance limit of beech forests and forecasting their future distribution in Hungary. *Cereal Research Communications*, 37: 613-616.
- Bonan, G.B. 2004: Biogeophysical feedbacks between land cover and climate. *Ecosystems and Land Use Change. Geophysical Monograph Series*, 153: 61-72.
- Bonan, G.B. 2008: Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science* 320, 1444–1449. doi:10.1126/science.1155121



- Czúcz, B.; Gálhidy, L. and Mátyás, Cs. 2010: Limiting climatic factors and potential future distribution of beech (*Fagus sylvatica* L.) and sessile oak (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) forests near their low altitude - xeric limit in Central Europe. *Annales of Forest Science*, 68: 99-108.
- Csóka Gy., Koltay A., Hirka A. és Janik G. 2007: Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyeseink és bükköseink egészségi állapotára. 229-239. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.): Erdő és klíma V. NymE, Sopron.
- Csóka Gy.; Koltay A.; Hirka A. és Janik G. 2009: Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyeseink egészségi állapotára. „Klíma-21” Füzetek 57: 64-73.
- Drüsler Á.; Csirmaz K.; Vig P. és Mika J. 2009: A földhasználat változásainak hatása az éghajlatra és az időjárásra. *Természet Világa*, 140: 521-523.
- Drüsler, Á.; Csirmaz, K.; Vig, P. és Mika, J. 2010: Effects of documented land use changes on temperature and humidity regime in Hungary. 394-418. In: Saikia, S.P. (szerk.): *Climate Change*. Dehra International Book Distributors
- Führer E. és Járó Z. 1991: A feltételezett klímaváltozás várható hatása a magyarországi erdőállományokra és az erdőgazdálkodásra. *Erdészeti Lapok*, 136(3): 81-83.
- Führer, E. és Járó, Z. 1992: Auswirkungen der Klimaänderung auf die Waldbestände Ungarns. *Österreichische Forstzeitung*, 9: 25-27.
- Führer, E. 1998: Afforestation Potential on the Great Hungarian Plain. *Hungarian Agricultural Research*, 4: 4-8.
- Führer E. és Járó Z. 2001: Az erdőtelepítésre számba jövő területek, azok ökológiai értékelése és fatermési potenciálja. A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának és Erdészeti Bizottságának rendezvénye, „Erdészeti Fórum 2001”. *Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai*, 16: 31-37.
- Führer, E.; Rédei, K. and Csiha, I. 2003: The role of fast growing tree species in the afforestation programme of the Great Hungarian Plain (the Alföld). *Afforestations in Europe experiences and prospects*. *Prace Instytut u Badawczego Lesnictwa*. 93-100.
- Führer E. 2008: Erdőgazdaság. 90-102. In: Harnos Zs.; Gaál M. és Hufnagel L. (szerk.): *Klímaváltozásról mindenkinek*. Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Matematikai és Informatikai Tanszék. Budapest.
- Führer, E.; Mátyás, Cs.; Csóka, Gy.; Lakatos, F.; Bordács, S.; Nagy, L. és Rasztovits, E. 2010: Current status of European beech (*Fagus sylvatica* L.) genetic resources in Hungary. *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae*, 25: 152-163.
- Führer, E.; Horváth, L.; Jagodics, A.; Machon, A. and Szabados, I. 2011a: Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás*, 115 (3): 205-216.
- Führer E.; Marosi Gy.; Jagodics A. és Juhász I. 2011b: A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. *Erdészettudományi Közlemények*, 1 (1): 17-28.
- Gálos B.; Lorenz, Ph. and Jacob D. 2007: Klímaváltozás – szélsőségesebbé válnak száraz nyaraink a 21. században? 57-67. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.): *Erdő és klíma V*. NymE, Sopron.
- Gálos, B.; Mátyás, Cs. and Jacob, D. 2011: Regional characteristics of climate change altering effects of afforestation. *Environmental Research Letters*, 6 044010. doi:10.1088/1748-9326/6/4/044010
- Hagemann, S.; Botzet, M.; Dümenil, L. and Machenhauer, B. 1999: Derivation of global GCM boundary conditions from 1 km land use satellite data. MPI-M, Report 289, Hamburg, Germany.
- Hagemann, S. 2002: An improved land surface parameter dataset for global and regional climate models. MPI-M, Report 336, Hamburg, Germany.
- Heck, P.; Lüthi, D.; Wernli, H. and Schär, Ch. 2001: Climate impacts of European-scale anthropogenic vegetation changes: A sensitivity study using a regional climate model. *Journal of Geophysical Research*, 106: 7817-7835.

- Hogg, E.H.; Price, D.T. and Black, T.A. 2000: Postulated feedbacks of deciduous forest phenology on seasonal climate patterns in the Western Canadian interior. *Journal of Climate*, 13: 4229-4243.
- IPCC 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. <http://www.ipcc.ch>.
- Jacob, D. 2001: A note to the simulation of the annual inter-annual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin. *Meteorology and Atmosphere Physics*, 77: 61-73.
- Jacob, D. et al. 2001: A Comprehensive Model Intercomparison Study Investigating the Water Budget during the BALTEX-PIDCAP Period. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 77, 19-43.
- Járó Z. és Führer E. 2005: Az erdővagyon bővítése a mezőgazdaságilag gazdaságtalan nem hasznosított földterületek beerdősítésével. In: Molnár S. (szerk.): *Erdő – fa hasznosítás Magyarországon*. Sopron, 129-136.
- Kleidon, A.; Fraedrich, K. and Low, C. 2007: Multiple steady-states in the terrestrial atmosphere-biosphere system: a result of a discrete vegetation classification? *Biogeosciences*, 4: 707-714.
- Mátyás, Cs. 2009: Ecological challenges of climate change in Europe's continental, drought-threatened Southeast. 35-46. In: Groisman, P.Y. – Seriy, V.I. (eds): *Regional aspects of climate-terrestrial-hydrologic interactions in non-boreal Eastern Europe*, NATO Science Series, Springer Verlag.
- Mátyás, Cs.; Fady, B. and Vendramin, G.G. 2009: Forests at the limit: evolutionary - genetic consequences of environmental changes at the receding (xeric) edge of distribution. Report from a researcher workshop. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 5: 201-204.
- Mátyás Cs.; Führer E.; Berki I.; Csóka Gy.; Drüszler Á.; Lakatos F.; Móricz N.; Rasztovis E.; Somogyi Z.; Veperdi G.; Vig P. és Gálos B. 2010: Erdők a szárazsági határon. „KLÍMA-21” Füzetek. 61: 84-97.
- Mika J. 2007: Új eredmények és összevetések a klímaváltozás hazai sajátosságairól. 13-29. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.) *Erdő és klíma V. NYME, Sopron*.
- Molnár M. és Lakatos F. 2007: A bükkpusztulás Zala megyében – klímaváltozás? 257-267. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.) *Erdő és Klíma V. NYME, Sopron*.
- Oleson, K.W.; Bonan, G.B.; Levis, S. and Vertenstein, M. 2004: Effects of land use change on North American climate: impact of surface datasets and model biogeophysics. *Climate Dynamics*, 23: 117-32.
- Rechid, D. and Jacob, D. 2006: Influence of monthly varying vegetation on the simulated climate in Europe. *Meteorologische Zeitschrift*, 15: 99-116.
- Rechid, D.; Raddatz, T.J. and Jacob, D. 2007: Parameterization of snow-free land surface albedo as a function of vegetation phenology based on MODIS data and applied in climate modelling. *Theoretical and Applied Climatology*, 95: 245-255.
- Sánchez, E.; Gaertner, M.A.; Gallardo, C.; Padorno, E.; Arribas, A. and Castro, M. 2007: Impacts of a change in vegetation description on simulated European summer present-day and future climates. *Climate Dynamics*, 29: 319-332.
- Szalai S. és Mika J. 2007: A klímaváltozás és időjárási anomáliák előrejelzése az erdőtakaró szempontjából fontos tényezőkre. 133-143. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.) *Erdő és klíma V. NYME, Sopron*.
- Szépszó, G. 2008: Regional change of climate extremes in Hungary based on different regional climate models of the PRUDENCE project. *Időjárás*, 112: 265-283.
- Vig P. 2007: Az inszoláció változásainak hatása erdeink vízháztartására. 351-360. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.) *Erdő és klíma V. NYME, Sopron*.

Érkezett: 2012. április 17.

Közlésre elfogadva: 2012. szeptember 3.



Képek a bucsutai nemzetközi bükk származási kísérletről

A származási kísérlet Zalaerdő Zrt. Bánokszentgyörgyi Erdészetének területén található. A 2012 tavaszán, 15 éves korban készült felvételek jól mutatják a faji áréán belül kialakult eltérő alkalmazkodottságot és a növekedés különbségeit. A délsvéd származás (Torup) nem képes alkalmazkodni a helyi klímához, a parcella gyakorlatilag üres (fent). A Rajna-vidéki származás (Farchau) növekedése, megmaradása és törzsalakja egyaránt kiváló (középen). A farkasgyepűi származás (lent) megmaradása és növekedése jó, törzsalakja azonban elmarad a német populációktól.

Kép és szöveg: Mátyás Csaba

A TERMŐHELYI TÉNYEZŐK ÉS A FAÁLLOMÁNYVISZONYOK KAPCSOLATÁNAK JELENLEGI ÉS JÖVŐBENI ALAKULÁSA A NOSZLOPI ERDŐTÖMBBEN I.

Termőhelyi tényezők változása a noszlopi erdőtömbben

Kovács Gábor¹, Illés Gábor², Mészáros Diána¹, Szabó Orsolya¹,
Vigh Andrea¹ és Heil Bálint¹

¹Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Termőhelyismerettani Intézeti Tanszék

²Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály

Kivonat

A noszlopi erdő mintegy 400 ha-os tömbje hamarosan új erdőtervezési ciklusba kerül. A jövő tervezésekor figyelembe kell venni a termőhelyi adottságok folyamatos változását. E változások üteme kikényszeríti a hagyományos termőhely-feltérési módszerek fejlesztését. Ezek fő irányaként vizsgálatainkban a terepi mérések eredményeit térinformatikai módszerekkel dolgoztuk fel.

Az utóbbi 50 év klímaadatainak elemzéséből kiderült, hogy a vizsgált térségben a csapadék mennyisége mintegy 20 %-kal csökkent, az éves átlaghőmérséklet pedig mintegy 1,2 °C-kal nőtt. Talajszelvények feltérásával és talajfúrásokkal az erdőtervnél részletesebb termőhelytérkép-fedvényeket készítettünk. Az egyes erdőrészekhez köthető termőhelyi tényezők és a talajfelvételi adatok digitális terepmodellen való ábrázolásával a korábbinál részletesebb felbontást értünk el és megadtuk a várható változások jövőbeni trendjét. A módszerrel nemcsak a múltbéli változások követhetők nyomon, hanem lehetőség adódik a jövőbeni állapotok előrevetítésére is. Kutatásaink eredményeként pontosíthatóak az erdőtervi adatok, az erdészeti klímahatárok és a vízgazdálkodás szempontjából fontosabb termőhelyi tényezők térbeli eloszlása.

Kulcsszavak: digitális termőhely-térképezés, termőhelyi tényezők változása, erdőtervezés, fafajválasztás

EVALUATION OF CHANGES OF SITE PARAMETERS IN THE NOSZLOP FOREST DISTRICT

Abstract

A new forest management planning period is near for the forest stands of the 400 ha sized Noszlop forest district. During planning future forest stands we have to take into account the ongoing changes in site conditions. Speeding changes are forcing us to develop current site evaluation methods. In our study field observations were evaluated using advanced GIS tools.

Levelező szerző/Correspondence:

Kovács Gábor, 9400 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4.; gkovacs@emk.nyme.hu



The assessment of climate data for the past 50 years revealed that the amount of precipitation has dropped by 20% while the average temperature has increased by 1.2 °C within the study area. On the basis of newly surveyed soil profiles and core samples we derived more detailed soil and site maps than it was currently available in forest management plans. By the application of digital elevation model and connected spatial datasets the site characteristics can be visualised in a more detailed extent and their changes can be assessed. It makes us capable to describe the projected future conditions for areas of interest, spatial pattern of forest climate categories and forest site parameters can be refined within the forest management data.

Keywords: changing site conditions, forest management planning, choosing of tree species.

BEVEZETÉS

A hagyományos erdőtervezés alapjául szolgáló termőhely feltárási gyakorlat időnként már nem követi a termőhelyi tényezők változásának gyorsuló ütemét. A gazdálkodók, elsősorban az erdőtervezési ciklusokhoz kapcsolódóan egyre gyakrabban fordulnak a szakemberekhez segítségért. Egyértelműen megfogalmazódott az igény arra, hogy a folyamatosan változó termőhelyi feltételek miatt az erdőtervben megfogalmazandó jövőbeni terveket a valós helyzethez jobban illesszük (Bartha és mtsai 2008).

A termőhelyi tényezők közül az utóbbi évtizedben jelentősen nőttek a klimatikus bizonytalanságok. Legfontosabb a hőmérséklet emelkedése, a globálsugárzás erősödése, ezekből következően a párologtatási kényszer növekedése, az időjárási szélsőségek (viharkárok) fokozottabb jelentkezése. Bár a felmelegedés hatására a talaj víztároló kapacitása közvetlenül nem csökken, mégis a benne tárolt vízből nagyobb arányú a felhasználás a megnövekedett evapotranszspiráció révén. Az állományok a vegetációs időszakban így még akkor is kevesebb hasznosítható (diszponibilis) vízhez jutnak, ha a csapadékmennyiség nem csökken jelentősen. Ennek következményeként – vizsgálataink alapján - az ország egyes területein már tapasztalható, hogy kezdetben az idősebb állományok folyónövedéke csökken, később egészségi állapotuk gyengül, előrehaladottabb vízhiány esetén csúcscsúszáradás, később teljes kiszáradás, az állományok kiligetesedése következik be (Édes és Sölét-Ormos 2006, Gál 2006, Für 2008). Mindezek hosszabb távon várhatóan a talajképződési folyamatok hangsúlyainak átrendeződését, a fejlődési irányok megváltozását is magukkal hozzák. A hosszabb szárazabb periódusok miatt vélhetően előtérbe kerül a humuszszódás, az avar átalakulásával keletkezett szerves anyagok felhalmozódása. Ugyanezen okból lelassulhat a szilikátmállás, az agyagosodás és agyagelmozdulás, egszóval a barna erdőtalajok uralkodó képződési folyamatai (Bartha és mtsai 2010).

A termőhelyi változásokon túl az erdőgazdálkodási módszerek is lényegesen befolyásolják a faállományok alkalmazkodó képességét. Olyan területeken, ahol nagy területű, összefüggő, egykorú állományok vágáséretté válnak, ezek a problémák halmozott mértékben jelentkeznek.

A változások fontos gyakorlati kérdéseket vetnek fel. Vajon helytállóak-e az erdőtervi adatok a valós adatokra? Szükség lehet-e fafajcserére a részletes termőhelyi feltárások és faállomány-felvételek alapján? Vajon milyen erdőművelési eljárásokkal lehetne az adott területen a termőhelyi adottságokhoz leginkább igazodó faállományokat elérni? Szükséges-e felülvizsgálni a termőhely alapján az erdőrészletek rendeltetését?

A felmerült kérdéseket két lépésben közelítettük meg. Munkánkban elsősorban a jövőbeni tervezést megalapozó termőhely-feltárási módszerek fejlesztésének lehetséges útját mutatjuk be egy konkrét példán. A noszlopi erdőtömb azért szolgált megfelelő vizsgálati mintaterületet, mert állományai nagyrészt azonos fafajokból állnak, egykorúak és vágásérettek. Így az egyes erdőrészekben az eltérő növedék jól mutatja majd a termőhelyi különbségek faállományra gyakorolt hatását. Vizsgáljuk a most bemutatott digitális termőhely-térképezés és a faállomány-elemzés módszertanában rejlő lehetőségeket, a jövőbeni erdőtervek készítésének lehetséges irányait.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A térképezett terület

A noszlopi erdőtömb a Pápai Erdészet területén, Noszloptól keletre, Noszlop és Magyarpolány között helyezkedik el, kiterjedése 386 ha. A terület a Pápai-Bakonyalja erdészeti tájrészlet része, amely a Bakony hegységhez északnyugatról csatlakozik. Kialakulása a miocén korra tehető. A tájrészlet az Észak-Bakony márgás, agyagos, homokos, kavicsos dombsági előtere. Az öntések teljesen szabálytalan rétegződést mutatnak, a későbbiekben a felszínre különböző vastagságú homok rakódott. Ezek vettek részt a talajképződésben is. Tengerszint feletti magassága általában 180-272 m, mérsékelt lejtésű területekkel (0-15°). Kitétsége 1/3 részben északi, 2/3 részben déli (Halász 2006).

Felhasznált adatok

Termőhely-térképezésünk során a klasszikus termőhelyfeltáráshoz, ill. a digitális talajtérképezés gyakorlatában elfogadottnak számító adatállományokkal dolgoztunk (Hengl és Reuter 2007, MGSZH 2010), amelyeket az 1. táblázatban foglaltunk össze.

1. táblázat: A termőhely-térképezésben felhasznált alapadatok
Table 1: The input data used in the site-investigation

| Az adat típusa | Az adat jellege | Adatmennyiség (db) | Adatgazda |
|--------------------|--|--|--------------------------------|
| klimatikus | meteorológiai mérések, erdőtervi adatok | hőmérséklet, havi csapadék- átlagok (1961-2004), aktuális erdőtervi adatok | OMSZ, Bakonyerdő Zrt. |
| hidrológiai | talajvíztérkép, terepi felvételek, erdőtervi adatok | 29 szelvény + 119 fúráspon | NYME, MÁFI, Bakonyerdő Zrt. |
| talaj | terepi felvételek, erdőtervi adatok | 29 szelvény + 119 fúráspon | NYME, Bakonyerdő Zrt. |
| domborzati | digitális raszteres állomány | 5 méteres rácshálóban 707x773 adatpon | FÖMI |
| földtani | digitális vektoros állomány | 400 ha-t lefedő vektoros térképállomány kiegészítő földtani adattáblákkal | MÁFI |



A talajadatok földrajzi koordinátákkal megadott mintavételi helyeken, térinformatikailag tervezett, rétegzett, véletlen ponthálózati mintavétellel gyűjtött talajinformációk. A rétegzett mintavétel alapját a geomorfológiai besorolás és a felszín alatti geológiai formáció típusa adta. A domborzati adatok a Földmérési és Távérzékelési Intézet által forgalmazott M=1:10 000 méretarányú digitális domborzatmodellből származnak. Ezek 5x5 méteres pixelméretű raszterállományok. A földtani adatok a Magyar Állami Földtani Intézet által készített földtani térképek digitális állományai, melyek a felszín közeli, 2 méter mélységben lévő képződményeket ábrázolják. Az adatállomány az 1:50 000 méretarányú földtani térkép digitális változata. E földtani adatokat a talajtípusok talajképző vagy ágyazati kőzeteinek azonosítására, ill. elkülönítésére használtuk. Az alapadatokon kívül további, származtatott adatállományokat is felhasználtunk az erdőtervekben szereplő termőhelyi paraméterek pontosítására. Ezeket főként a domborzatmodell feldolgozásával állítottuk elő.

Talajvizsgálati módszerek

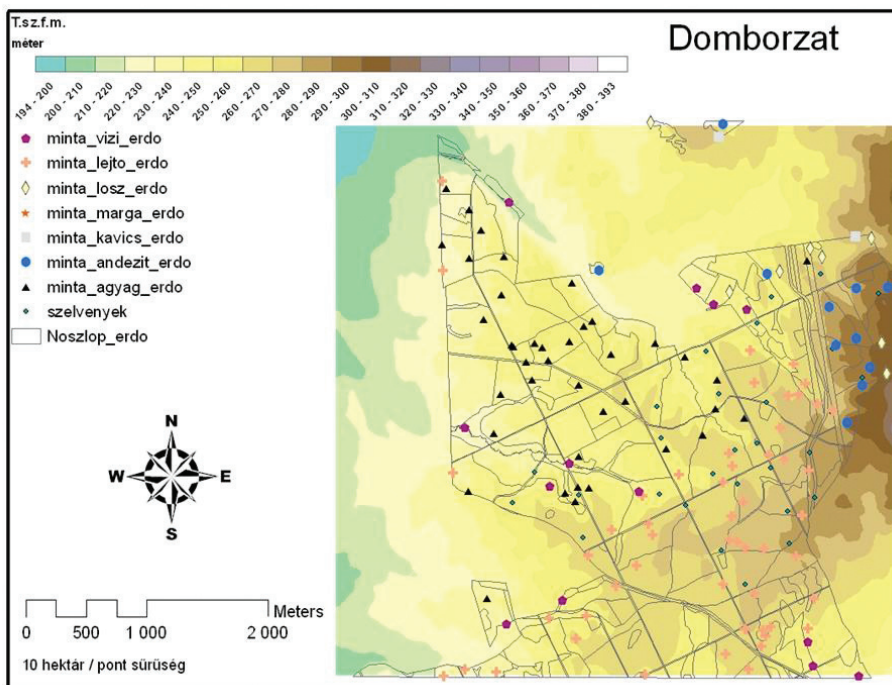
A terepi közvetlen termőhelyfeltárásokat 2010-ben készítettük, összesen 29 talajszelvényt és 109 fúrásponthoz tártunk fel. A talajminták vizsgálatát az NYME Termőhelyismeret-tani Intézeti tanszék laboratóriumában Bellér (1997) és az MGSZH (2010) útmutatása szerint végeztük. Az adatok értékelése pedig a digitális termőhely-térképezésben megszokott módszertan alapján történt (Scull és mtsai 2003).

Erdőklíma-értékelési módszerek

A klíma elemzésében az 1961 és 2010 között Pápán mért hőmérséklet- és csapadék adatokat használtuk. A sugárzásmérleg és a potenciális evapotranszpiráció számítására a felületmodell sugárzási energia bevitelét használtuk. A sugárzási energiabevitelt a domborzatmodellből számítottuk. Értékét a vegetációs időszakokra a csapadékösszegekkel összehasonlítva két közelítésben elemeztük a jelen és a klímaváltozási scenáriók kiemelt időszakaira. Az egyik közelítésben az erdészeti ariditási index értékeit – FAI – elemeztük (Führer 2010); a másikban az ún. energiafedezeti csapadékösszeget vizsgáltuk, amely az adott hónapban lehulló csapadék és a beérkező napenergia-mennyiség hányadosa. Ez a hányados azt mutatja meg, hogy a beérkező energia által elpárologtatható víz hány százalékát fedezi a lehulló csapadék.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A mintavételi helyeket földrajzi koordinátáikkal digitális terepmodellen ábrázoltuk (1. ábra).



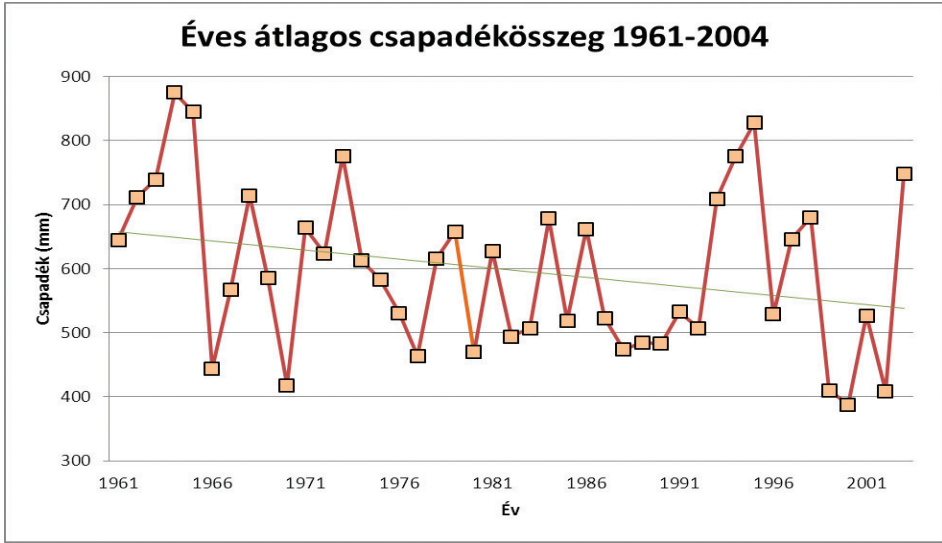
1. ábra: Mintavételi helyek a noszlopi erdőtömbben (jelmagyarázat: talajképző kőzetek szerinti részminták; „vízi” – víz által szállított üledék; „lejto” – lejtőüledék; „loasz” – lösz; „marga” – márga; „kavics” – kavics; „andezit” – andezit; „agyag” – agyag)

Figure 1: Sample plots in the woodlands of Noszlo (legend: subsamples reflecting the parent material of soil; „vízi” – sediments translocated by water; „lejto” – sediments translocated by gravity; „loasz” – loess; „marga” – marl; „kavics” – gravel; „andezit” – andesite; „agyag” – clay)

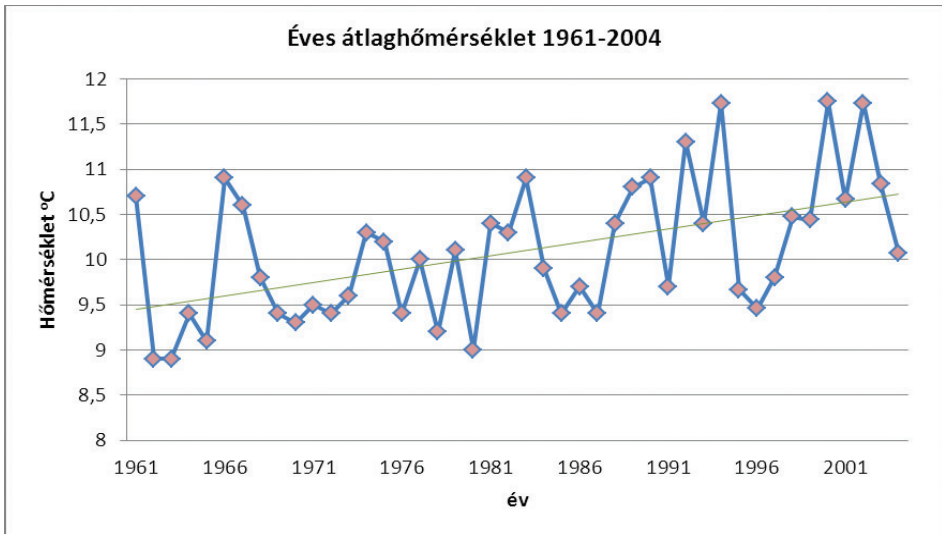
Az erdőterv termőhelyi tényezőinek összehasonlítása a vizsgálati eredményekkel

Az erdőszeti klímabesorolás értékelése

A vizsgált Északi-Pannónhát klimatikus átmenetet képez a Kisalföld és a Dunántúli-középhegység között. A szubatlantikus hatásoknak köszönhetően a klíma kevésbé szélsőséges. A klímaváltozással kapcsolatos kutatások rámutatnak arra, hogy az erdőszeti klímaregiók határai folyamatosan változhatnak, amely folyamatok leírásánál elsősorban a csapadék- és hőmérsékletviszonyokat kell számításba venni (Tasnády 2005, Mátyás és mtsai 2010, Führer és mtsai 2011a, b). Az évi összes csapadék mennyiségét figyelembe véve az utóbbi négy évtizedben egyértelmű trendként jelentkezik a csökkenő csapadékmennyiség. Míg az 1960-es években 650 mm körüli volt az átlagos csapadék, addig az 2004-ig 550 mm alá csökkent. Ennek kihatása van a terület erdőszeti klímabesorolására is. Ezzel egy időben a területen az éves átlaghőmérséklet növekvő tendenciát mutat. Míg az 1960-as évek elején nem érte el a 9,5 °C-ot, addig a 2000-es évek közepére meghaladta a 10,5 °C-ot is (2. és 3. ábra).

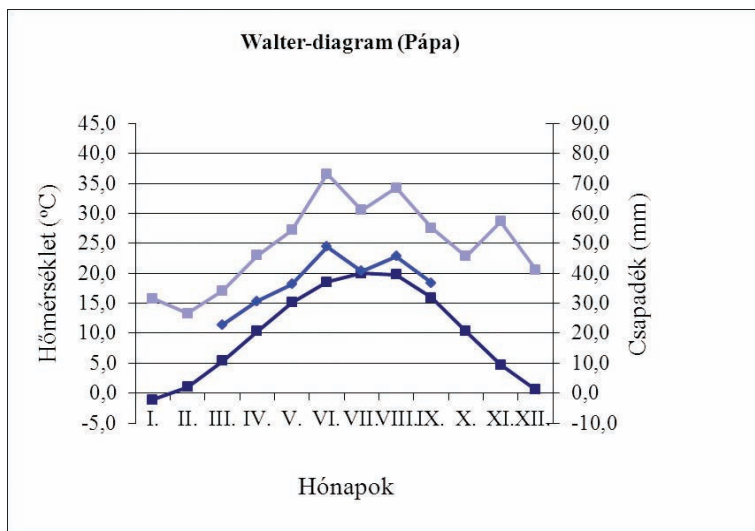


2. ábra: Éves átlagos csapadékösszeg alakulása Pápa térségében
Figure 2: Average yearly precipitation in the vicinity of Pápa



3. ábra: Éves átlaghőmérséklet alakulása Pápa térségében
Figure 3: Average yearly temperature in the vicinity of Pápa

Az 1960-tól mért meteorológiai adatokból szerkesztett Walter-féle klímadiagramon (4. ábra) jól látható, hogy az eredetileg az erdőtervekben 96 %-ban gyertyános-tölgyes klímával jellemzett terület felmelegedése és szárazodása zajlik, mert a süllyesztett csapadékgörbe júliusban már szinte eléri a hőmérsékleti görbét. Ez az állapot már a kocsánytalan tölgyes, ill. cseres klíma jellemzője.



4. ábra: A meteorológiai adatok alapján szerkesztett Walter-diagram
Figure 4: The Walter-diagram made on the basis of climate data

A hagyományos termőhely-feltérési módszerek a klíma változásának finomabb léptékű nyomon követésére csak igen korlátozottan alkalmasak. Klimatikus adatok általában csak nagyobb mérőállomásokról állnak rendelkezésre, amelyek a regionális klíma jellemzésére használhatók. A klímabesorolás erdőrésztlet szintre finomítására a domborzat klímamódosító hatásának figyelembe vétele ad lehetőséget. A vizsgálati terület ariditási indexen, meteorológiai adatokon és domborzatmodellen alapuló klimatikus elemzése lehetővé tette számunkra, hogy az erdőszeti klímátípusok jelenlegi és jövőben várható eloszlását Führer és mtsai (2011) munkájához hasonlóan vizsgáljuk meg a területen. A déli és nyugati kitétség erősíti a globális felmelegedés és szárazodás hatásait, míg az északi és keleti lejtésű területeken azok hatása mérsékeltebb.

- A noszlopi erdőtümbben az erdőtervi adatok a regionális klíma alapján a terület 94 %-án gyertyános-tölgyes, míg 6%-án kocsánytalan tölgye, ill. cseres klímát jegyeznek.
- A 29 talajszelvény helyének kiválasztásánál az volt a cél, hogy általuk a termőhelyi sokféleséget és lehetőség szerint a legfontosabb, egymástól fatermőképességben leginkább eltérő termőhelyi foltokat minél inkább/pontosabban jellemezni tudjuk. Ezen pontokon meghatározott kitétség alapján a fent leírt két klímakategória területi aránya 45, illetve 55 %-ra módosult. Ez a felbontás azonban még nem tette lehetővé, hogy mind az 50 erdőrésztletben konkrét vizsgálati adatok alapján bíráljuk el a klimatikus besorolást.
- Ezen alapadatok további pontosabb kiértékelésére azonban lehetőséget ad a digitális terrepmoell használata. Ebben az esetben az egyes szelvények termőhelyfoltjai kalibrációs szerepűek, és a közvetlenül nem vizsgált erdőrésztletek termőhelyi viszonyai modellezhetővé válnak. Ennek egyszerű esete a vizsgálati pontokon meghatározott termőhelytípus-változatok térbeni kiterjesztése a domborzati (kitétség, fekvés, lejtés), a modellezett alapközeti és hidrológiai viszonyok azonossága alapján.

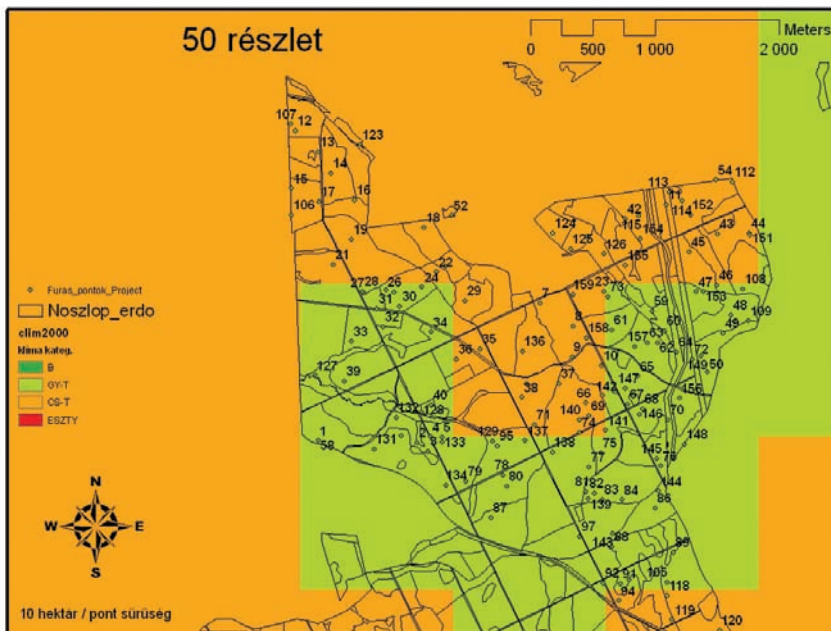
A térinformatikai elemzések eredményeként kapott klímaterképek alapján azt mondhatjuk, hogy a területünk nagy része jelenleg a CS-T klímátípusba sorolható. A FAI index szerint a vizsgált erdőtümb délkeleti, déli és délnyugati része még GY-T klímába tartozott az 1970-2000 közti időszak csapadék- és hőmérsékletadatai alapján, míg a terület többi része a CS-T-es klíma hatása alatt állt (5. ábra). A jelenleg elérhető, hivatalos éghajlatváltozási scenáriók alapján (Bartholy és Pongrácz 2008) előrevetített klímáparaméterek szerint azonban 2020-ra a teljes terület CS-T-es klímába lesz sorolható (6. ábra), és 2050-re pedig csak erdősztyepp klímátípust találhatunk a területen. Az energiafedezeti csapadék mennyiségén alapuló klímátípusbecslések hasonló eredményeket hoztak, némileg részletesebb térbeli elkülönítést téve lehetővé, amint azt a jelenlegi állapotokra szerkesztett térképen is láthatjuk (7. ábra).

Erdészeti hidrológia

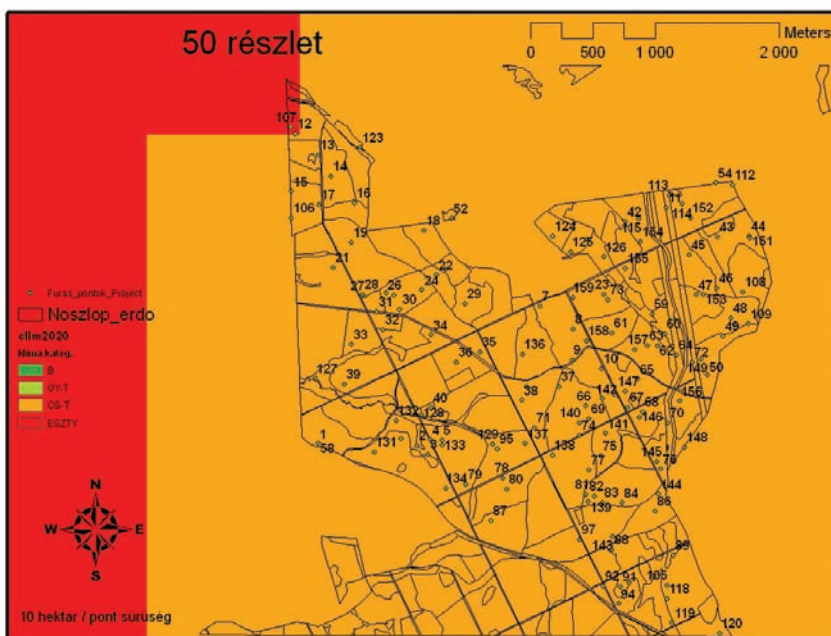
Míg az erdőtervi adatok alapján a termőhelyek 94 %-a többletvízhatástól független, 6%-a időszakos vízhatású, addig a 29 termőhelyi folt felvétele alapján 83 % a többletvízhatástól független terület, 7 % időszakos és 10 % állandó vízhatású. A részletesebb termőhelyfeltárás során nagyobb arányban találoztunk azokkal a termőhelyi foltokkal, amelyeken vagy a mélyebb fekvés miatt vagy a lejtőpihenőkön megjelenő összefolyások miatt a felszínhez közeli agyagos vízzáró rétegek fölött megjelent a többletvíz. Ezen kedvező termőhelyi foltok nagyobb fatermőképessége jobban kihasználható a megfelelő célállományok alkalmazásával. További gazdasági előnyt jelenthet a digitális termőhelytérkép alapján készíthető, a fentieknél még pontosabb hidrológiai besorolás alapján történő fajfajmegválasztás. A rendelkezésre álló talajvízszinttérképek alapján is értékeltük az erdőrésztetek hidrológiai besorolását. Ennek eredményét a 8. ábra szemlélteti. Megállapíthatjuk, hogy az erdőrésztetek hidrológiai besorolása zömében megfelel az aktuális talajvízviszonyoknak, de néhány esetben szükség van a jelenlegi üzemtervi adatok megerősítésére, azoknál az erdőrészteteknél, ahol a jelenlegi többletvízhatástól független besorolás nem tűnik indokoltnak a talajvíztérkép alapján (északi erdőrésztetek), és azokon a területeken, ahol az üzemtervben jelölt talajvízhez kötött többletvízhatás valószínűtlen (déli erdőrésztetek).

Genetikai talajtípusok

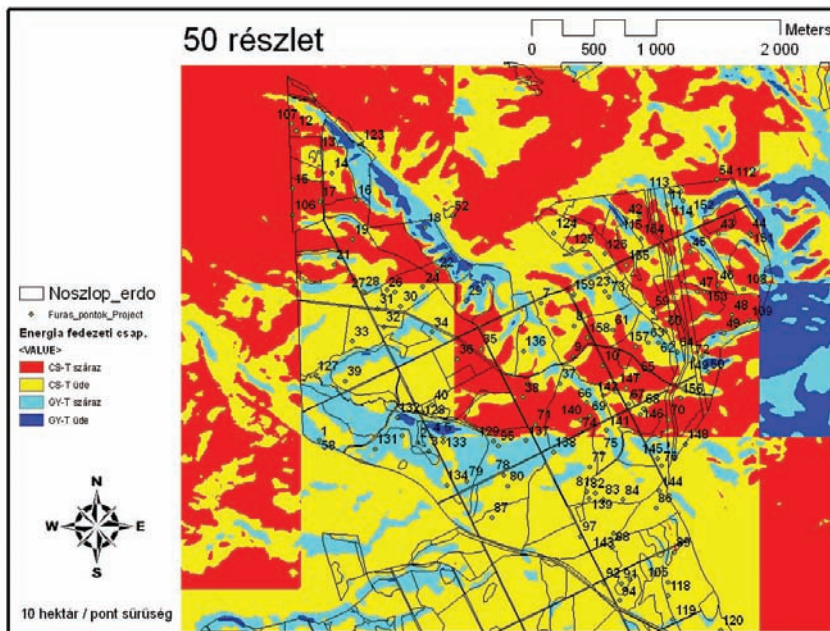
Míg a noszlopi erdőtümben az erdőtervek 5 talajtípust írnak le, addig a közvetlen termőhelyfeltárás alapján 10 genetikai talajtípust találtunk. Az erdőterv szerint a terület felén rozsdabarna erdőtalaj található, amelyet azonban nem differenciál megfelelően rozsdabarna (RBE) ill. agyagbemosódásos rozsdabarna (ARBE) típusokra. A közvetlen termőhelyfeltárás szerint a termőhelyfoltok mintegy harmadán a meghatározó talajtípus az ARBE. Utóbbi talajtípus kedvezőbb vízháztartással és tápanyag-szolgáltatással rendelkezik, a felhalmozódási B-szintben nagyobb mennyiségben jelen levő agyagkolloidok miatt.



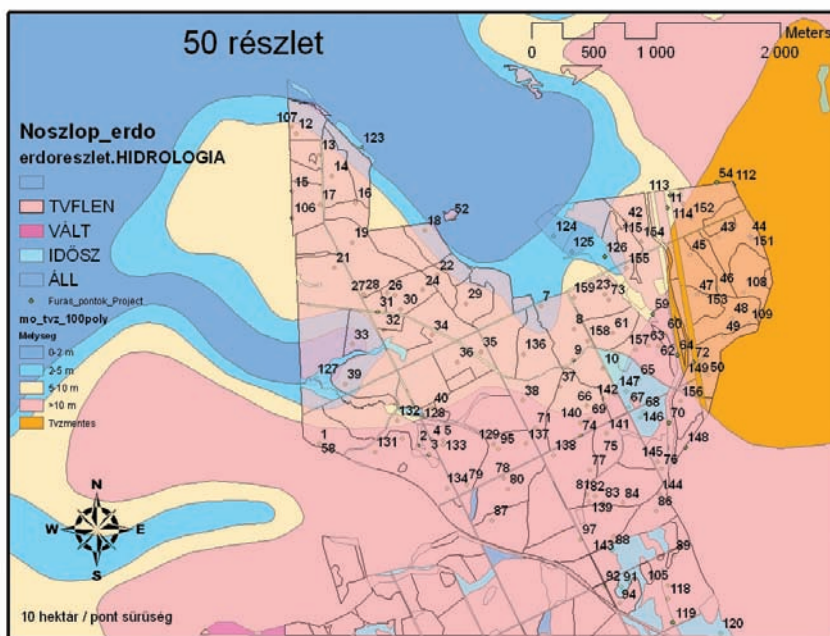
5. ábra: A FAI értékeken alapuló klímátípus-besorolás a 2000. évre vonatkozóan
 Figure 5: Forest climate map based on FAI for the year 2000



6. ábra: A FAI értékeken alapuló klímátípusbesorolás a 2020. évre vonatkozóan
 Figure 6: Forest climate map based on FAI for the year 2020



7. ábra: Energiafedezeti csapadékon alapuló klímabesorolás a 2000. évre vonatkozóan
 Figure 7: Insolation equivalent rainfall based climate map for 2000



8. ábra: Talajvíztérkép és üzemtvi hidrológiai kategória besorolás
 Figure 8: Hydrological categories vs. groundwater table map

Míg az erdőtervek termőhelyi adatainak frissítése viszonylag lassú és nem kellően részletes, addig a közvetlen termőhelyfeltárás a 2001 óta bevezetett cseri talaj jelenlétét is kimutatja. Ezt a talajtípust alapvetően nagy kavicsos váz tartalma (60 % fölötti), különböző mértékben cementált B-szintje jellemzi. Ez a talajtípus viszont jóval kedvezőtlenebb vízgazdálkodási tulajdonságú, mint az erdőtervben itt korábban leírt RBE talajok. Nem kellően részletes az erdőrészlet szintű talajtípus-meghatározás azokban az esetekben, amikor a kisebb területi kiterjedésű, vonalas kifizetésű termőhelyfoltokat (patak medrek, völgyek) összevonják. Ezekben a termőhely teremőhelyfoltokon gyakori a többletvíz megjelenése következtében kialakult réti talaj, ill. réti erdőtalaj.

Bár az egyes genetikai talajtípusok kialakulása a termőhelyi tényezők komplex egymásra hatásának hosszú időtávon kialakuló eredménye, bizonyos mértékben lehetőség nyílik a digitális felületmodell, az alapközettérképek, a talajvíztérképek alapján a közvetlen termőhelyfeltárás adatainak térbeli kiterjesztésére és finomabb léptékű ábrázolására (Illés és mtsai 2007, 2011).

A termőréteg vastagsága és a fizikai talajféleség

Ez a két termőhelyi tényező alapvetően a termőhelytípusok fatermőképesség szerinti további differenciálására szolgál a jelenlegi erdőtervezési gyakorlatban. A termőréteg mélysége befolyással van az adott talajtípuson nevelhető célállományok összetételére, azaz a fafajokra, valamint azok fatermőképességére. A fizikai talajféleség elsősorban a fatermőképesség szerinti megkülönböztetést szolgálja. A klimatikus tényezőknek a fatermőképességet negatívan befolyásoló változása felértékeli ezeknek a tényezőknek a szerepét. A szárazodó klimatikus feltételek, a szélsőségek erősödése mellett a növények vízfelvétele szempontjából a talaj víztároló képessége egyre fontosabb lesz a folyamatos vízellátottság biztosítása érdekében. Ebből a szempontból a mély termőrétegű, homokos vályog, vályog, agyagos homok fizikai talajféleségekkel rendelkező talajtípusok fatermőképességének csökkenése a leglassúbb ütemű. Az igen sekély, sekély termőrétegű talajokon álló erdők fatermőképessége alapján már az adott termőhelyek nem alkalmasak gazdasági rendeltetésű erdők fenntartásának, vagyis nem lehet elsődleges cél a fatermesztés rajtuk. Természetesen mindezt a klímaváltozás generálja. Sok esetben ezek az erdők talajvédelmi rendeltetésűek, így esetükben vágásos üzemmódot nem célszerű alkalmazni.

2. táblázat: A noszlopi erdőtümb erdőrészlet szintű termőhelytípuváltozata a közvetlen termőhelyfeltárás alapján (rózsaszín háttér: közvetlen termőhelyfeltárás alapján, zöld háttér: digitális termőhelytérkép adataiból származtatott)

Table 2: Site classification of the study area by forest compartments based on direct site surveys

(pink background: based on direct forest site investigation, green background: derived from digital forest site map)

| Tag | Részlet | Klíma | Hidrológia | Genetikai talajtípus | Fizikai féleség | Termőrétegmélység |
|-----|---------|--------|------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| 08 | F | GY-T | TVFLEN | ARBE | H-AH | ME |
| 08 | G | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | HV | ME |
| 08 | H | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | HV | ME |
| 09 | A | GY-T | IDOSZ | RETIE | H | SE |
| 09 | B | CS-KTT | TVFLEN | FRE | H | ISE |
| 10 | A | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | V | ME |



| Tag | Részlet | Klíma | Hidrologia | Genetikai talajtípus | Fizikai féleség | Termőrétegmélység |
|-----|---------|--------|------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| 10 | B | CS-KTT | TVFLEN | BRE | HV | ISE |
| 10 | C | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | V | ME |
| 10 | D | CS-KTT | TVFLEN | FRE | HV | ISE |
| 10 | E | GY-T | TVFLEN | KV | TÖ | SE |
| 10 | F | CS-KTT | TVFLEN | BRE | H | ISE |
| 11 | A | CS-KTT | TVFLEN | FRE | HV | ISE |
| 11 | B | CS-KTT | TVFLEN | BRE | HV | ISE |
| 11 | C | CS-KTT | TVFLEN | ARBE | H-AH | ME |
| 11 | D | CS-KTT | TVFLEN | ARBE | H-AH | ME |
| 12 | A | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | V | ME |
| 12 | B | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | V | ME |
| 12 | C | GY-T | TVFLEN | KV | TÖ | SE |
| 12 | D | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | HV | ME |
| 12 | E | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | HV | ME |
| 12 | F | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | V | ME |
| 12 | G | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | V | ME |
| 12 | H | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | HV | ME |
| 12 | I | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | HV | ME |
| 12 | J | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | V | ME |
| 13 | A | GY-T | TVFLEN | MKARBE | H | ME |
| 13 | B | GY-T | TVFLEN | RBCSERI | H | ISE |
| 13 | C | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | HV | ME |
| 13 | D | CS-KTT | TVFLEN | ARBE | H-AH | KME |
| 13 | E | CS-KTT | TVFLEN | ARBE | H-AH | ME |
| 14 | A | GY-T | TVFLEN | MKARBE | H | IME |
| 14 | B | GY-T | TVFLEN | MKARBE | H | IME |
| 14 | C | GY-T | TVFLEN | ARBE | H-AH | KME |
| 15 | A | CS-KTT | IDOSZ | PGARBE | AH | IME |
| 15 | B | CS-KTT | ALLV | RETIE | H | ME |
| 15 | C | CS-KTT | TVFLEN | ARBE | H-AH | KME |
| 16 | C | GY-T | ALLV | NKTR | H | KME |
| 16 | D | GY-T | TVFLEN | RBCSERI | H | ISE |
| 19 | A | GY-T | TVFLEN | RBCSERI | H | SE |
| 19 | B | CS-KTT | TVFLEN | RBCSERI | H | SE |
| 23 | A | GY-T | TVFLEN | RBCSERI | H | SE |
| 23 | B | GY-T | TVFLEN | KV | TÖ | SE |
| 23 | C | CS-KTT | TVFLEN | PGARBE | H | IME |
| 23 | D | CS-KTT | TVFLEN | ARBE | H-AH | KME |
| 23 | E | CS-KTT | TVFLEN | MKARBE | H | KME |
| 24 | A | CS-KTT | ALLV | RETIE | AH | KME |
| 24 | B | CS-KTT | TVFLEN | ARBE | H-AH | KME |
| 24 | C | CS-KTT | TVFLEN | BFÖLD | HV | ME |
| 24 | D | GY-T | TVFLEN | ARBE | H-AH | KME |
| 24 | E | GY-T | TVFLEN | ARBE | H-AH | KME |

Következtetések és javaslatok

- A noszlopi erdőtümb példáján bemutattuk, hogy a hagyományos termőhelyi módszerekre és azok továbbfejlesztésére alapozó digitális termőhely-térképezést alkalmazó eljárásokkal az erdőtervben szereplő termőhelyi adatok jelentős pontosítása lehetséges. A klímaváltozás következtében ez a pontosítás eredményeink alapján indokolt és szükséges is.
- Az itt elvégzett termőhely-térképezési módszerrel elsősorban a következő termőhelyi paraméterek térbeli elhelyezkedésének pontosítása lehetséges: klíma, hidrológia, genetikai talajtípus. Mindezek már alapvetően befolyásolják a fafajmegválasztást is.
- A noszlopi erdőtümb klímaértékelése alapján a gyertyános-tölgyes klíma a terület nagy részén eltolódik a kocsánytalan tölgyes ill. cseres klíma felé. A finomabb léptékű termőhely-leírás lehetővé teszi az elsősorban völgyekben, mélyebb fekvésekben megjelenő többletvíz által érintett termőhelyfoltok behatárolását.
- A genetikai talajtípus meghatározásakor több talajtípust írtunk le, mint amennyi az erdőtervekben szerepelt. Ez sokkal részletesebb, és a termőhelyi viszonyokhoz jobban igazodó célállomány meghatározását teszi lehetővé.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönet illeti a Bakonyerdő Zrt-t vizsgálataink anyagi támogatásáért.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bartha D.; Kovács, G. és Heil B. 2008: A termőhelyi tényezők változásának kölcsönhatásai és kapcsolata a vegetációval. In: Bartha, D. és Vidéki R. (szerk.): A Bockerek erdő. Nyírerdő Nyírségi Erdészeti Zrt., Debrecen, 252-262.
- Bartha, D.; Heil, B.; Király, G. és Kovács G. 2010: A termőhelyi és gazdálkodási tényezők változásának kölcsönhatásai és kapcsolata a vegetációval. In: Bartha, D. (szerk.): A Baktai-erdő. Nyírerdő Nyírségi Erdészeti Zrt., Debrecen, 347-356.
- Bartholy J. és Pongrácz R. 2008. Regionális éghajlatváltozás elemzése a Kárpát-medence térségére. In: Harnos, Zs. és Csete, L. (szerk.). Klímaváltozás: környezet – kockázat – társadalom. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 2008. pp: 15-55.
- Bellér P. 1997: Talajvizsgálati módszerek. Soproni Egyetem, Egyetemi jegyzet, Sopron.
- Édes M. és Sölét-Ormos E. 2006: A Bakonyerdő Zrt. Devecseri Erdészetéhez tartozó Kolontári erdőtümb megváltozott termőhelyi viszonyainak vizsgálata az elmúlt évek nagyobb arányú tölgypusztulásának függvényében. Diplomaterv, Sopron.
- Führer, E. 2010: A fák növekedése és a klíma. "KLÍMA-21" Füzetek, 61: 98-107.
- Führer, E.; Marosi, Gy.; Jagodics, A. és Juhász, I. 2011a: A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. Erdészettudományi Közlemények, 1: 17-28.
- Führer, E.; Horváth, L.; Jagodics, A.; Machon, A. and Szabados, I. 2011b: Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. Időjárás, 115 (3): 205–216.
- Für T. 2008: A termőhelyi tényezők és a faállományok kapcsolatának vizsgálata a Bőnyi-erdőtümbben, OFKD, Sopron.



- Gál B. 2006: A Gönyüi-homokvidék digitális termőhely-térképezése és faállományainak vizsgálata. Diplomaterv, Sopron.
- Halász G. 2006 (szerk.): Magyarország erdészeti tájai. Budapest, 89-90.
- Hengl, T. és Reuter H. I. (eds.) 2007: Geomorphometry Concepts, Software, Application. Developments in Soil Science. Vol. 33. Elsevier. 765 pp.
- Illés, G.; Kovács, G. és Heil B. 2007: A digitális termőhely- és talajtérképezés erdészeti lehetőségei dombvidékeken. Talajvédelem. A talajvédelmi Alapítvány lektorált különszáma, 111-120 p.
- Illés, G.; Kovács, G. és Heil B. 2011: Comparing and evaluating digital soil mapping methods in a Hungarian forest reserve. Canadian Journal of Soil Science, 91(4): 615-626.
- Mátyás, Cs.; Führer, E.; Berki, I.; Csóka, Gy.; Drüszler, Á.; Lakatos, F.; Móricz, N.; Rasztovits, E.; Somogyi, Z.; Veperdi, G.; Vig, P. és Gálos B. 2010: Erdők a szárazsági határon. „KLÍMA-21” Füzetek, 61: 84-97.
- MGSZH Központi Erdészeti Igazgatóság 2010: Erdőrendezési útmutató, Termőhely felvétel kódjegyzéke és mellékletei, kivonat, 5. változat, Budapest.
- Scull, P.; Franklin, J.; Chadwick, O.A. and McArthur, D. 2003: Predictive Soil Mapping: a review. Progress in Physical Geography, 27(2): 171-197.
- Tasnády P. 2005: Klímaváltozás és erdőgazdálkodás. „Agro-21” Füzetek 46. sz. Klímaváltozás-Hatások-Válaszok. Agro-21 Kutatási Programiroda, Budapest. 56-66.

Érkezett: 2012. április 15.

Közlésre elfogadva: 2012. szeptember 3.

HOMOKI LEUCE-NYÁRAK TERMESZTÉSI TECHNOLÓGIAI MODELLJEI

Keserű Zsolt és Rédei Károly

Erdészeti Tudományos Intézet, Ültetvénytudományi Fatermesztési Osztály

Kivonat

A Leuce-nyárok, mindenekelőtt a fehér nyár (*Populus alba*) és természetes hibridje, a szürke nyár (*Populus x canescens*) szerepe fokozatosan növekszik elsősorban a Duna-Tisza közeli meszes homoki termőhelyek erdőtelepítéseiben és mesterséges felújításaiban. A tanulmány a minőségi rönktermelésre, illetve tömegfaválasztékok előállítására alkalmas Leuce-nyárasokra közöl új, egyszerűsített erdőnevelési, valamint kor - célátmérő modelleket. A bemutatott gyakorlatorientált modellek segíthetik a Leuce-nyár hazai termesztésének minőségi fejlesztését.

Kulcsszavak: Leuce-nyárok, erdőnevelési modellek, növénytér szabályozás

TENDING OPERATION MODELS FOR LEUCE-POPLARS UNDER SANDY SOIL CONDITIONS

Abstract

The role of the Leuce – poplars, first of all of the white poplar (*Populus alba*) and its natural hybrid, the grey poplar (*Populus x canescens*) is increasing continuously in new afforestations and artificial regenerations mainly on calcareous sandy sites in the Danube-Tisza region. The study presents a simplified tending operation model as well as age – target diameter models for Leuce - poplar stands which are suitable for qualitative log production or for the production of mass assortments. The published practice-oriented models may help to improve the quality of Leuce - poplars growing technology in Hungary.

Keywords: Leuce-poplars, tending operation models, growing space regulation

BEVEZETÉS

Őshonos nyáraink közül erdőgazdasági (fatermesztési) jelentősége a Leuce-nyár fajcsoportba tartozó fehér nyárnak - *Populus alba* (Linné, 1753) - és természetes hibridjének, a szürke nyárnak - *Populus x canescens* (Smith, 1808) - van. Mivel a hibridizációs (visszakereszteződés-

ses) szintek a természetben nem különíthetők el egyértelműen, a következőkben csak a Leuce-nyár megnevezést használjuk.

A Leuce-nyárak termesztésével összefüggő integrált kutató-fejlesztő munka intenzívebbé tételét több tényező indokolja. A fatermesztést alapvetően befolyásoló ökológiai tényezők egy részének kedvezőtlenebbé válása (minimális mennyiségű vegetációs időszakbeli csapadék, a talajvízszint mélyebbre húzódása, helytelenül megoldott vízszabályozás, vízvezetés) előtérbe helyezte új, a megváltozott környezeti feltételekhez is alkalmazkodni tudó fajták (klónok) előállítását.

A homoki termőhelyek egy jelentősebb részén tenyésző erdeifenyvesekben állandósult gondot jelent a gyökérrontó tapló (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) növekvő károsítása (Pagony 1983, Koltay és mtsai 2012). Ugyancsak megoldásra vár a gyengébb termőképességű termőhelyeken álló nemesnyárasok fajfajcserés felújítása. Jelentős mértékben növekedni fog a jövedelmezően nem művelhető mezőgazdasági területek erdészeti hasznosításának, erdőtelepítéseknek a mennyisége is. E területek egy része a Leuce-nyárak termesztése számára ún. határtermőhelyeket képvisel majd, amelyeknél valamilyen talajhiba vagy más káros környezeti tényező korlátozza az ültethető fajok (fajták, klónok) körét, valamint a termesztési időtartam hosszát. Mindezekben túlmenően a már meglévő Leuce-nyárasoknak meghatározó jelentőségük van és lesz a természetvédelemben (őshonos fajok génkészletének megőrzése) és a tájfejlesztésben (tájesztétikában). Ugyanakkor a részben megváltozott ökológiai körülményeket alapul véve termesztés-fejlesztésük egyik kiemelt iránya a vegetatív úton is jól szaporítható, jó növekedésű, károsításokkal szemben ellenálló, a feldolgozás számára értékesebb alapanyagot adó új fajták előállítása és köztermesztésbe vonása.

E publikáció legfőbb célja az, hogy a fenti elvárások figyelembe vételével bemutassa a homoki, mindenekelőtt a Duna-Tisza közén tenyésző Leuce-nyárasok újonnan szerkesztett termesztési technológiai modelljeit. Reméljük, hogy munkánk, ha szerény mértékben is, de hozzájárul a Leuce-nyárak termesztésének minőségi fejlesztéséhez.

A HOMOKI LEUCE-NYÁRASOK TERMESZTÉSFEJLESZTÉSÉVEL ÖSSZEFÜGGŐ RÖVID TUDOMÁNYTÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

A következőkben azokat a főbb kutatási eredményeket tekintjük át, amelyek a homoki Leuce-nyár termesztésének tudományos igényű megalapozásához és gyakorlatának fejlesztéséhez tevőlegesen járultak hozzá.

A Leuce-nyár szaporítóanyag-(csemete) termesztésével kapcsolatos első gyakorlati jellegű munkák Csaja (1948, 1955), Bokor (1954), Koltay (1953, 1955) és Partos (1955, 1956) nevéhez fűződnek. A későbbiek során Bakkay (1957, 1962.a.), Sipos (1957) és Tóth (1957) adnak leírást a Leuce-nyár magcsemete nevelésének, illetve dugványról való szaporításának fontosabb tudnivalóiról. A Leuce-nyár vegetatív szaporítási eljárásainak kidolgozásában meghatározó jelentőségű Papp (1966, 1978, 1984) kutatói munkássága. A csemetenevelés technológiai korszerűsítése terén Lemmerné és Pásztor (1988) és Lemmerné (1984) közlései érdemelnek figyelmet. A Leuce-nyár szaporítóanyag-termesztéssel kapcsolatos ismeretek összefoglalóját Halupa és Tóth (1988) munkájában találhatjuk.

A Leuce-nyár nemesítése terén Gombóc (1926, 1928), Koltay (1953) és Kopecky (1954, 1956, 1959, 1962, 1978) munkássága meghatározó jelentőségű. Babos (1962) a Duna-Tisza közti homokhát közepső részéről ír le babérlevelű fehér nyár néven új xeromorf faalakot. A Leuce-nyár termesztésének termőhelyi feltételeivel kapcsolatos ismeretekkel Járó (1962), Babos (1962), a későbbiekben pedig Szodfridt (1978) foglalkozik. A fajajcsoporttal kapcsolatosan erdő-sítéspolitikai irányelvek meghatározása terén Kiss (1894), Babos (1954, 1957) és Magyar (1960) munkáit tekinthetjük irányadónak. Az ezirányú kutatások összegzését adják Keresztesi szerk. (1978) és Halupa és Tóth (1988) munkái. Kimondottan a Leuce-nyárok termesztési kérdéseivel foglalkozik Halupa (1967) és Tóth (1987) tanulmánya. Ugyancsak e fajajcsoport termesztés-fejlesztésének biológiai vonatkozású kérdéseit tárgyalja Bartha (1991) kandidátusi értekezése. Szürke nyár törzsfák, illetve fehér nyár hibridek faanyag minősége és a termőhely közötti összefüggéseket Halupáné és mtsai (1992) és Göbölös (1998) elemzi a Duna-Tisza közti homokháton.

A Leuce-nyárasok, illetve az újabban szelektált fehér nyár klónok nevelésével és fatermesztésével foglalkozó tanulmányok közül Magyar (1954), Sopp (1957), Bakkay (1962b.) Szodfridt (1969), Szodfridt és Palotás (1973), Halupa és Kiss (1978), Halupa és Tóth (1988), Rédei (1991, 1992, 1994 a, 1994 b, 1999) és Treczker (2002) munkáira kell e helyen hivatkoznunk. Végezetül a Leuce-nyárasok termesztésfejlesztésével kapcsolatos újabb, összefoglaló jellegű ismereteket Rédei (2000, 2003), Rédei és Keserű (2008), valamint Rédei és mtsai (2010, 2011) publikálta.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A következő fejezetekben közölt erdőnevelési (fatermesztési) modellek a homoki Leuce-nyárasokra készített, döntően a Duna-Tisza közti homokháton 50 egyszeri és 20 ismételt faállomány-felvétel alapján megszerkesztett fatermesztési tábla (Rédei, 1991) alapösszefüggéseire épülnek, amelyek a *főállományra* vonatkoztatva az alábbiak:

1. A faállomány életkora (jele később: A)
2. $H_{gfó}$ = a főállomány körlappal súlyozott átlagos magassága:

$$H_{gfó} = 1,21592 \times (1 - e^{0,09236A})^{1,8334}$$

3. $D_{gfó}$ = a főállomány átlagos mellmagassági átmérője:

$$D_{gfó} = 1,58356 + 0,73502 \times H_{gfó} + 0,01571 \times H_{gfó}^2$$

4. $N_{fó}$ = a főállomány törzsszáma:

$$N_{fó} = e^{8,75483 - 0,83879 \ln D_{gfó}}$$

5. G_{f6} = a főállomány körlapösszege:

$$G_{f6} = \frac{D_{gf6}^2 \times \Pi}{4 \times 1000} \times N_{f6}$$

6. V_{bf6} = a főállomány bruttó összes fatérfogata:

$$V_{bf6} = G_{f6} \times HF_{f6}$$

7. HF_{f6} = a főállomány alakmagassága:

$$HF_{f6} = 1,96791 + 0,40778 \times H_{gf6}$$

Fentiekén túlmenően figyelembe vettük továbbá a Leuce-nyárasok nevelésével kapcsolatos általános irányelveket és a vonatkozó erdőnevelési modelltáblák adatsorait is.

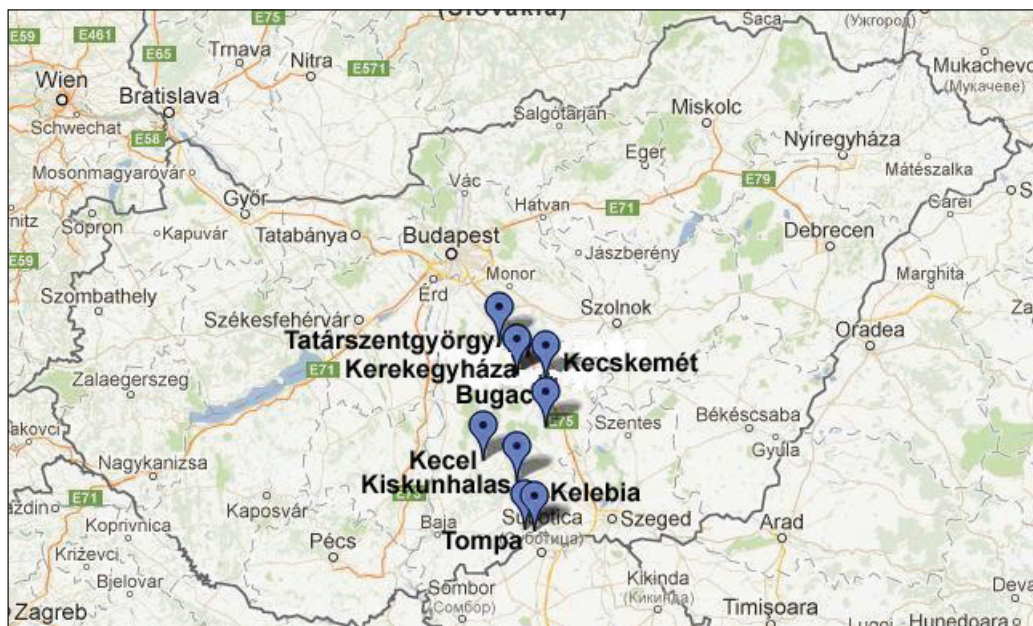
EREDMÉNYEK (TERMESZTÉSI TECHNOLÓGIAI MODELLEK)

Leuce-nyárasok megújított erdőnevelési modellje

A Leuce-nyárasok általában nem alkotnak kiterjedtebb, összefüggő faállománytömböket. Jelentős részük olyan határtermőhelyeken áll, amelyek más gyorsan növekvő fafajjal gazdaságosan már nem hasznosíthatók. További fenntartásuk ezért is indokolt. Emellett szólnak még a nemesítési, génmegőrzési, az erdővédelmi, a környezetvédelmi, az erdőesztétikai és egyéb szempontok is. A fehér és a szürke nyárból jelenleg még nem elsősorban klónokat, hanem túlnyomórészt mag- vagy sarjeredetű populációkat termesztünk. Ezért erdőnevelésük alapja a szelekció, a legjobb öröklött tulajdonságú egyedek kiválasztása és segítése.

A fehér nyár fiatalokban kevésbé fényigényes, igényli az oldalárnyalást, és azt hosszú időn keresztül károsodás nélkül el is viseli. Erőteljesebb magassági növekedése a faállomány záródása, a gyökérrendszer kialakulása után indul meg. Sűrű állásban, fiatalokban keskeny koronát növeszt, később, kb. 20 éves kortól már erősen terebélyesedik, ami a záródás csökkenésének az eredménye. Törzsalakja kisebb-nagyobb mértékben görbült, ami többek között szoros kapcsolatban van a származással is. A származásnak a faanyag minőségére jelentős hatása van. A szürkosság, az erős álgesztesedés, a fagylicesség elsősorban a fehér nyár és a genetikailag ahhoz közel eső szürke nyár változatokra jellemző. Az erőteljes zöldnyesést megsínyli, csak a száraz ágak eltávolítását viseli el károsodás nélkül. A természetes ágtisztulás csak sűrű állásban érhető el.

A Leuce-nyárasok nevelésével kapcsolatos legfontosabb irányszámokat az 1. táblázatban található erdőnevelési modell tartalmazza. A Leuce-nyárasok megújított numerikus erdőnevelési (fatermesztési) modelljének megszerkesztéséhez 70 hosszú lejáratú fatermesztési és erdőnevelési kísérleti parcella adatát használtuk fel (1. ábra). A nevelővágásokat (növtér-bővítéseket) akkor kell elvégezni, amikor a törzsszám megközelítőleg megegyezik a táblázat nevelővágás előtti törzsszámra vonatkozó adatával.



1. ábra: A mintaterületek elhelyezkedése
 Figure 1: Locations of the sampling plots

1. táblázat: Leuce-nyárasok egyszerűsített erdőnevelési modellje
 Table 1: Simplified tending operation model for Leuce-poplar stands

| Nevelővágás | Száma | A nevelővágás | | | Törzsszám (db/ha) | |
|--------------|-------|---------------------------------|---|-----------|-------------------|-----------|
| | | elvégzésének éve (kora) (év) | időpontjában a H_m (m) és a fatermési osztály | | a nevelővágás | |
| | | | előtt | után | | |
| Tisztítás | 1. | 5–10 | 6 | (I–VI.) | >3000 | 3000 |
| | 2. | 11–14 | 8–11 | (I–VI.) | 3000 | 1300–1800 |
| Gyérítés | 1. | 15–20 | 12–17 | (I–V.) | 1300–1800 | 650–1200 |
| | 2. | 21–25 | 16–23 | (I–IV.) | 650–1200 | 350–600 |
| Véghasználat | | 40 | | (I–II.) | | 350–400 |
| | | 30–35 | | (III–IV.) | | 500–600 |
| | | 25–30 | | (V.) | | 800–900 |
| | | 20–25 | | (VI.) | | 1000–1100 |

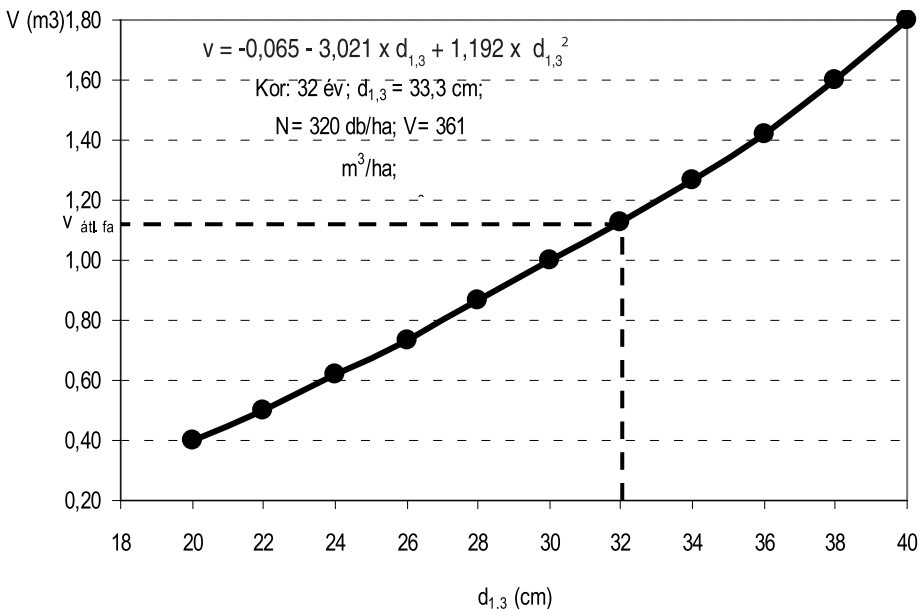
Megjegyzés az erdőnevelési modell használatához:

- Az átlagos fmagasságra vonatkozó értékhatárok – ugyanazon korban – lehetővé teszik a fatermési osztályok (Rédei, 2007) hozzávetőleges meghatározását.
- A gyérítések tervezése során minél jobb a becsült fatermési osztály, annál jobban kell közelíteni a nevelővágás utáni törzsszámhatárok alsó értékéhez.
- Az V–VI. fatermési osztályú Leuce-nyárasok nem képezik a minőségi fatermesztés tárgyát.

Az első tisztítást csak azokban a sarjeredetű faállományokban kell elvégezni, ahol a törzsszám az 1. táblázatban feltüntetett értéknél (3000 db/ha) nagyobb. Tervezett időpontja akkor van, amikor a természetes kiválasztódás hatása már érzékelhető, és megkezdődik az öngyérülés. Ez általában az állomány 6 m körüli átlagos magasságáig, a termőhelytől függően 6-10 éves korig bekövetkezik. A sarjeredetű állományok ily módon vezethetők át az ültetvényyszerű művelés fel-tételrendszerébe.

Az ültetett fiatalosokban az első tisztítást akkor kell elvégezni, amikor a törzsszám megköze-lítőleg megegyezik a táblázatban szereplő nevelővágás előtti értékkel.

A Leuce-nyárák a zöldnyesést megsínylik, így a nyesést az első tisztításkor, a természetes ágszáradás után kell elvégezni. Az első tisztításkor a megmaradt fákról csak a vastagabb és a mozgást akadályozó ágak levágása szükséges. Élő ágak közül a túlságosan megvastagodottak (3-4 cm vastagságúak), esetleg a villásodás megszüntetése érdekében nemkívánatos helyzetű-ek és jellegűek eltávolítása lehet indokolt.



2. ábra: A mellmagassági átmérő és a fatérfogat összefüggése kiváló növekedésű (I.FTO) fehér nyárasban (Kecskemét 215 B erdőrésztlet)

Figure 2: Relationship of the diameter at breast height and the volume in a white poplar stand (Yield class I.) with excellent growth (subcompartment Kecskemét 215 B)

Az I-IV. fatermési osztályú Leuce-nyárasokban gyérítést 2 alkalommal végezhetünk a modell-táblában foglaltaknak megfelelően. Az I-III. fatermési osztályú faállományokban a gyérítés előtt célszerű kijelölni a „V”- fákat. Ez azért is kívánatos, mivel a genetikailag rendszerint nagyon heterogén Leuce-nyárasokban általában céltudatos és következetes szelekciót kell folytatni. A „V” –fák kijelölése emellett nagymértékben elősegíti azt, hogy a további nevelővágások előre meghatározott egységes célnak (célátmérő elérésének) megfelelően történjenek. Ez a sarjere-detű állományokban azért is fontos, mert hozzásegít a megfelelő térbeli rend kialakításához. Az

I-III. fatermési osztályú faállományokban az első gyérítéssel egy időben kell elvégezni a „V” –fák nyesését is a jó minőségű rönktermesztés érdekében. Egy ilyen kiváló növekedésű és faállomány-szerkezetű, törzsenkénti felvétellel érintett fehér nyár kísérleti parcellában a mellmagassági átmérő ($d_{1,3}$) és a fatérfogat (v) összefüggését a 2. ábra mutatja be.

A fehér nyárból jelenleg döntően még nem klónokat és fajtákat, hanem mag- vagy sarjeredetű populációkat termesztünk. A köztermesztésben, illetve egy-két termesztési kísérletben található néhány fehér nyár fajta, pl. a 'Villafranca' ('I-58/57') vagy a 'Homoki' ('H 425-4') állományainak nevelésével kapcsolatban a modellkészítéshez még nem áll rendelkezésünkre megfelelő számú felvételi adat és tapasztalat. Általános irányelvként fogalmazhatjuk meg, hogy a 3x3 m-es hálózatba ültetett fajták esetében tisztításra általában nincs szükség, kivéve ha a fiatalos nem egyöntetű növekedésű. A 3x2 m-es vagy az ennél szűkebb induló hálózatú (3x1m, 2,5x1m), klóncsemetével létesített ültetvényekben egy, illetve két növőtérbővítő tisztítás elvégzése ajánlott. A gyérítések tervezésénél az 1. táblázat adatait vehetjük mérvadóaknak.

Leuce-nyárasok kor - növőtér - célátmérő modelljei

Az ültetvényszerűen termesztendő fafajok állományainak nevelése során kiemelt jelentősége van a *növőtérbővítések időbeni ütemezésének*, vagyis a kor és a termőhelyi adottságok (fatermési osztály) függvényében az adott célválaszték előállításához vagy célátmérő eléréséhez szükséges, optimálishoz közelálló törzsszám (növőtér) fenntartásának. A termőhelyi (ökológia) tényezők alapvetően határozzák meg a termesztési célt, vagyis azt, hogy méretes, minőségi faanyag (lemezipari rönk, fűrészrönk) vagy pedig csak vékonyabb méretű ún. tömegfaválasztékok (kivágás, rakodólap és ládaipari alapanyag, papírfá, farost, forgács- és lemezipari alapanyag) megtermelésére van lehetőség.

2. táblázat: *Minőségi rönktermelésre alkalmas Leuce-nyárasok kor - célátmérő adatsora*
Table 2: *Age-target diameter model for Leuce-poplar stands suitable for quality log production*

| Tervezett célátmérő $D_{1,3}$ (cm) | Tényezők | | |
|---------------------------------------|-------------------|---|----------------------------------|
| | Fatermési osztály | Az adott célátmérő ($D_{1,3}$) eléréséhez szükséges kor (év) | Törzsszám (N) 1 ha-on (db/ha) |
| 18 | I. | 14 | 560±5% |
| 18 | II. | 17 | |
| 18 | III. | 21 | |
| 18 | IV. | 28 | |
| 20 | I. | 16 | 515±5% |
| 20 | II. | 18 | |
| 20 | III. | 23 | |
| 20 | IV. | 32 | |
| 25 | I. | 21 | 425±5% |
| 25 | II. | 25 | |
| 25 | III. | 37 | |
| 30 | I. | 28 | 365±5% |
| 30 | II. | 42 | |
| 35 | I. | 43 | 320±5% |

A 2. táblázat adatai azt mutatják, hogy minőségi, méretes rönktermelésre döntően az I-III. fatermési osztályú Leuce-nyárasokban van lehetőség. A IV. fatermési osztályú Leuce-nyárasokban – 30 éves átlagos vágásérettségi kort figyelembe véve – a 18 és 20 cm-es célátmérő tervezhető nagy bizonyossággal. A fenntartható 1 ha-ra eső törzsszám a fatermési osztály függvényében 320-560 db között változik.

A 3. táblázat azt mutatja, hogy a tömegfaválasztékok előállítására a IV., V. és 10-12 cm-es tervezhető célátmérő esetén esetlegességgel még a VI. fatermési osztályú Leuce-nyárasok is alkalmasak lehetnek. Ugyanakkor ez utóbbi két fatermési osztályban a gazdálkodás az esetek döntő többségében veszteséges, így nem is képezhetik az ültetvényes fatermesztés tárgyát. A gyengébb ökológiai feltételek között tenyésző Leuce-nyárasokban a tervezhető vágásérettségi kor is rövidebb (általában 25-30 év közötti). A fenntartható törzsszám 620-920 db/ha között változik a fatermési osztály függvényében. Ezekben a Leuce-nyárasokban – fatermési vizsgálataink alapján – a 15-17 éves kor után elvégzett törzsszámcsökkentés (gyérités) sem jár számottevőbb vastagsági növekedéstöbblettel.

3. táblázat: Tömegfaválasztékok előállítására alkalmas Leuce-nyárasok kor- célátmérő adatai
Table 3: Age-target diameter model for Leuce-poplar stands suitable for production of mass sortiments

| Tervezett célátmérő D _{1,3} (cm) | Tényezők | | |
|--|-------------------|--|----------------------------------|
| | Fatermési osztály | Az adott célátmérő (D _{1,3}) eléréséhez szükséges kor (év) | Törzsszám (N) 1 ha-on (db/ha) |
| 10 | IV. | 11 | 920±5% |
| 10 | V. | 14 | |
| 10 | VI. | 19 | |
| 12 | IV. | 13 | 790±5% |
| 12 | V. | 17 | |
| 12 | VI. | 25 | |
| 14 | IV. | 15 | 690±5% |
| 14 | V. | 24 | |
| 14 | VI. | - | |
| 16 | IV. | 20 | 620±5% |
| 16 | V. | 31 | |
| 16 | VI. | - | |

ÖSSZEFOGLALÁS (GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁG)

Az ültetvényszerű Leuce-nyárasok termesztésfejlesztése a síkvidéki erdőgazdálkodás jövőjét illetően egyre jelentősebbé válik. Ennek figyelembe vételével készült a tanulmány is a Leuce-nyárasokban megtermelhető faanyag értékkihozatalának növelését elősegítő újszerű tervezési segédletek közreadásával. A közölt modellek a következő területeken használhatók eredményesen:

- a Leuce-nyárasok statisztikai jellegű számbavételekor (fatermési osztályok szerinti besorolásakor),

- a Leuce-nyárasok erdőnevelési teendőinek tervezése, végrehajtása és annak ellenőrzése során,
- a véghasználatra kerülő Leuce-nyárasok hozamának és értékkihozatalának tervezésénél, továbbá
- a Leuce-nyárasok termesztésének ökonómiai elemzése során.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki a KEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. (Kecskemét) vezetésének és azoknak a dolgozóknak, akik közreműködésükkel hozzájárultak a Duna-Tisza közí fehér nyárasok termesztésfejlesztésével összefüggő fenti eredmények eléréséhez is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Babos I. 1954: Magyarország táji erdőművelésének alapjai. Mg. Kiadó. Bp.
- Babos I. 1957: A homok nyárállomány-típusai és a termőhelyük. 55–64. In: Nyárkonferencia. OEF. Bp.
- Babos I. 1962: Nyárasok telepítése és felújítása a homoktalajokon. 295–315. In: Keresztesi B. (szerk.) A magyar nyárfatermesztés. Mg. Kiadó. Bp.
- Bakkay L. 1957: A nyár magcsemete nevelése. In: Nyárkonferencia. 81–83. OEF. Bp.
- Bakkay L. 1962a: Nyár mag, - csemetetermelés. 207–213. In: Keresztesi B. (szerk.) A magyar nyárfatermesztés. Mg. Kiadó. Bp.
- Bakkay L. 1962b: Hazai nyárasok nevelése. 419–420. In: Keresztesi B. (szerk.) A magyar nyárfatermesztés. Mg. Kiadó. Bp.
- Bartha D. 1991: A változatosság vizsgálata a fehér nyár (*Populus alba* L.) hazai populációinál. Kandidátusi értekezés, Sopron.
- Bokor R. 1954: Adatok a fehér és szürke nyár vegetatív szaporításának kérdéséhez. Erdészeti Kutatások, 1: 18–24.
- Csaja D. 1948: Nyárcsemeték nevelése. Erdészeti Lapok, 2–3: 104–104.
- Csaja D. 1955: Tapasztalataim a szürke nyár nevelése terén. Erdőgazdaság, 7: 11–12.
- Führer E.; Rédei K. és Tóth B. (szerk.) 2003: Ültetvényszerű fatermesztés 1. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 210 pp.
- Gombócz E. 1926: Keresztező kísérletek *Populus alba* L. és *Populus tremula* között. Magyar Botanikai Lapok, 25: 111–116.
- Gombócz E. 1928: Vizsgálatok hazai nyárfákon. Botanikai Közlemények, 25: 5–58.
- Göbölös P. 1998: A fehér nyár hibridek faanyagminőségének összefüggése a termőhellyel a Duna–Tisza közí homokháton. Diplomaterv. Sopron.
- Halupa L. 1967: A fehér és a szürke nyár termesztésének néhány kérdése a Duna–Tisza közí homokháton. Az Erdő, 7: 319–323.
- Halupa L. és Kiss R. 1978: A nyárasok fatömege, fatermése és termesztési modelljei. 201–268. In: Keresztesi B. (szerk.) A nyárasok és a fűzök termesztése. Mg. Kiadó. Bp.
- Halupa L. és Tóth B. (szerk.) 1988: A nyár termesztése és hasznosítása. Mg. Kiadó. Bp. 141–189.
- Halupáné G. Zs.; Laczay T. és Szodfridt I. 1992: Adatok a szürke nyárasok Duna–Tisza közí előfordulásának faanyagára vonatkozóan. Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények, 38–39: 33–42. Sopron.

- Járó Z. 1962: A nyárok igénye a talajjal és a vízellátással szemben. 126–150. In: Keresztesi B. (szerk.) A magyar nyárfatermesztés. Mg. Kiadó. Bp.
- Keresztesi B. (szerk.) 1978: A nyárok és a fűzek termesztése. Mg. Kiadó. Bp.
- Kiss F. 1894: A fehér nyárfa és annak jelentősége a homoki erdősítéseknel. Erdészeti Lapok, 31: 279–299 és 385–405.
- Koltay A.; Lakatos T.; Tóth T. és André Z. 2012: A gyökérrontó tapló (*Heterobasidion annosum*) ellen alkalmazott biológiai védekezés erdeifenyő állományokban. Erdészettudományi Közlemények, 2: 173–185.
- Koltay Gy. 1953: A nyárfa. Mezőgazdasági Kiadó. Bp.
- Koltay Gy. 1955: Hozzászólás a szürke nyár csemetenevelés kérdéséhez. Erdőgazdaság, 6: 11–12.
- Kopecky F. 1954: Erdészeti genetika és a hazai nyármemesítés. ERTI Évkönyv, 2: 51–68.
- Kopecky F. 1956: A szürke nyár telepítések genetikai kérdései. Az Erdő, 1: 23–29.
- Kopecky F. 1959: Klónkísérletek populétumokban. Erdészeti Kutatások, 65 (2–3): 70–81.
- Kopecky F. 1962: A nyárok nemesítése. 83–117. In: Keresztesi B. (szerk.) A magyar nyárfatermesztés. Mg. Kiadó. Bp.
- Kopecky F. 1962: Nyármemesítés. 47–67. In: Keresztesi B. (szerk.): Nyártermesztés Magyarországon. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Kopecky F. 1978: Keresztezéses nemesítés. 47–65. In: Keresztesi B. (szerk.): Nyár- és fűztermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- Lemmer J.-né, 1984: A Buviplant-C alkalmazása fehér nyár csemete nevelésénél. Az Erdő, 7: 321–323.
- Lemmer J.-né és Pásztor F. 1988: Levéltrágyák alkalmazása szürke nyár csemete nevelésénél. Az Erdő, 8: 259–261.
- Magyar J. 1954: Nyárasok fatermése, szerkezete és korszerű nevelése. Erdészeti Kutatások, 50 (2): 3–64.
- Magyar J. 1960: Alföldfásítás I–II. kötet. Akadémia Kiadó. Bp.
- Pagony H. 1983: Fenyőtermesztésünk erdővédelmi problémái, különös tekintettel a határtermőhelyekre. Az Erdő, 32 (4): 155–162.
- Papp L. 1966: Az öntözéses nyárcsemete nevelés. Erdészeti Kutatások, 1–3: 193–210.
- Papp L. 1978: A fehér nyár vegetatív szaporítása. Az Erdő, 7: 290.
- Papp L. 1984: A fehér és szürke nyár vegetatív szaporítása. ERTI kutatási jelentés. Kecskemét.
- Partos Gy. 1955: Fehér és szürke nyár csemeték magról nevelése. Erdészeti Kutatások, 2: 155–163.
- Partos Gy. 1956: A fehér és szürke nyár vegetatív szaporítása. Erdészeti Kutatások, 4: 167–173.
- Rédei, K. 1991: Entwicklungsperspektiven des Anbaues der Leuce Pappeln in Ungarn. Erdészeti Kutatások, 82–83 (1): 304–312.
- Rédei K. 1992: A fehér (*Populus alba* L.) és a szürke nyár (*Populus canescens* SM.) termesztésének fejlesztési lehetőségei Magyarországon. Erdészeti Kutatások, 82–83 (2): 345–354.
- Rédei K. 1994: A fehér nyár termesztésének fejlesztési lehetőségei a Duna–Tisza közti homokháton. Erdészeti Lapok, 139 (3): 72–74.
- Rédei K. 1994: Ígéretes fehér nyár (*Populus alba* L.) származások fatermése a Duna-Tisza közti homokháton. Erdészeti Kutatások, 84: 81–90.
- Rédei, K. 2000: Early performance of promising white poplar (*Populus alba* L.) clones on sandy ridges between the rivers Danube and Tisza in Hungary. Forestry, 73(4): 407–413.
- Rédei K. 2007: Homoki fehérnyárasok termesztés-fejlesztése. Agroinform Kiadó. Budapest.
- Rédei, K. 1999: Promising white poplar (*Populus alba* L.) clones on sandy ridges between the rivers Danube and Tisza in Hungary. Hungarian Agricultural Research, 8(3): 4–8.

- Rédei, K. and Keserű, Zs. 2008: Promising white poplar (*Populus alba* L.) clones in sandy ridges between the rivers Danube and Tisza in Hungary. *International Journal of Horticultural Science*, 14 (1-2): 113-116.
- Rédei, K.; Keserű, Zs. and Szulcsán, G. 2010: Early Evaluation of Promising White Poplar (*Populus alba* L.) Clones in Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 6: 9-16.
- Rédei, K.; Keserű, Zs.; Orlovic, S. and Galic, Z. 2011: Tending operation models for white poplar (*Populus alba* L.) stands growing under sandy soil conditions. *International Journal of Horticultural Science*, 17 (4-5): 125-127.
- Sipos S. 1957: Tapasztalatok a fehér nyár dugványozásával. *Az Erdő*, 3: 111-114.
- Sopp L. 1957: A hazai nyárasok fatömege. *Erdészeti Kutatások*, 53 (3 - 4): 15 - 41.
- Szodfridt I. 1969: Szürkenyárasok fatermése a Duna-Tisza közti homokon. ERTI kutatási jelentés. Kecskemét.
- Szodfridt I. és Palotás F. 1973: Hazai nyárok. 183-189. In: Danszky I. (szerk.) *Erdőművelés II.* Mg. Kiadó. Bp.
- Szodfridt I. 1978: A fehér és szürke nyár termőhelyigénye. 70-72. In: Keresztesi B. (szerk.) *A nyárok és a fűzek termesztése.* Mg. Kiadó. Bp.
- Tóth I. 1957: A fehér nyár dugványozásának kérdéséhez. *Erdőgazdaság*, 11-12: 2 0.
- Tóth I. 1987: A fehér és szürke nyár termesztése Gemencen. *Az Erdő*, 4: 168-172. Budapest.
- Treczker K. 2002: Duna-Tisza közti fehér és szürke nyár származások fatermése és minősége. *Erdészeti Kutatások*, 91: 61-75.

Érkezett: 2012. március 12.

Közlésre elfogadva: 2012. szeptember 3.



Öreg szálkásfenő

A szálkásfenő (*Pinus longaeva*) matuzsálemei Földünk legöregebb élőlényei közé tartoznak, közülük a legidősebb 4800 éves. Sivatagi klímában, nagy tengerszint feletti magasságban élnek, ahol kevés a csapadék, a hőmérséklet szélsőségesen változó, gyakoriak a hidegek és az erős szelek. A zord környezeti viszonyok és a nagyon rövid vegetációs időszak miatt növekedésük igen lassú. Az évgyűrűk szélessége 0,1 mm nagyságrendű, vagy még annál is kisebb. Gyantában gazdag fája ellenáll a károsítóknak és a korhadásnak, ezért a fa még halála után is sokáig épen marad. Bryce Canyon Nemzeti Park, Utah állam, USA.

Kép és szöveg: Szabados Ildikó

AZ EZÜSTHÁRS FATERMÉSI TÁBLÁJÁNAK MÓDOSÍTÁSA

Peszlen Roland József és Veperdi Gábor

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdővagyon-gazdálkodási és Vidékfejlesztési Intézet

Kivonat

A hársak területi térfoglalása a magyar erdőkből 1,2 –1,9% közé tehető, ennek csaknem a felét az ezüsthárs (*Tilia tomentosa* Mönch.) teszi ki. Az ezüsthársra Hajdu Gábor közölt fatermési táblát (Hajdu 1995), ezt megelőzően nem állt rendelkezésünkre külön fatermési tábla a hársakra. Az adott fafaj grafikus fatermési táblájának (nomogram) szerkesztése során felmerült, hogy a fatermési tábla fatérfogatadatai módosításra szorulnak. A cikk áttekinti ennek okait, illetve javaslatot tesz a fatérfogatadatok módosítására.

Kulcsszavak: ezüsthárs, *Tilia tomentosa*, hársak, fatermési tábla

MODIFICATION OF THE SILVER LIME YIELD TABLE

Abstract

Approximately 1.2-1.9% of the Hungarian forests is covered by lime stands, almost half of these forests consists of silver lime (*Tilia tomentosa* Mönch.). First lime tree yield table was published by Gábor Hajdu as previously lime stand growth data had not been available. During the preparation of the graphical yield tables (called nomograms) there were some indications that the original yield data had not been realistic. Within this study possible explanations were produced and suggestions are given to modify the values of volume data.

Keywords: silver lime, *Tilia tomentosa*, lime, yield table

BEVEZETÉS

Az ezüsthárs (*Tilia tomentosa* Mönch.) területi térfoglalásáról két adatforrás is a rendelkezésünkre áll (MgSzH 2008, Simon 2011). A Magyarország erdőállományai 2006 c. adatbázisban a hársak összterülete 21305 ha (ezen belül az ezüsthársé: 9858 ha), míg a monitoring felvételek eredményei alapján összesített adatok szerint: 39415 ha (ezen belül az ezüsthársé: 16890 ha). A jelentős eltérés oka az előadó szerint többek között abban rejlik, hogy az amúgy is pontosabb felvételen alapuló monitoring adatok nem csupán az üzemtervezett erdőterületekre terjednek ki,

hanem az időközben önerdősült területek adatait is magukba foglalják. Az eltérés okaként megemlíthető továbbá, hogy a kislevelű hárs sokkal nagyobb arányban fordul elő a második szintben. Igazi állományalkotónak a nagyobb átlagos elegyarányban szereplő ezüsthárs tekinthető.

A hársak közül az ezüsthárs fiatalkori növekedése a legnagyobb. 4-5 éves korától kezdve képes évente 60-100 cm-t is nőni. Magassági növekedése 10-15, vastagsági növekedése 15-25 éves kora között kulminál. A sarjeredetű egyedek növekedési előnye általában 20-25 éves kor után eltűnik. Zárt állományban egyenes, hengeres törzset növeszt. A törzs általában szépen feltisztul. Vágáskorát Romániában a célválasztéktól függően 50-100, illetve 70-100 éves kor közé tervezik. Vizsgálataik szerint az állományok biológiai vágáskorukat 150-200 évesen érik el. Jó társulás- és visszaszerző képessége alkalmassá teszi a természetes felújításra. Bár egyes állományokban fiatalon a főfajokat gyorsan túlnövi, később törzsárnnyalása révén segíti azok feltisztulását, valamint az előhasználatok során értékes faanyagot is ad. Határtermőhelyeken kedvező tulajdonságait kihasználva elegyetlen állományai is szépen növekednek (Kolozsár 2009, Frank 2010).

Az ezüsthársra Magyarországon először Hajdu (1995), ezt követően ezt alkalmazták valamennyi hárs esetén. Megjegyzendő, hogy a hársak mélyebbre ható fatermési vizsgálatára korábban csak részlegesen került sor, Magyar János 1977-ben szerkesztette meg az első országos hárs dendrometriai mércét, amelyet a szerkesztéskor Hajdu (1995) figyelembe vett.

Érdekességként megemlíthető, hogy elegyetlen állományokra ez volt a legutóbb közölt fatermési tábla. Részben ez ad magyarázatot arra, hogy még nem készült el az ezüsthárs fatermési táblájának grafikus változata, a nomogram, amely pedig jelentős mértékben megkönnyíti a terepi erdőbecslők munkáját.

A nomogram egy diplomaterv keretében készült el, melynek készítése során feltűnt, hogy a szóban forgó fatermési tábla fatérfogat-adatsorai, illetve az ezekből származtatott növedékadatsorok nem reálisak, vagyis nem teljesen felelnek meg az általános faterméstani törvényszerűségeknek. A szerzők e rendellenesség okának felderítését, illetve kiküszöbölését tűzték ki célul, hogy pontosabbá tegyék e – területfoglalása szerint jelentősnek nem mondható, ám a biodiverzitás fenntartása, valamint faanyagának értéke és keresettsége miatt kívánatosnak tekinthető – fafaj élőfakészletének meghatározását.

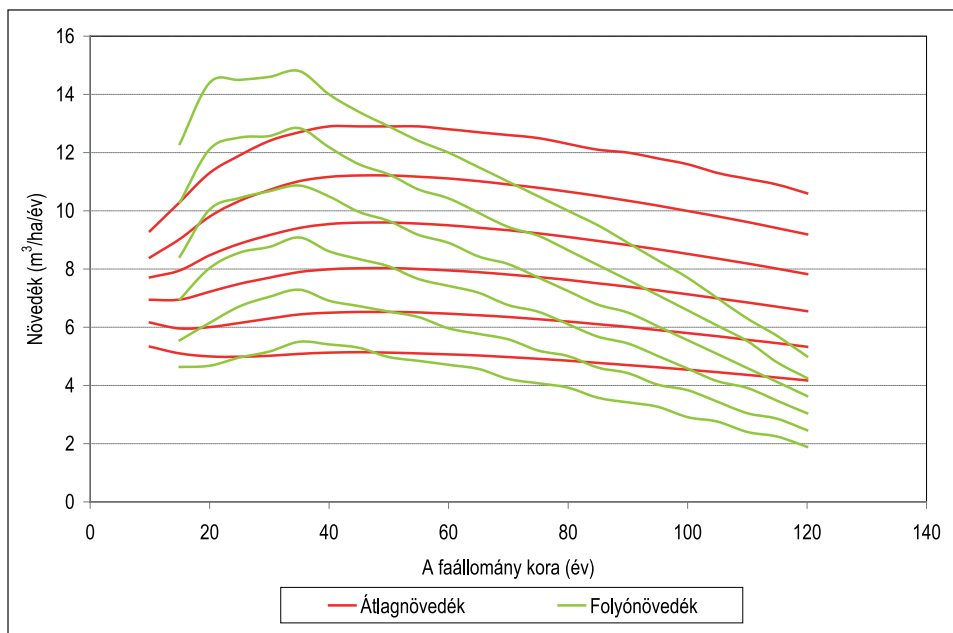
EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A fatérfogatadatok anomáliájával kapcsolatos gyanú az összfatermés átlag- és folyónövedékének grafikus megjelenítése során vetődött fel.

Az általános faterméstani törvényszerűségek szerint a faállomány összfatermése átlagnövedékének maximumáig a folyónövedék értéke magasabb, majd ezt követően alacsonyabb. Az 1. ábra jól szemlélteti, különösen a gyengébb fatermési osztályok esetén, hogy a folyónövedék a faállomány 10-15 éves korában alacsonyabb értéket mutat, mint az átlagnövedék.

Az anomália okának kiderítése céljából közvetett módon átszámítottuk a fatermési tábla fatérfogat-adatsorait: az átlagmagasság és az átlagátmérő adatokból meghatároztuk az alakmagasságot, és ezt megszoroztuk a hektáronkénti körlapösszeggel.

Megjegyezzük, hogy ez a számítási mód nem felel meg a fatermési táblák szerkesztési irányelveinek, ahhoz az eredeti parcellaadatokra lenne szükség – amelyek alapján a vizsgálatba vont fatermési tábla szerkesztője annak idején a legjobb szakmai tudása szerint járt el –, ám azok az ERTI szellemi tulajdonát képezik, és e munka az ERTI munkatársaival közösen végezhető el.



1. ábra: Az ezüsthárs összfatermés átlag- és folyónövekedése (Hajdu 1995 nyomán)

Figure 1: Mean and current annual increment of the total production of Silver lime (based on Hajdu 1995)

Az eltérés az alábbiakkal magyarázható. A fatermési táblához szükséges terepi faállomány-felvételeket az 1980-as években, illetve az 1990-es évek első felében végezték az Erdészeti Tudományos Intézet Kaposvári Kísérleti Állomásán, az Erdőművelési és Fatermési Osztály keretében. A kísérleti parcellák adatainak számítógépes feldolgozása is ebben az időszakban történt, a Király-féle fatérfogatfüggvény egy korábbi változatával, illetve paraméterkészletével. Sajnálatos módon, a függvény e korai változatához a hársaknak még nem volt külön paraméterkészletük, és ezért azt – egyezményes alapon – a kocsánytalan tölgy fafaj paraméterkészletével számították. Nyilvánvaló, hogy ennek következtében az akkor számított fatérfogatadatok nem tükrözték kellően a hársak fafajspecifikus jellemzőit.

A függvények alakja és paraméterei az alábbiak:

A Király-féle fatérfogatfüggvény korábbi változata, amelyet az ERTI alkalmazott:

$$v = d^2 \times (h^{(p_0+1)}) \times (p_1 \times d \times h + p_2 \times d + p_3 \times h + p_4) / (((h - 1,3)^{p_0}) \times 100000000) \quad (1)$$



ahol:

v = egyes fa térfogata (m^3), d = mellmagassági átmérő (cm), h = famagasság (m)

Paraméterek:

$p_0 = 3$; $p_1 = -0.3581$; $p_2 = 23.41$; $p_3 = 13.21$; $p_4 = 3136$

E paraméterek az alábbi fafajokra érvényesek: „KTT”, „MK”, „VT”, „MSZ”, „CSNY”, „KT”, „BABE”, „VSZ”, „MAT”, „HSZ”, „AK”, „CSM”, „SZG”, „KH”, „NH”, „EH”

Vagyis a hársak fatérfogatát a kocsánytalan tölgy paramétereivel számították ki.

A Király-féle fatérfogatfüggvény újabb, 2000-től országosan egységes változata:

Fafajok: „KH”, „NH”, „EH”

Ha az átmérő kisebb vagy egyenlő a maximális átmérőhöz (50 cm) viszonyítva:

$$v = (p_1 + p_2 \cdot d \cdot h + p_3 \cdot d + p_4 \cdot h) \cdot \left(\frac{h}{h-1,3}\right)^k \cdot \frac{d^2 \cdot h}{10^9} \quad (2)$$

ahol:

v = egyes fa térfogata (m^3), d = mellmagassági átmérő (cm), h = famagasság (m)

Paraméterek:

$k = 1$; $p_1 = 4142.19812097625$; $p_2 = 0.130810659870371$;

$p_3 = -2.71461459674549$; $p_4 = -19.8249452592039$

Ha az átmérő nagyobb, mint a maximális átmérő (50 cm):

$$v = (q_1 + q_2 \cdot d_{\max} \cdot h + q_3 \cdot d_{\max} + q_4 \cdot h) \cdot \left(\frac{h}{h-1,3}\right)^k \cdot h \cdot \left(\frac{d}{200}\right)^2 \cdot \pi \quad (3)$$

ahol:

v = egyes fa térfogata (m^3), d_{\max} = maximális átmérő; d = mellmagassági átmérő (cm),
 h = famagasság (m)

Paraméterek:

$k = 1$; $q_1 = 0.527401044975465$; $q_2 = 1.66553305019857E-05$;

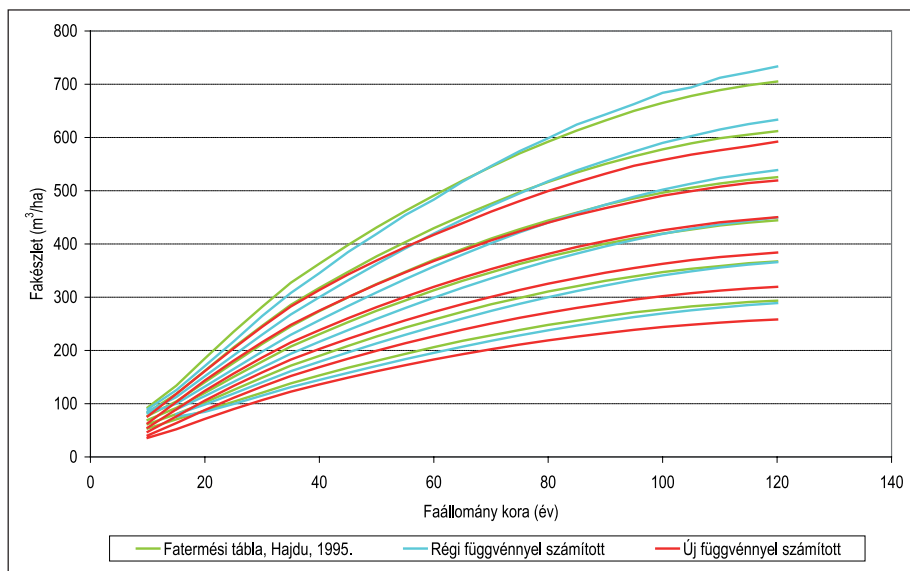
$q_3 = -3.45635465329166E-04$; $q_4 = -2.52419042762283E-03$

Az eredeti fatermési táblában szereplő, továbbá a régi, valamint a jelenleg érvényes fatérfogatfüggvénnyel számított fatérfogat-adatsorok eltéréseit a 2. ábrán szemléltetjük.

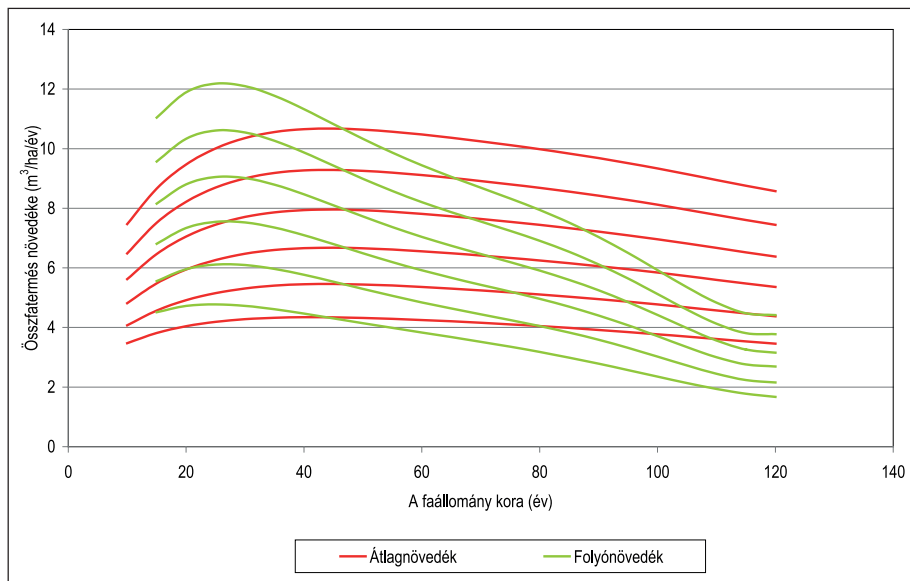
Az ábrán jól nyomon követhető, hogy a jelenlegi függvénnyel számított fakészlet számottevően alacsonyabb a fatermési táblában feltüntetett adatsoroknál. Ugyanakkor megállapítható,

hogy a fatermési táblában szereplő és a régi függvényvel számított adatsorok közötti eltérés jóval kisebb mértékű.

Mindez alátámasztja feltevésünket, miszerint a helytelen fakészletadatok oka a régi függvény alkalmazásában rejlik.



2. ábra: Az egészállomány fatérfogata (ezüsthárs)
Figure 2: Volume of the total stand. (silver lime)



3. ábra: Az összfatermés átlag- és folyónövedéke (ezüsthárs- javított változat)
Figure 3: Mean and current annual increment of the total production (silver lime - corrected version)



Az 1. ábrához hasonlóan megszerkesztettük az összfatermés újonnan számított átlag- és folyónövedékét (3. ábra).

Megfigyelhető, hogy az anomália megszűnt, vagyis az összfatermés átlagnövedékének kulminációs pontjáig a folyónövedék rendre magasabb értékekkel rendelkeznek, ily módon immár megfelel a faterméstani törvényszerűségnek.

A VI. fatermési osztályban – az eredeti adatsorokhoz hasonlóan – az összfatermés átlagnövedékének kulminációja hamarabb következik be, mint a magasabb fatermési osztályokban, de az I. és VI. fatermési osztály közötti különbség kisebb, mint az eredeti fatermési tábla esetében.

Ez arra utal, hogy a gyengébb fatermési osztályú állományokban a növedék hamarabb kulminál, ezért a gazdasági rendeltetésű erdők esetén a vágáskor is korábbi időpontra tehető, mint a jó növekedésű faállományok esetén.

JAVASLATOK

A fentiek alapján javasoljuk az ezüsthárs fatermési tábla (Hajdu 1995) fatérfogatadatainak módosítását.

A leginkább célravezető korrekt megoldás az eredeti felvételi adatoknak az új fatérfogatfüggvénnyel és az új paraméterekkel való újraközbözése lenne, ezt azonban az Erdészeti Tudományos Intézet tudná elvégezni, mivel ezek az adatok ott találhatóak.

Átmeneti megoldásként javasoljuk az általunk kiszámított fatérfogatadatok behelyettesítését a publikált fatermési táblába. Az 1. táblázatban fatermési osztályonként közöljük a főállomány és mellékállomány fatérfogat-adatsorait. A többi fatérfogat-adatsor (egészállomány, előhasználat, összfatermés, illetve ennek átlag- és folyónövedéke) ezekből az adatsorokból származtatható.

A grafikus kiegyenlítés során a fő- és mellékállomány adatsorait a faállomány kora szerint ábráztuk, majd a kapott pontsorokra hatod fokú polinomot illesztettünk, melynek egyenletét felhasználva megkaptuk a kiegyenlített fatérfogat értékeit.

A fő- és mellékállomány kiegyenlített fatérfogatadatait összeadva megkaptuk az egészállomány kiegyenlített adatsorát, melynek segítségével az összes fatermés és növedéke kiszámíthatók (2. táblázat).

A kiegyenlített folyó- és átlagnövedék adatok grafikus ábrázolásával az általános faterméstani törvényszerűségeket követő görbéket kaptunk (3. ábra).

Végezetül szeretnénk hangsúlyozni, hogy jelen munkánkban semmiképpen sem állt szándékunkban bírálni az Erdészeti Tudományos Intézet, ezen belül Hajdu Gábor és az általa vezetett kollektíva munkáját, mivel az anomália az akkoriban még nem egységesítetten használt fatérfogatfüggvények alkalmazásának a következménye. Az általuk végzett alapos és lelkiismeretes munka eredménye, hogy a hársakra vonatkozóan külön fatermési tábla áll a hazai szakmai közönség rendelkezésére.

1. táblázat: Az ezüsthárs fő- és mellékállományának hektáronkénti fatérfogata fatermési osztályonként
Table 1: Volume of the main and secondary stand by site classes (silver lime)

| Kor | I. FTO | | II. FTO | | III. FTO | | IV. FTO | | V. FTO | | VI. FTO | |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | V _{főáll.} | V _{m.áll.} | V _{főáll.} | V _{m.áll.} | V _{főáll.} | V _{m.áll.} | V _{főáll.} | V _{m.áll.} | V _{főáll.} | V _{m.áll.} | V _{főáll.} | V _{m.áll.} |
| év | m ³ /ha | | m ³ /ha | | m ³ /ha | | m ³ /ha | | m ³ /ha | | m ³ /ha | |
| 10 | 63 | 11 | 56 | 9 | 49 | 7 | 43 | 6 | 36 | 4 | 31 | 4 |
| 15 | 103 | 15 | 91 | 13 | 79 | 10 | 69 | 8 | 58 | 6 | 48 | 5 |
| 20 | 144 | 19 | 127 | 16 | 111 | 13 | 95 | 10 | 80 | 8 | 66 | 6 |
| 25 | 184 | 21 | 162 | 18 | 141 | 15 | 121 | 12 | 101 | 9 | 83 | 7 |
| 30 | 221 | 23 | 195 | 19 | 170 | 16 | 145 | 13 | 121 | 10 | 99 | 8 |
| 35 | 256 | 24 | 226 | 20 | 197 | 17 | 168 | 14 | 140 | 11 | 114 | 8 |
| 40 | 288 | 25 | 255 | 21 | 221 | 18 | 189 | 15 | 158 | 11 | 128 | 8 |
| 45 | 318 | 25 | 281 | 21 | 244 | 18 | 208 | 15 | 174 | 12 | 141 | 9 |
| 50 | 345 | 24 | 304 | 21 | 265 | 18 | 226 | 15 | 189 | 12 | 153 | 9 |
| 55 | 370 | 24 | 327 | 21 | 284 | 17 | 242 | 14 | 202 | 11 | 164 | 9 |
| 60 | 394 | 23 | 348 | 20 | 302 | 17 | 258 | 14 | 215 | 11 | 174 | 9 |
| 65 | 417 | 23 | 368 | 19 | 319 | 16 | 273 | 14 | 228 | 11 | 184 | 8 |
| 70 | 439 | 22 | 387 | 19 | 336 | 16 | 287 | 13 | 239 | 11 | 194 | 8 |
| 75 | 459 | 21 | 405 | 18 | 352 | 15 | 300 | 13 | 250 | 10 | 203 | 8 |
| 80 | 479 | 20 | 422 | 17 | 366 | 15 | 313 | 12 | 261 | 10 | 211 | 8 |
| 85 | 497 | 19 | 438 | 17 | 380 | 14 | 324 | 12 | 271 | 9 | 219 | 7 |
| 90 | 514 | 19 | 452 | 16 | 393 | 14 | 335 | 11 | 279 | 9 | 226 | 7 |
| 95 | 528 | 18 | 465 | 15 | 404 | 13 | 345 | 11 | 287 | 9 | 232 | 7 |
| 100 | 541 | 17 | 477 | 14 | 414 | 12 | 353 | 10 | 294 | 8 | 238 | 6 |
| 105 | 552 | 16 | 486 | 14 | 422 | 12 | 360 | 10 | 300 | 8 | 242 | 6 |
| 110 | 561 | 15 | 494 | 13 | 429 | 11 | 366 | 9 | 305 | 7 | 246 | 6 |
| 115 | 570 | 14 | 501 | 12 | 435 | 10 | 371 | 8 | 309 | 7 | 250 | 5 |
| 120 | 580 | 12 | 510 | 11 | 442 | 9 | 377 | 8 | 314 | 6 | 254 | 5 |

2. táblázat: Az ezüsthárs összfatermésének átlag- és folyónövedéke fatermési osztályonként
Table 2: Mean and current annual increment of the total production by site classes (silver lime)

| Kor | I. FTO | | | II. FTO | | | III. FTO | | | IV. FTO | | | V. FTO | | | VI. FTO | | |
|-----|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| | V _{egész.} | Z _{átl.} | Z _{folyó} | V _{egész.} | Z _{átl.} | Z _{folyó} | V _{egész.} | Z _{átl.} | Z _{folyó} | V _{egész.} | Z _{átl.} | Z _{folyó} | V _{egész.} | Z _{átl.} | Z _{folyó} | V _{egész.} | Z _{átl.} | Z _{folyó} |
| év | m ³ /ha | | | m ³ /ha | | | m ³ /ha | | | m ³ /ha | | | m ³ /ha | | | m ³ /ha | | |
| 10 | 75 | 7,5 | | 65 | 6,5 | | 56 | 5,6 | | 48 | 4,8 | | 41 | 4,1 | | 35 | 3,5 | |
| 15 | 119 | 8,7 | 11,0 | 104 | 7,5 | 11,0 | 90 | 6,5 | 8,2 | 77 | 5,5 | 6,8 | 64 | 4,6 | 5,6 | 53 | 3,8 | 4,5 |
| 20 | 163 | 9,5 | 11,9 | 143 | 8,2 | 11,9 | 123 | 7,1 | 8,8 | 105 | 5,9 | 7,3 | 88 | 4,9 | 6,0 | 72 | 4,0 | 4,7 |
| 25 | 205 | 10,0 | 12,2 | 180 | 8,7 | 12,2 | 156 | 7,5 | 9,0 | 133 | 6,3 | 7,5 | 111 | 5,2 | 6,1 | 90 | 4,2 | 4,8 |
| 30 | 244 | 10,4 | 12,1 | 215 | 9,0 | 12,1 | 186 | 7,7 | 9,0 | 158 | 6,5 | 7,5 | 132 | 5,3 | 6,1 | 106 | 4,3 | 4,7 |
| 35 | 280 | 10,6 | 11,8 | 247 | 9,2 | 11,8 | 214 | 7,9 | 8,8 | 182 | 6,6 | 7,4 | 151 | 5,4 | 6,0 | 122 | 4,3 | 4,6 |
| 40 | 313 | 10,7 | 11,3 | 276 | 9,3 | 11,3 | 239 | 7,9 | 8,5 | 203 | 6,7 | 7,1 | 169 | 5,4 | 5,8 | 136 | 4,3 | 4,5 |
| 45 | 343 | 10,7 | 10,8 | 302 | 9,3 | 10,8 | 262 | 8,0 | 8,1 | 223 | 6,7 | 6,8 | 185 | 5,5 | 5,5 | 149 | 4,3 | 4,3 |
| 50 | 370 | 10,6 | 10,3 | 325 | 9,3 | 10,3 | 282 | 7,9 | 7,7 | 241 | 6,7 | 6,5 | 200 | 5,4 | 5,3 | 161 | 4,3 | 4,1 |
| 55 | 394 | 10,6 | 9,9 | 347 | 9,2 | 9,9 | 301 | 7,9 | 7,4 | 257 | 6,6 | 6,2 | 214 | 5,4 | 5,1 | 173 | 4,3 | 4,0 |
| 60 | 418 | 10,5 | 9,4 | 368 | 9,1 | 9,4 | 319 | 7,8 | 7,0 | 272 | 6,6 | 5,9 | 227 | 5,4 | 4,8 | 183 | 4,3 | 3,8 |
| 65 | 440 | 10,4 | 9,1 | 387 | 9,0 | 9,1 | 336 | 7,7 | 6,7 | 286 | 6,5 | 5,7 | 239 | 5,3 | 4,6 | 193 | 4,2 | 3,7 |
| 70 | 460 | 10,2 | 8,7 | 405 | 8,9 | 8,7 | 352 | 7,6 | 6,5 | 300 | 6,4 | 5,4 | 250 | 5,2 | 4,4 | 202 | 4,2 | 3,5 |
| 75 | 480 | 10,1 | 8,3 | 423 | 8,8 | 8,3 | 367 | 7,5 | 6,2 | 313 | 6,3 | 5,2 | 261 | 5,2 | 4,2 | 211 | 4,1 | 3,4 |
| 80 | 499 | 10,0 | 7,9 | 439 | 8,7 | 7,9 | 381 | 7,4 | 5,9 | 325 | 6,2 | 5,0 | 271 | 5,1 | 4,0 | 219 | 4,0 | 3,2 |
| 85 | 516 | 9,8 | 7,5 | 455 | 8,6 | 7,5 | 394 | 7,3 | 5,6 | 336 | 6,2 | 4,7 | 280 | 5,0 | 3,8 | 226 | 4,0 | 3,0 |
| 90 | 532 | 9,7 | 7,0 | 468 | 8,4 | 7,0 | 406 | 7,2 | 5,2 | 346 | 6,1 | 4,4 | 289 | 5,0 | 3,6 | 233 | 3,9 | 2,8 |
| 95 | 546 | 9,5 | 6,5 | 481 | 8,3 | 6,5 | 417 | 7,1 | 4,9 | 355 | 6,0 | 4,1 | 296 | 4,9 | 3,3 | 239 | 3,8 | 2,6 |
| 100 | 558 | 9,3 | 5,9 | 491 | 8,1 | 5,9 | 426 | 7,0 | 4,4 | 363 | 5,8 | 3,7 | 302 | 4,8 | 3,0 | 244 | 3,8 | 2,3 |
| 105 | 568 | 9,1 | 5,3 | 500 | 8,0 | 5,3 | 433 | 6,8 | 4,0 | 369 | 5,7 | 3,3 | 308 | 4,7 | 2,7 | 248 | 3,7 | 2,1 |
| 110 | 576 | 8,9 | 4,8 | 507 | 7,8 | 4,8 | 440 | 6,7 | 3,6 | 375 | 5,6 | 3,0 | 312 | 4,6 | 2,4 | 252 | 3,6 | 1,9 |
| 115 | 584 | 8,8 | 4,5 | 513 | 7,6 | 4,5 | 445 | 6,5 | 3,3 | 379 | 5,5 | 2,8 | 316 | 4,5 | 2,2 | 255 | 3,5 | 1,8 |
| 120 | 592 | 8,6 | 4,4 | 520 | 7,4 | 4,4 | 451 | 6,4 | 3,2 | 384 | 5,4 | 2,7 | 320 | 4,4 | 2,2 | 258 | 3,5 | 1,7 |



FELHASZNÁLT IRODALOM

- Frank N. 2010: Az ezüst hárs (*Tilia tomentosa* Mönch.) erdőművelési tulajdonságai. Erdészeti Lapok, 145(5): 164-165.
- Hajdu G. 1995: Ezüsthárs (*Tilia tomentosa* Mönch.) fatermési táblázatok. Erdészeti Kutatások, 85: 113-124.
- Koloszár J. 2009: Erdőismeret tanjegyzet. Sopron. 287-298.
- MgSzH, 2008: Magyarország erdőállományai 2006. Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központi Erdészeti Igazgatósága.
- Simon T. 2011: Egyesített erdészeti Monitoring. Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal FutMon Konferencia, Sopron. Előadás.
- Sopp L. és Kolozs L. (szerk.) 2000: Fatömegszámítási táblázatok. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest.

Érkezett: 2012. február 27.

Elfogadva: 2012. szeptember 3.

A NEVELŐVÁGÁSOK HATÁSA AZ AKÁCOSOK FATERMÉSÉNEK ÉS MINŐSÉGÉNEK VÁLTOZÁSÁRA

Rédei Károly, Csiha Imre, Kamandiné Végh Ágnes és Rásó János

Erdészeti Tudományos Intézet, Ültetvényyszerű Fatermesztési Osztály

Kivonat

A nevelővágásoknak a faállomány növekedésére, illetve fatermésük változására gyakorolt hatásának vizsgálata hosszú időtartamú kísérleti területek fenntartásán és azok szisztematikus értékelésén alapszik. A nemzetközi és a hazai szakirodalom többségi állításának alapján a faállományok összes fatermése nevelővágásokkal általában nem növelhető. A közölt esettanulmányokból is az a következtetés vonható le, hogy nevelővágásokkal a vizsgált akácállományok korszaki összes fatermése nem, minőségi jelzőszámuk viszont 11-24 %-kal is növelhető.

Kulcsszavak: akác, nevelővágások, fatermés

THE EFFECT OF INTERMEDIATE CUTTINGS ON THE YIELD AND VALUE CHANGES IN BLACK LOCUST (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.) STANDS

Abstract

The investigation of the effects of intermediate cuttings on the growth of stands and their yield change is based on maintaining of long term experimental plots and their systematic estimates. On the basis of the majority of the international and inland literature the total yield of stands can not be increased by intermediate cuttings in general. From the reported case studies we can draw as a conclusion, that the investigated black locust stands' total yield can not be increased by intermediate cuttings but their stand-quality index can be increased by 11-24% too.

Keywords: *Robinia pseudoacacia*, intermediate cuttings, yield

BEVEZETÉS

Az erdőnevelés elsődleges célja, hogy növelje a visszamaradó faállomány minőségét, s csak másodlagos célként vehető figyelembe az előhasználati faanyag mennyiségének növelése. Az előhasználati fatérfogatot is magába foglaló összes fatermés alakulása alapvetően az adott fa-

faj növekedési sajátosságaitól, a termesztés ökológiai feltételeitől és az alkalmazott termesztési technológiától (természetszerűleg beleértve az erdőnevelési technológiát is) függ.

A hazai és nemzetközi szakirodalomban máig sincs teljes egészében tisztázva - annak ellenére, hogy mérvadó forrásmunkák igenlően és egybehangzóan állítják, - hogy faállomány-nevelési beavatkozásokkal fokozható-e az elő- és véghasználatok összes térfogata, azaz az adott faállomány egy vágásfordulóra vetített összes fatermése. A nemzetközi szakirodalom számottevő munkáinak többsége alapján nevelővágásokkal a faállományok összes fatermése nem növelhető jelentős (5 %-ot meghaladó) mértékben. A faállomány-nevelésnek tehát csak minőségfokozó, értéknövelő hatásáról lehet beszélni. Ez a nézet tükröződik Wiedemann (1943), Assmann (1961), Pardé (1965), Parsson (1986) és Kuiper és Schoenmakers (1990) munkáiban is.

A hazai közlések többsége (Fekete 1951, Majer 1969, Béky 1983, Halupa 1987, Béky és Solymos 1991, Rédei 1995) is azt vallja, hogy a nevelővágások hatása döntően a faállományok érték növekedésében nyilvánul meg, Mindenképpen csökken – a gyérités erélyétől függően – az élőfakészlet, vagyis csökken a véghasználati fatérfogat, ha magasabb előhasználati fatérfogatot veszünk ki az állományból (Majer 1969). Majer (1982) későbbi vizsgálatai ugyanakkor a bükkösök vonatkozásában azt mutatták, hogy a nevelővágásokkal számottevően növelhető a fatermés mennyisége is. Az előzőekben említett alapkérdésben fellelhető véleménykülönbségeket az eltérő kísérleti metodikák és értékelési módszerek is erősítik. Nem azonos például a záródás folyónövedékre gyakorolt hatásának vizsgálati alapja egy nevelővágással még nem vagy már esetleg többszörösen érintett faállományban. Eltérések tapasztalhatók a fatérfogat szerinti növedék, a fakészletváltozás, valamint a valóságban mért és a fatermési táblákban közölt növedékadatok összehasonlíthatóságának viszonyítási alapjai között is. S végül igen kevés a több évtizedet át-fogó, ismétléseket is magába foglaló, kiérlelt metodikával értékelt erdőnevelési kísérleti sor hazai és nemzetközi vonatkozásban is.

A következőkben bemutatott akácra vonatkozó erdőnevelési kísérleti sorok (esettanulmányok) 14-15 évet átfogó – mely időtartam az akácok átlagos vágásérettségi korának közel felét jelenti – felvételi adatsorai alkalmasak arra, hogy újabb következtetéseket vonhassunk le a nevelővágásoknak a faállományok fakészletére (korszaki összes fatermésére és minőségére) gyakorolt hatásával kapcsolatosan.

ANYAG ÉS MÓDSZER

1. vizsgálati hely

A kétparcellás (egy kontroll, egy kezelt) akác erdőnevelési kísérletet a faállomány 15 éves korában létesítettük *Nagykőrös 111 A* erdőrészletben. Az erdőrészlet *termőhelytípus-változata*: erdőssztyepp klíma, többletvízhatástól független, humuszos homok, sekély termőréteg, homok. A faállomány fatermési osztálya: IV. (Rédei 1984).

Törzsenkénti faállomány-felvételeket 15, 20, 25 és 30 éves korban végeztünk, így 15 éves vizsgálati sor állt rendelkezésünkre a nevelővágások hatásának értékeléséhez.

Az első kísérleti jellegű tisztítóvágást az első faállomány-felvételt követően végeztettük el, a törzskiválasztó gyéritést pedig öt évvel később, 20 éves korban, a második faállomány-felvételt

követően. A törzsszámcsökkentések mértékének meghatározásakor az akácok erdőnevelési modelljének (Erdőnevelési Műszaki Irányelvek, 1984) irányszámait követtük.

A legfontosabb faállomány-szerkezeti és fatermési tényezők meghatározásánál a famagassági görbés, illetve a $V=G \times HF$ alapösszefüggésre épülő számítási eljárást alkalmaztuk. A fatér-fogat-meghatározás alapját a következő algoritmus képezte (Sopp 1974):

$$v = 10^{-8} d^2 h^1 (h/[h-1,3])^2 (-0,6326 dh + 3034),$$

ahol v = egyes fa térfogata (m^3),
 d = mellmagassági átmérő (cm),
 h = famagasság (m).

A fák magasság szerinti osztályozására négy (kimagasló, uralkodó, közbeszorult, alászorult), míg az erdőnevelési faosztályozás során ugyancsak négy csoportot (javafa, segítő fa, kivágandó fa, kiszáradt fa) használtunk. A törzsmínőség meghatározása során a következő osztályozást alkalmaztuk: egyenes, egészséges (1), enyhén síkgörbe (2), sík- és/vagy térgörbe, maradandóan károsodott (3), száradófélben lévő vagy már elszáradt törzs (4). A törzsmínőségértékek törzsszámmal súlyozott számtani átlagából határoztuk meg az *ún. faállomány-minőségi jelzőszámot*, mely lehetőséget adott a nevelővágások nyomán bekövetkezett minőségi változások objektív mérésére. Minden parcellába eső fa esetében mértük a kétirányú koronaátmérőt, és meghatároztuk a fák x és y irányú koordinátáit is.

2. vizsgálati hely

Az eredetileg négyparcellás, majd az utolsó értékelés során háromparcellásra redukált (egy kontroll, két kezelt) akác erdőnevelési kísérletet a faállomány 22 éves korában létesítettük *Pusztavacs 201 E* erdőrészletben. Az erdőrészlet *termőhelytípus-változata*: erdőssztyepp klíma, többletvízhatástól független, humuszos homok, közép mély termőréteg, homok. A faállomány fatermési osztálya: III. (Rédei, 1984).

Törzsenkénti faállomány-felvételeket 22, 27, 32 és 36 éves korban végeztünk, így 14 éves időtartamot tudtunk értékelni. A kísérleti jellegű növedékfokozó gyéritéseket az első faállomány-felvételt követően, 22 éves korban végezte el az illetékes erdészlet. A gyéritéskezelések a következők voltak: I. parcella: 770 db/ha (kontroll), a II. parcellában a főállomány törzsszáma 550 db/ha (Erdőnevelési Műszaki Irányelvek - akácok erdőnevelési modellje, 1984 alapján), a III. parcellában pedig 400 db/ha (megközelítőleg a kontroll faállományrész törzsszámának 50%-a).

A legfontosabb faállomány-szerkezeti és fatermési tényezők meghatározásánál az 1. vizsgálati helynél leírt metodikát követtük. A nevelővágásoknak a fatermés alakulására gyakorolt hatásának elemzésére részben új, a hazai szakirodalomban kevésbé alkalmazott táblázatos levezetési módszert alkalmaztunk.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A nevelővágásoknak az adott faállományrészek korszaki összes fatermésére, valamint a faállomány-minőségre gyakorolt hatásával összefüggő számítások – nevelési soronként – az 1. és 2. táblázatban találhatók.

1. táblázat: Akác erdőnevelési kísérleti sor fatermési és faállomány-minőségi adatai 15 és 30 éves kor között (Nagykörös 111 A)

Table 1: Yield and stand-quality data of black locust tending operation plots at the age of 15-30 years (Subcompartment Nagykörös 111 A)

FTO: IV. (Rédei, 1984)

| Tényezők | Parcella száma | |
|---|------------------|-------|
| | I. (kontroll) | II. |
| 1. Induló fakészlet a nevelővágás elvégzése előtt (m ³ /ha) | 87,2 | 92,4 |
| - a kontroll %-ában | 100,0 | 105,9 |
| 2. A nevelővágások során kitermelt fatérfogat (m ³ /ha) | 0,0 | 36,3 |
| 3. Az egészállomány törzsszám-változása (db/ha) | | |
| - 15 éves korban | 2408 | 1733 |
| - 20 éves korban | 2217 | 1075 |
| - 25 éves korban | 1551 | 962 |
| - 30 éves korban | 1342 | 957 |
| 4. Fa- (élőfa-)készlet az első nevelővágás elvégzése után (m ³ /ha) | 87,2 | 80,5 |
| 5. 15 évvel az első nevelővágás elvégzése után (m ³ /ha) | | |
| - élőfakészlet | 124,4 | 112,4 |
| - a kontroll %-ában | 100,0 | 90,4 |
| - száradék (m ³ /ha) | 33,9 | 15,3 |
| - fakészlet (élőfakészlet+száradék) (m ³ /ha) | 158,3 | 127,7 |
| - a kontroll %-ában | 100,0 | 80,7 |
| 6. Élőfakészlet változás 15 évvel az első nevelővágás elvégzése után (m ³ /ha) | 37,2 | 31,9 |
| - a kontroll %-ában | 100,0 | 85,8 |
| 7. Korszaki összes fatermés (m ³ /ha) | 158,3 | 164,0 |
| - a kontroll %-ában | 100,0 | 103,6 |
| 8. Korszaki összes fatermés átlagnövedéke (m ³ /ha/év) | 4,7 | 4,8 |
| - a kontroll %-ában | 100,0 | 102,1 |
| 9. Faállomány-minőségi jelzőszám | | |
| - 30 éves korban | 2,94 | 2,60 |
| - a kontroll arányában | 1,00 | 0,88 |

2. táblázat: Akác erdőnevelési kísérleti sor fatermési és faállomány-minőségi adatai
22 és 36 éves kor között (Pusztavacs 201 E)

Table 2: Yield and stand-quality data of black locust tending operation plots at
the age of 22-36 years (Subcompartment Pusztavacs 201 E)

FTO: III. (Rédei, 1984)

| Tényezők | Parcella száma | | |
|--|--|--|---------------------------------------|
| | I. (kontroll) | II. | III. |
| 1. Induló fakészlet a nevelővágás elvégzése előtt (m ³ /ha) - a kontroll %-ában | 182,1 100,0 | 244,3 134,2 | 219,4 120,5 |
| 2. A nevelővágás során kitermelt fatérfogat (m ³ /ha) | 0,0 | 64,0 | 77,6 |
| 3. A főállomány (kontrollnál az egészállomány) törzsszáma (db/ha) - a kontroll %-ában | 770 100,0 | 550 71,4 | 400 51,9 |
| 4. Fa- (élőfa-)készlet az első nevelővágás elvégzése után (m ³ /ha) | 177,9 | 180,3 | 141,8 |
| 5. 14 évvel a nevelővágás elvégzése után (m ³ /ha) - élőfakészlet - a kontroll %-ában - száradék (m ³ /ha) - fakészlet (élőfakészlet+száradék) (m ³ /ha) - a kontroll %-ában | 276,4 100,0 11,1 287,5 100,0 | 260,2 94,1 12,3 272,5 94,8 | 226,9 82,1 6,3 233,2 81,1 |
| 6. Élőfakészlet változás 14 évvel a nevelővágás elvégzése után (m ³ /ha) - a kontroll %-ában | 98,5 100,0 | 79,9 81,1 | 85,1 86,4 |
| 7. Korszaki összes fatermés (m ³ /ha) - a kontroll %-ában | 287,5 100,0 | 336,5 117,0 | 310,8 108,1 |
| 8. Korszaki összes fatermés átlagnövedéke (m ³ /ha/év) - a kontroll %-ában | 7,5 100,0 | 6,6 88,0 | 6,5 86,7 |
| 9. Faállomány-minőségi jelzőszám - 30 éves korban - a kontroll arányában | 2,15 1,00 | 1,92 0,89 | 1,63 0,76 |

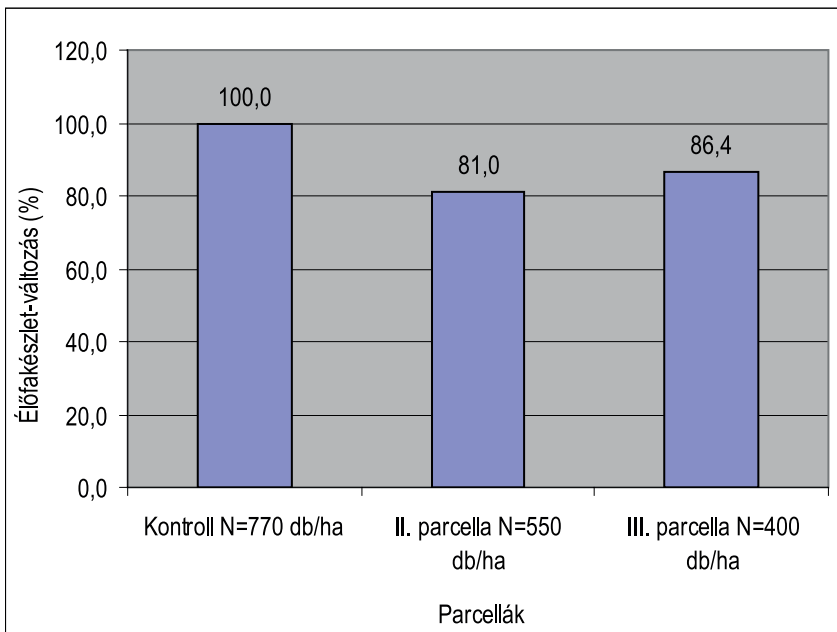
A táblázatok adatsoraiból az alábbi főbb következtetések vonhatók le:

- A fentiekben bemutatott akác erdőnevelési sorok alapján a nevelővágások korszaki összes fatermésre gyakorolt növelő hatása a vizsgált kor-intervallumokban nem mutatható ki. A különböző erélyű nevelővágások abszolút értékben nem növelték a korszakvégi összes fatermés mennyiségét a kontrollhoz viszonyítva. A nevelővágások előtti fakészletarányok (az 1. és 2. táblázat 1. rovata) a kontroll %-ában ugyanis a vágással érintett faállományrészek esetében minden esetben – a faállományok korától, fatermési osztályától, a nevelővágások nemétől, erélyétől és számától függetlenül – rendre felette maradtak a korszakvégi összes fatermés kontrollhoz viszonyított %-os értékeinek (az 1. és 2. táblázat 7. rovata).
- A kísérleti adatok alapján a korszaki élőfakészlet mennyiségi változását nem növelték a nevelővágások. A kontrollhoz viszonyított korszaki élőfakészlet-változás aránya döntően

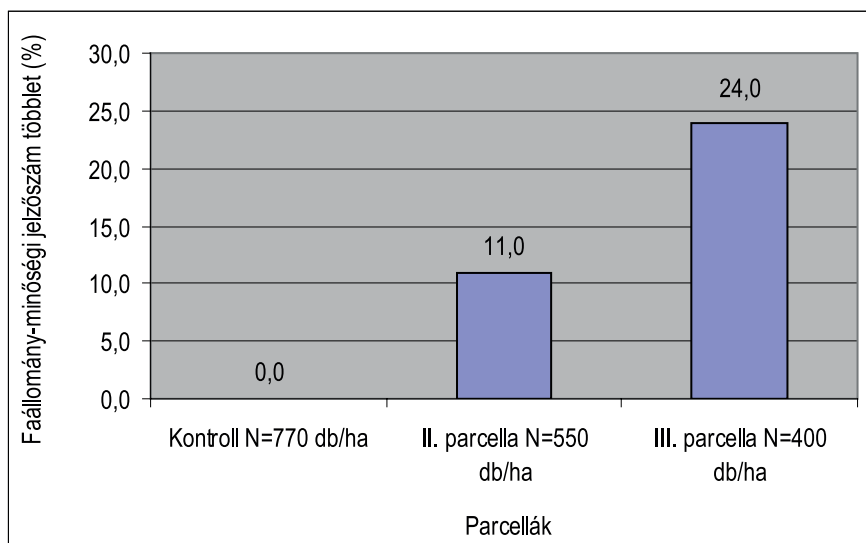
az előző bekezdésben felsorolt tényezőktől függ. A változások mértékének szabatosabb megállapítása azonban további vizsgálatokat igényel.

- A korszaki összes fatermés átlagnövedék értékek alakulása ugyancsak egyértelműen jelzi, hogy az elvégzett nevelővágásoknak nincs korszaki összes fatermést növelő hatása. Nem valószínűsíthető továbbá, hogy a viszonylag rövid átlagos vágásérettségi korról természetesen akácok esetében bármilyen ütemezésű, intervallumú és erélyű nevelővágással a korszaki összes fatermés jelentősebb mértékben (5 %-ot meghaladóan) növelhető lenne. Mindez nem zárja ki azonban azt, hogy más fafajok esetében ettől esetlegesen eltérő vizsgálati eredmények szülessenek.
- Gyéritési korú akácokban gondos, egyedi válogatáson alapuló *nevelővágásokkal a faállományok minősége javítható*. Bemutatott kísérleteinkben az erre utaló faállomány-minőségi jelzőszám 11-24 %-kal haladta meg a kontroll faállományrészek vonatkozó értékét. A nevelővágások tehát döntően a faállományok minőségére vannak hatással, a minőség javítása a nevelővágások során elvégzett minőségi egyedszelekció, ill. annak erőssége révén valószínűsíthető meg. Az értéknövekedés ténylegesen kimutatható mértékét a mindenkori faanyag-értékesítés piaci lehetőségei is nagyban befolyásolják.

A fentiek igazolását a Pusztavacs 201 E erdőrészlet kísérleti sora alapján két szemléltető ábrán is bemutatjuk. Az 1. ábrán 14 évvel a nevelővágás elvégzése után mért, ill. számított élőfakészlet-változásnak a kontrollhoz (100 %) viszonyított százalékos arányát, még a 2. ábrán a faállomány-minőségi jelzőszám kontrollhoz viszonyított többletét (%-ban) ábrázoltuk.



1. ábra: Élőfakészlet-változás 14 évvel a nevelővágás elvégzése után %-ban kifejezve (Pusztavacs 201E)
 Figure 1: The percentage of stock change after 14 years carrying out of the intermediate cutting (Subcompartment Pusztavacs 201 E)



2. ábra: A faállomány-minőségi jelzőszám változása %-ban a kontrollhoz viszonyítva (Pusztavacs 201 E)
 Figure 2: The percentage of stand-quality index change in comparison to the control
 (Subcompartment Pusztavacs 201 E)

ÖSSZEFOGLALÁS

Az erdőnevelési beavatkozások alapvető célja a véghasználati faállomány minőségének és ezáltal értékének emelése. Tanulmányunkban arra kerestük a választ, hogy nevelővágásokkal fokozható-e az akácok egy vágásfordulóra vetített összes fatermése.

A bemutatott két erdőrészletben a kísérleti sorok kiértékeléséből két fontos következtetést vonhatunk le. Az első, hogy a nevelővágásoknak a korszaki összes fatermésre gyakorolt növelő hatása a vizsgált idő-intervallumokban nem mutatható ki. A második pedig, hogy a nevelővágásokkal érintett faállományok minőségi jelzőszáma minden esetben meghaladta a kontroll parcellák faállományainak vonatkozó értékeit, ami azt bizonyítja, hogy nevelővágásokkal a faállományok minősége viszont javítható.

A nevelővágásoknak a faállományok fatermésére gyakorolt hatásának vizsgálata hosszúlejárátú komplex kutatási feladat, melynek ökológiai, fatermési és ökonómiai vonatkozású részterületeit ma még önmagukban is csak részben tárták fel. Ezért az ilyen irányú kutatásokat feltétlenül folytatni kell.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Assmann, E. 1961: Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft, München-Bonn-Wien.
 Béky A. 1983: A nevelővágás hatása a faegyedek vastagsági növekedésére kocsánytalan tölgyesekben. Erdészeti Kutatások, 75: 173-177.



- Béky A. és Solymos R. 1991: Egy kocsánytalan tölgy erdőnevelési kísérleti sor tanulságai. Erdészeti Kutatások, 82: 227-235.
- Erdőnevelési műszaki irányelvek. 1984. Agroinform Kiadó, Budapest.
- Fekete Z. 1951: Erdőbecsléstan. Akadémiai Kiadó. Budapest
- Halupa L. 1987: A nyárnevelési kísérletek újabb eredményei. Erdészeti Kutatások, 79: 79-84.
- Kuiper, C. and Schoenmakers, L. 1990: Evaluation of a ten years thinning experiment in Douglas fir. Forest components. Wageningen Agricultural University papers, 6: 48-56.
- Majer A. 1969: A gyéritések racionalizálása. Az Erdő, 43 (9): 385-389.
- Majer A. 1982: Erdőműveléstan II. Kézirat. Sopron, 64-65.
- Pardé, J. 1965: Intensité des éclaircies et production ligneuse. Revue Forestière Française, 15: 936-945.
- Persson, O. 1986: Thinning in Norway spruce in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Report, 18: 3-24.
- Rédei K. 1984: Akácok fatermése (Akác fatermési tábla, 1984). ERTI, Kecskemét.
- Rédei K. 1995: A növedékfokozó gyéritések hatása az akácok (*Robinia pseudoacacia* L.) hozam- és értékváltozására. Erdészeti Kutatások, 85: 79-90.
- Sopp L. (szerk.) 1974: Fatömegszámítási táblázatok fatermési táblákkal. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Wiedemann, E. 1943: Der Vergleich der Massenleistung des Mischbestandes mit der Reinbestand. Allgemeine Forst- und Jagd- Zeitung, 119: 123-132.

Érkezett: 2012. április 4.

Közlésre elfogadva: 2012. szeptember 3.

ERDÉSZETI UTAK SZUBJEKTÍV ÁLLAPOTFELVÉTELE ÉS ÉRTÉKELÉSE

Kisfaludi Balázs¹, Primusz Péter¹, Péterfalvi József² és Markó Gergely²

¹Nyugat-magyarországi Egyetem, ERFARET Nonprofit Kft.

²Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar,

Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

Kivonat

Az erdészeti utak megépítésük után fenntartásra szorulnak. A jó járhatóság megőrzése érdekében a fenntartási munkákat a teljes úthálózat állapotának és a nehéz forgalom nagyságának ismeretében a megfelelő időben és módon kell végrehajtani. Az informatika és a digitális technika felhasználásával létrehozható egy olyan hatékony eszközrendszer és mérési módszer, amelynek segítségével az erdészeti utak állapotáról kis időráfordítással tájékozódhatunk. Az intézetünkben kifejlesztett digitális szubjektív állapotfelmérési és állapotértékelési rendszer naponta 20-25 km erdészeti út állapotának rögzítését és kiértékelését teszi lehetővé. Ha az erdőgazdaság digitális útnyilvántartással rendelkezik, akkor az erdészeti utak állapota a geoinformatikai rendszerben megjeleníthető. Ennek felhasználásával a várható forgalom ismeretében a szükséges útfenntartási beavatkozások és azok becsült költsége megtervezhető. Az általunk létrehozott rendszert több mint 1000 km erdészeti úton teszteltük. Erre az adatbázisra támaszkodva a közel 3000 km-es burkolt erdészeti úthálózat állapotára is következtethetünk.

Kulcsszavak: szubjektív állapotértékelés, digitális útnyilvántartás, útfenntartás, pályaszerkezet-gazdálkodás

SUBJECTIVE CONDITION SURVEYING AND RATING OF FOREST ROADS

Abstract

Maintenance is required on forest roads after their construction. To maintain the good serviceability on the road network, its condition and the expected scale of heavy traffic must be known. In view of these two parameters, maintenance works must be (and can be) done in proper time and way. Using informatics and digital technology, an efficient tool can be developed, that allows fast assessment of forest road network condition. The digital subjective condition surveying and assessment system developed in our institute makes possible the logging and evaluation of the condition of 20-25 km forest roads daily. If a forestry company possesses a digital road inventory, the condition of its road network can be displayed in a GIS. By combining the condition and expected traffic data, the necessary maintenance treatments, and their expenses can be estimated. The system has been tested on more than 1000 kilometres of forest roads.



On the basis of this database, deductions can be done regarding the condition of the whole cca. 3000 kilometres of Hungarian paved forest road network.

Keywords: subjective condition surveying, digital road inventory, road maintenance, pavement management system

BEVEZETÉS

Minden erdőben végzendő tevékenység (erdőművelés, erdővédelem, fahasználat, vadgazdálkodás, természetvédelem, turizmus) alapja az erdő egyes részeinek különböző közlekedési eszközökkel való megközelíthetősége. Eltekintve az elsősorban közjóléti (turisztikai) célokat szolgáló keskeny nyomtávú vasútvonalaktól és vasútzemtről, az erdő megközelíthetőségét a komplex ökológiai rendszert legkevésbé megbontó különböző színvonalon kiépített és fenntartott erdészeti utak biztosítják. Az úthálózat állapotának és forgalmazhatóságának ismerete alapvető fontosságú a szállításszervezés és a közjóléti funkciók ellátása szempontjából. Az erdőgazdálkodó, illetve az erdőgazdálkodás számára tehát fontos egy olyan hatékony állapotfelvételi módszer kidolgozása, amellyel nemcsak a felméréskor tapasztalható pillanatnyi állapot felmérése, hanem annak időszakonként ismétlődő aktualizálása akár saját szakemberekkel is megoldható. Ehhez a közutaknál is sikeresen alkalmazott szubjektív állapotfelvétel erdészeti utakra kidolgozott módszerére van szükség.

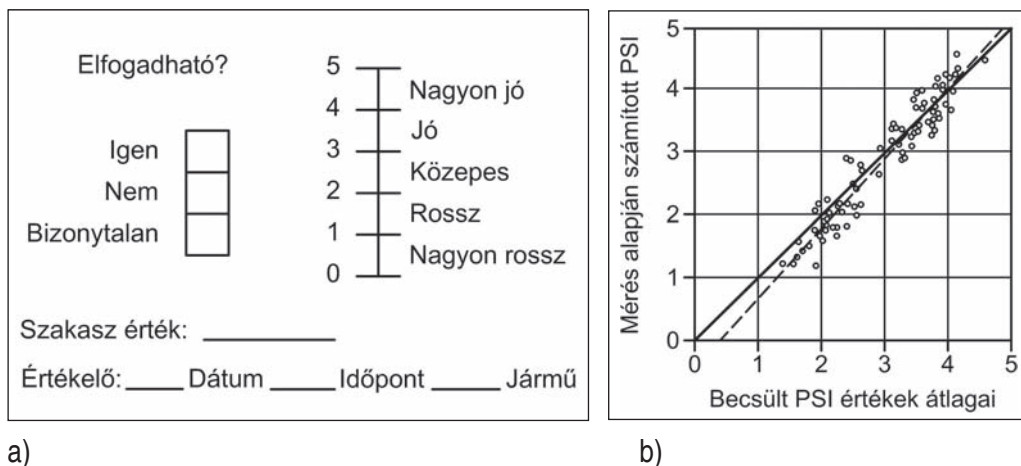
Az útállapot jellemzése

Minden útgazdálkodási rendszer legfontosabb alkotóeleme az úthálózat fizikai jellemzőit (leltár), a forgalomnagyságokat és az állapotjellemzőket lehetőleg naprakészen tartalmazó és nyílvántartó adatbázis. Az úthálózaton tervezett beavatkozások sorrendjét először hálózati szinten (network level) határozzák meg, majd részletesebben létesítmény szinten (project level) tervezik meg a beavatkozást. A hálózati szint feladata a döntés előkészítése az úthálózaton, a létesítmény szintű útgazdálkodás pedig a hálózati szintű adatokat bontja le konkrét útszakaszokra vonatkozó beavatkozásokra (Koren és mtsai 2011).

Az útállapot jellemzése objektív méréseken és szubjektív (pl. vizuális) állapotleírásokon keresztül valósítható meg. Objektívnek tekinthető minden olyan állapotértékelési módszer, melynek eredményei ismételt méréssel pontosan reprodukálhatók. Erre példa a Benkelman-tartóval végzett kézi behajlásmérés. A szubjektív állapotleírásnak több jellemző hibája is van:

- elnézési hiba (az értékelés túl szigorú vagy túl gyenge),
- „halo” hatás (az értékelő személy értékelését megzavarja az útszakaszcól kialakult kezdeti általános benyomása),
- középre irányuló tendencia (a skála szélső értékeitől való húzódozás).

A fenti hibák elkerülésére a gyakorlatban több útmutatót is kidolgoztak (Gáspár 2003). Az adatok megbízhatósága az értékelést végző személyek rendszeres tréningjével tovább növelhető (Ponniat és mtsai 2001).



1. ábra: a) Kérdőlap a PSI becsléséhez b) a becsült és a méréssel-képlettel megállapított PSI szoros korrelációja
Figure 1: a) Passenger Panel Rating Scale b) correlation between estimated and measured-calculated PSI

Az objektív és szubjektív állapotadatok értékelése lehet numerikus, szöveges vagy a kettő kombinációja. Az értékelési skála kialakításakor a szubjektivitás nem küszöbölhető ki egyik esetben sem. A felmérés céljától is függ a nyers adatok feldolgozása. Létesítmény szinten az állapotjelzők külön-külön értékelésével megmutatható, hogy hol és milyen beavatkozás szükséges, valamint ezek költsége is megbecsülhető. Ahhoz azonban, hogy az úthálózat elemei összehasonlíthatóak legyenek egymással (hálózati szint), az úttálapot egyetlenegy komplex állapotjelző paraméterrel is ki kell fejezni.

Ilyen paraméter kidolgozására először az 1950-es évek végén került sor az USA-ban. Az út értékelését aszerint határozták meg, hogy mennyire felel meg egy átlagos gépjárművezetőnek. Ezért a kutatás első szakaszában nagyszámú – reprezentatív mintát képező – gépjárművezetőt utaztattak végig különböző állapotú útszakaszokon a saját, megszokott gépkocsijukban. A feladatuk az volt, hogy az útszakasz egészét 0 – 5 közötti értékkel (nagyon rossz – nagyon jó) jellemezzék (1./a ábra). A szakaszokra érkezett értékeléseket átlagolták, és ezt az átlagértéket nevezték el PSI-nek (Present Serviceability Index – pillanatnyi használhatósági érték). Megállapították, hogy az egyes szakaszokhoz tartozó értékelések szórása viszonylag kicsi ($\pm 0,5$) volt, így a módszer elméletileg alkalmazhatónak minősült. A gyakorlatban azonban kiterjedt hálózatok értékelésére ebben a formájában alkalmatlan volt. Emiatt hosszas kísérletek és korrelációs számítások útján a gyors és objektív mérési eljárások eredményeit szoros matematikai összefüggésbe hozták a szubjektív értékelés átlagértékeivel (1./b ábra). Aszfaltburkolatra az (1) összefüggést határozták meg (Carey és Irick 1960).

$$PSI = 5,03 - 1,91 \cdot \log(1 + \overline{SV}) - 0,01\sqrt{C + P} - 1,38 \cdot \overline{RD}^2 \quad (1),$$

ahol \overline{SV} a keresztmetszvény 30 cm-enként kijelölt pontjaiban mért esésértékek átlaga. A felületi egyenetlenség jellemzésére szolgál (slope variance);



C a repedezett burkolatfelület területének mérőszáma [$\text{ft}^2 / 1000 \text{ft}^2$] dimenzióval;

P a burkolatjavítások területének mérőszáma [$\text{ft}^2 / 1000 \text{ft}^2$] dimenzióval;

\overline{RD} a nyomvályú mélysége 1,22 m hosszú gerendával mérve [inch]-ben.

Az (1) képlet segítségével az objektív mérésekből szubjektív alapon meghatározott paraméter számítására adódott lehetőség, amely összhangban volt az úthasználók véleményével. Tíz évvel később szintén az USA-ban dolgoztak ki egy olyan módszert, amely az útburkolat hibáinak vizuális értékeléséből számított kombinált index segítségével teszi lehetővé a különböző útszakaszok összehasonlítását. A paramétert PCI-nek (Pavement Condition Index – burkolatállapot index) nevezték el. Az index maximális értéke 100 pont, mely a hibátlan burkolatállapotot jelképezi. A felmért burkolati hibák ezt a pontszámot csökkentik. A mérést statisztikailag meghatározott szakaszokon kell elvégezni. A mérést végző hibatípusonként rögzíti a hiba súlyosságát és kiterjedését a szakaszon belül. E két paraméter alapján több lépcsőben meghatározható az a pontszám, amellyel a 100-as értéket csökkenteni kell. A teljes útszakasz PCI értéke a mintaszakaszok területtel súlyozott PCI átlagaként alakul ki (LeClerc és Marshall, 1970). Fontos még megemlíteni, hogy míg a PSI az útburkolat használhatóságát a járművezető szemszögéből értékeli, addig a PCI az útpályaszerkezet műszaki állapotát jellemzi.

A fenti módszerek mellett elterjedten alkalmazzák még az OPI-nek (Overall Pavement Index – kombinált burkolatindex) nevezett mutatókat is. Alapadatként a hibatípusok kiterjedését és súlyosságát határozzák meg. Az egyes állapotjelzőkhöz szakértői vélemények statisztikai elemzése útján nyert súlyszámokat rendelnek. Adott szakaszra összegzik az állapotjelzők súlyozott értékeit (Gáspár, 2003). Az OPI általános alakja a (2) összefüggéssel írható fel.

$$OPI = W_1 C_1 + W_2 C_2 + \dots + W_i C_i \quad (2),$$

ahol OPI az összesített burkolatindex;

W_i az i -edik állapotjelző súlyozó tényezője;

C_i az i -edik állapotjelző mérőszáma.

Az OPI előnye, hogy hálózati szinten összehasonlíthatóvá, sorba állíthatóvá teszi az útszakaszokat. Lehetőséget biztosít arra, hogy objektíven fel nem tárt összefüggések szubjektív és empirikus alapokon leírhatók legyenek.

Lehetőségek az útburkolatok felületi hibáinak felvételére

Az útburkolat felületi hibáinak felvétele az útszakasz mentén sétálva, vagy pedig lassan haladó járműből lehetséges. A gyalogos állapotfelvétel részletes és pontos adatgyűjtésre ad lehetőséget, időigényessége miatt azonban teljes hálózatok felvételezésére ma már nem jöhet szóba. Ennek a hátrányának a kiküszöbölése úgy lehetséges, hogy a teljes hálózatot véletlenszerű mintaszakaszok kijelölésével és felvételezésével jellemzik. A mintaszámot statisztikai közelítéssel

célszerű megállapítani, figyelembe véve a burkolathibák minőségi szórását és az állapotfelvételtől megkívánt pontosságot (Gáspár 2003).

A gyalogos felvétel mellett elterjedt, hogy a felületi hibákat az úton lassan – 8-15 km/h sebességgel – haladó mérőgépkocsiból veszik fel. Az eljárás fő előnye, hogy ily módon a szóban forgó úthálózat nagy része vagy egésze egységesen jellemezhető. Ugyanakkor tény, hogy az így nyert állapotinformációk minősége a gyalogos bejárással gyűjtöttektől elmarad. Ennél a módszernél gyakran választják azt a megoldást is, hogy a lassan haladó gépkocsival való értékelést véletlenszerűen választott útszakaszok gyalogos bejárásával kombinálják. A 60-80 km/h sebességgel haladó gépkocsiból való hibafelvételről többször bebizonyosodott, hogy ekkor a burkolathibákat nem lehet a szükséges részletességgel és pontossággal rögzíteni. Nagy járműsebesség mellett a hosszirányú felületi egyenletességet (IRI) célszerű fő burkolatállapot-jellemzési paraméternek tekinteni (Gáspár 2003).

A hazai közúti gyakorlatban elterjedt felvételezési módszer

A burkolathiba-felvételezés objektivitásának fokozása céljából 1991-ben a személyi és célszámítógépekkel segített Roadmaster (RM) burkolatvizsgáló és értékelő rendszert vezették be kötelező jelleggel a hazai országos közutak évenkénti állapotminősítésére (Ambrus és Pallós 2004).



2. ábra: A Roadmaster mérőberendezés billentyűzete

Figure 2: Input device of the Roadmaster system

A Roadmaster rendszer lényege, hogy az útvizsgáló, mint az út állapotáért és az adatok megbízhatóságáért felelős szakember, a saját céljai érdekében minden állapotromlást felismer, és a Roadmaster műszerrel rögzít. A Roadmaster műszer egy gépkocsiba szerelhető digitális hosszmérő modullal ellátott célszámítógép, amellyel az útvizsgáló szakember a repedések, deformációk és felületi bomlások összesen 16 féle típusát képes helyazonosítással együtt felmérni, kódolni és tárolni irodai feldolgozás céljára (2. ábra) (Csorba, 1999).



Az erdészeti utak szubjektív állapotfelvétele és értékelése

Az útpályaszerkezetek burkolatának állapota közvetlen kapcsolatban áll a forgalmi költségek, valamint a leromlási folyamat alakulásával, amit a vízelvezetés minősége is jelentős mértékben befolyásol. Ezért az állapotfelvételi és értékelési munkák elvégzésének szempontjából nem közböbs, hogy milyen állapotjelző paramétereket választunk ki az út állapotának leírására. Az útfenntartás szempontjából ezért vizsgálni kell (Kosztka, 1986; Kosztka, 2001):

- a pályaszerkezet használhatóságát,
- a padkák minőségét,
- a vízelvezető berendezések (árkok, áteresztők stb.) állapotát,
- a növényzet helyzetét.

E paramétereket a forgalmi költségekre gyakorolt hatásuk alapján kell minősíteni, szemben a közutakkal, ahol az utazáskényelem az elsődleges szempont. Az út megfelelőségét az állapotjelző paraméterek súlyozott összegzésével létrejövő ún. járhatóság értékkel lehet kifejezni. A járhatóság fogalmát először Kosztka (1986) említi. Definíciója szerint ez az érték az úthasználók szempontjaiból minősíti az út állapotát, és kijelöli a szükséges beavatkozásokat.

Meghatározásakor az állapotjelzőket egy 1-től 5-ig terjedő skálán értékeljük, melynek fokozataihoz szöveges leírás is társul. A legjobb állapotot az 1-es, a túrhetetlen az 5-ös érték fejezi ki. A pályaszerkezet használhatóságát befolyásoló tényezők közül mindig a legmagasabb értékűt kell mértékadónak tekinteni. Ezt az értéket a további szempontok még kisebb mértékben módosítják. A felmérést gyalogosan végzik, 100 méterenként egy megfelelően összeállított állapotfelvételi lap kitöltésével. A felvételi lap alapján meghatározott járhatóságparaméter grafikus ábrázolásával pedig jól láthatóak az állapotváltozások, valamint elkülöníthetők az azonos beavatkozást igénylő szakaszok (Kosztka 1986; Kosztka 2001).

A módszer előnye, hogy a felvételi szelvényekben pontos állapotadatokat lehet rögzíteni, valamint hogy a járhatóságértékek révén az egyes útszakaszok egymással összehasonlíthatók. Hátránya, hogy az adatfeldolgozás sok élőmunkát igényel.

Már Kosztka (1986) értekezésében felmerült a fenti nehézségek megoldásának elvi lehetősége. Javaslatára szerint a felvételt lassan mozgó gépkocsiból végeznék, és az út megfelelő részeit kamerák rögzítenék. Emellett az értékelő személy egy utadóból származó szelvényértékhez számítógépen tudná tárolni az általa észlelt útállapottal kapcsolatos észrevételeit.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az útleltár kialakítása

Mint már korábban említettük, minden útgazdálkodási rendszer legfontosabb alkotóeleme az úthálózat fizikai jellemzőit (pl. térképi elhelyezkedés, vonalvezetés, burkolatszélesség, hosszúság, műtárgyak stb.), az állapotjellemzőket (pl. burkolattípus, burkolathibák, a környezet állapota stb.) és a forgalom nagyságokat lehetőleg naprakészen tartalmazó és nyilvántartó adatbázis. Többek között e jellemzők egységes rendszerbe foglalását teszi lehetővé az Erdőfeltárási Tan-

széken kidolgozott (Markó, 2006) Erdészeti Ütügyi Információs Rendszer (EUIR). Ennek a cikknek ugyan nem tárgya az útleltár részletes ismertetése, de mivel az állapotfelmérés alatt végzünk leltárjellegű adatgyűjtést is, célszerűnek tartjuk, hogy röviden bemutassuk azt.

Az útleltár alapegysége a feltáró út, mint önállóan megjelenő hálózati elem. Ezt az út számmal és nevével lehet jellemezni. Az útszakasz az útnak azon része, amelyen a lefutó forgalom a szakaszon belül azonos nagyságú. Ez azt jelenti, hogy önálló elemnek kell tekinteni két becsatlakozó út közé eső darabot. A szektor pedig az útszakasznak az a része, amelyen azonos állapotfenntartási munkákat kell elvégezni (Kosztka, 1986, 2001).

Az EUIR rendszeren belül az utak vonalvezetését GPS vonalmérés és légifotó alapján a valószínűsíthető tengelyvonal rekonstrukciójával határozzuk meg (Markó, 2006). Majd a tengelyekhez hozzárendeljük az útkódot, a burkolattípust, az út hosszát, a különféle állapotjelzők értékeit, az úton elhelyezkedő objektumokat (sorompó, csőáteresztő, rakodó stb.), valamint az útról készült fényképeket, létrehozva így egy átfogó geoinformációs rendszert. Az érdeklődő olvasó további részleteket találhat Kosztka (2001) és Markó (2006) munkájában.

Az állapotadatok felvétele

Az erdészeti feltáróutak gyalogos állapotfelvétele részletes és pontos adatgyűjtést tesz lehetővé, mégis az előnyök mellett számos hátrányos tulajdonsága is van:

- az úton végzett munka mindig balesetveszélyes,
- a különböző minősítő személyek eltérő eredményeket értékelnek,
- lassú az állapotértékelés, és nagy a bérköltség.

A fenti problémák kiküszöbölésére az erdészeti feltáróutak esetében is törekedni kell. Ezért az erdészeti utak szubjektív állapotának felvételére és kiértékelésére a korábbi manuális értékelési módszert továbbfejlesztve kidolgoztuk a digitális felvétel és értékelés eszközeit és technológiáját.

A fejlesztés első szakaszában az állapotértékelést a gyalogos módszer helyett egy lassan mozgó gépjárműből hajtottuk végre. A felvétel alatt az értékelő személy ugyanazt az állapotértékelő lapot töltötte ki, mint a gyalogos módszernél. Hamar kiderült, hogy még alacsony sebesség mellett (8-10 km/h) sem lehetséges a gyalogos értékelés pontosságát visszaadni (a figyelem megoszlik). Ezért a későbbiekben az értékelő személy már közvetlenül egy szubjektív értéket határozott meg (1-5), és amikor az út állapota változott, ezt a szubjektív értékelést – a szelvényrel együtt – egy felvételi lapra manuálisan rögzítette.

A kezdeti módszerek legnagyobb hátránya az adatok manuális rögzítése volt. Az értékelő személy figyelmét leginkább a jegyzőkönyvvezetés kötötte le. Komoly problémát okozott az is, hogy az útállapot-változás határa sok esetben nem volt egyértelműen megítélhető, és ennek javítására irodai körülmények között sem volt lehetőség. Végül pedig csak egy szubjektív érték született, így nem volt lehetőség a szükséges útfenntartási munkák hálózati szintű megtervezésére sem.

A vázolt problémákat csak úgy lehetett kiküszöbölni, hogy olyan útdadó eszközt szerkesztünk, amely közvetlenül képes számítógépre küldeni a mért távolságot (szelvényezési értéket), majd ehhez rendeljük hozzá az egyes állapotjellemzőket egy grafikus felületen keresztül. Az adatok

gyors rögzítése lehetővé teszi, hogy az értékelő személy az állapotértékelést részletesebben hajtsa végre, valamint a kifáradásból származó pontatlanságok is csökkennek. A digitális állapotfelvétel és értékelés továbbfejlesztett eszközei az alábbiak:

- mérőkocsihoz kapcsolt saját fejlesztésű kalibrált mérőkerék (3/a ábra),
- kézi számítógép saját fejlesztésű adatgyűjtő programmal (3/b ábra),
- valamint az ugyancsak tanszéki fejlesztésű számítógépes kiértékelő program.



a)



b)

3. ábra: Az állapotfelvétel eszközei: a) mérőkocsi, b) az adatgyűjtő program

Figure 3: Tools for condition survey, a) survey car, b) screenshot of data collecting software

Az értékeléseknél több szempontot figyelembe véve minden állapotjellemző esetén hármasskálát alkalmaztunk. Ez nagyban megkönnyíti az értékelő döntéseit, gyorsabb regisztrálást tesz lehetővé, valamint nagyobb valószínűséggel szerepelnek a szélső értékek. A hiba súlyosságától függően beszélhetünk gyenge/ritka (1), közepes/gyakori (2) és erős/kiterjedt (3) állapotról. A legtöbb állapotfelvételi módszer a hiba mértéke mellett annak felületi kiterjedését is rögzíti. Mivel a felvételezést mozgó gépjárműből végezzük ezt a tényezőt is a háromfokozatú skála leírásába építettük be. Ennek oka, hogy a burkolati hibák nagyságának megbecslése a burkolat teljes felületének százalékában még alacsony sebesség mellett is nagyon bizonytalan.

Munkánk közben összesen hat állapotjelzőt minősítettünk. A kátyú, a nyomvályú és aszfaltburkolatokon a repedés a burkolat állapotáról ad felvilágosítást. Az árok, a padka és a növényzet pedig az út környezetéről és ezzel együtt a további romlás mértékének valószínűségéről. Mivel az erdészeti utak állapota rövid szakaszokon is jelentősen változhat, ennél több jellemző minősítését egy értékelő személy nem tudná elvégezni.

Az egyes állapotjelzőkhöz tartozó skálán lévő értékekhez pontos szöveges leírást kell adni annak érdekében, hogy a minősítés minél függetlenebb legyen az értékelő személyétől. A felvételezéshez ezért az 1. táblázatban szereplő skálákat alkalmaztuk.

A felvételezés alatt a megfigyelést végző személy a burkolat és az út környezetének állapotát a mérőkocsi folyamatos (5-10 km/h) haladása mellett egy érintőképernyős kézi számítógépen megjelenő háromfokozatú állapotjellemzők megfelelő értékének megjelölésével rögzíti. Abban az esetben, ha egy hibatípus nem fordul elő, akkor az adott hibaérték nulla (0), vagyis az adott szelvényértékekhez nem kerül semmilyen érték sem. A felvételezés menetét a 4. ábra mutatja be.

A szubjektív állapotfelvétel közben az utak kezdeténél és végénél, hidaknál, valamint kilométerenként digitális fénykép készül, valamint GPS pontmérést is végrehajtottunk, kibővítve ezzel a

dokumentálható helyszíni információkat. Később ezek a fényképek további elemzésekre adnak lehetőséget. Emellett folyamatos GPS vonalmérést is végzünk, amely megfelelő körülmények esetén a leltár térképi megjelenítésénél nyújthat segítséget.

1. táblázat: A felmért állapotjelzők értékeinek magyarázata
Table 1: Description of the values of evaluated distress types

| Érték | Kátyú | Nyomvályú | Repedés | Árok | Padka | Növényzet |
|-------|--|---|--------------------------------|---|---|--|
| 0 | Kátyúmentes | Nincs hosszirányú deformáció | Repedésmentes | Megfelelő mélység | Ép, max. 1 cm felhízás | Nincs vagy nem zavaró |
| 1 | Lokális, sekély, <0,5 m ² | A csapadék egy része megáll benne | Egyirányú, különálló repedések | Az erózió első jelei mutatkoznak | Szakaszonként a burkolat széle fölé emelkedik | Kaszálással helyreállítható |
| 2 | Folyamatos, foltszerű, sekély, >0,5 m ² | Szabad szemmel látható, a víz nem képes távozni | Laza hálózatos repedés | Teljes hosszban feltöltődés, erózió | Folyamatos felhízás, kismértékű padkaerózió | Fás szárú növényzet a padkán vagy az árokban |
| 3 | Ütőkátyú | Erősen kivehető | Mozaikos repedés | Rövidebb szakaszon a szükséges mélység fele | A víz elfolyását gátló felhízás, mély erózió | Túlburjánzott |

Az adatok feldolgozása

Az állapotértékelés közben felvett elsődleges adataink kiértékelésére saját fejlesztésű számítógépes programot készítettünk. Az állapot könnyebb értékelését segíti elő, ha a pályaszerkezet állapotát kifejező mérőszámokat egy összevont ábrán tüntetjük fel, amelyet állapotrajznak nevezünk. Az állapotjellemzők grafikus képernyőn megjelenő értékei alapján meg kell állapítanunk, hogy mely szelvényben változik meg számottevően az út állapota. Az így kijelölt határok között kialakulnak az állapot szempontjából homogénnek tekinthető szektorok. Ezek a szektorok jelentik a felújításkor a legkisebb egyben kezelhető egységet (min. 500 m). A pontos szektorképzést – a programon belül – a határ dinamikus változtatásának lehetősége is tovább segíti (4. ábra).

A lehatárolt szektorokra állapotjelzőnként egy átlagos érték lesz jellemző, számítása a következő:

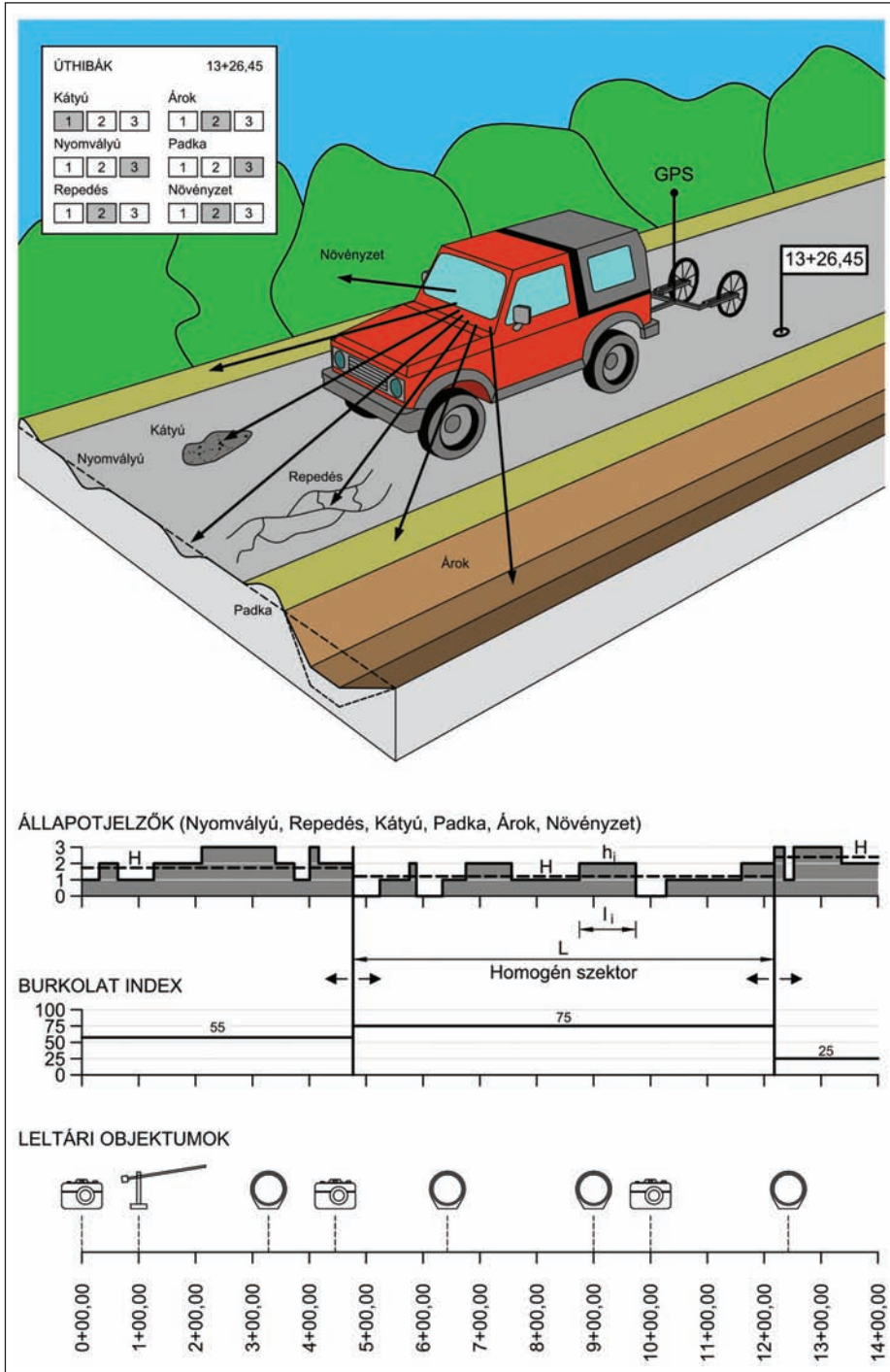
$$H = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n h_i l_i \quad (3),$$

ahol H az adott hibatípus súlyozott átlagértéke a szektoron belül (1-3);

h_i az adott hibatípus i -edik állapotértéke a szektoron belül (1-3);

l_i az adott hibatípus i -edik állapotértékének hossza a szektoron belül (m);

L az adott szektor teljes hossza (m).



4. ábra: Erdészeti utak szubjektív állapotfelmérésére kifejlesztett rendszer

Figure 4: The condition surveying system developed for the inspection of forest roads

A (3) összefüggés a hibák területarányos átlagát fejezi ki hibatípusonként. Az állapotfelvétel és értékelés eredményeként ismertté válik, hogy különböző szempontok szerint vizsgálva milyen az út állapota. A nehézséget a különféle állapotjelzők és azok kombinációinak együttes értékelése okozza. Jelenleg a különféle összegző indexek (OPI) terjedtek el, melyek az egyes útszakaszok összehasonlítását segítik. Az út állapotának komplex értékelését csak az egyes úthibák súlyát meghatározó tényezők ismeretében lehetséges elvégezni. Hasznos megközelítés, ha a különböző burkolathiba-típusokat aszerint osztályozzuk, hogy forgalmi vagy környezeti hatás, esetleg a kettő kombinációja váltotta-e ki azokat (Gáspár 2003). Ennek megfelelően először a nyomvályú (HNY), repedés (HR) és kátyú (HK) hibatípusból célszerű egy összegző osztályzatot kidolgozni, mivel ezek közvetlenül jellemzik a pályaszerkezet pillanatnyi műszaki állapotát. Másodsorban pedig a padka (HP), árok (HÁ) és növényzet (HN) paramétereiből kell levezetni egy környezeti osztályzatot, amely a pályaszerkezet leromlási kockázatáról (víztelenítési problémák), valamint a szükséges karbantartási munkák sürgősségéről tájékoztat. A burkolat állapotát a burkolatindex (BI), míg az út környezetét az ún. környezeti index (KI) jellemzi.

Az összegző osztályzatok kidolgozásánál egy 100 fokozatú skálából indultunk ki, ahol a tökéletesen hibamentes utat tekintjük 100 pontosnak vagy 100%-nak (hasonlóan a PCI-hez). A százalékos értékelés praktikus, mivel az értékelő személyek sokkal könnyebben tudják megfogalmazni szubjektív véleményüket, valamint bármilyen más skálára is könnyen átszámítható az így kapott eredmény. Az egyenletek együtthatóit az állapotfelvételkor készített fényképek irodai értékelése után kapott szakértői vélemények statisztikai feldolgozása után kaptuk:

$$BI = 100 - 15H_{NY} + 5H_K + 1H_R \quad (4)$$

és

$$KI = 100 - 10H_A + 5H_P + 2H_N \quad (5).$$

Az egyenletek együtthatói még nem véglegesek, mivel a több mint 1000 km felmért erdészeti út értékelése folyamatban van. Mindkét index esetében az 50 pont alatti érték a tönkrement útállapotot jelenti. Ilyenkor már csak komoly ráfordításokkal lehetséges beavatkozni, ezért ezt tudatos útfenntartással el kell kerülni.

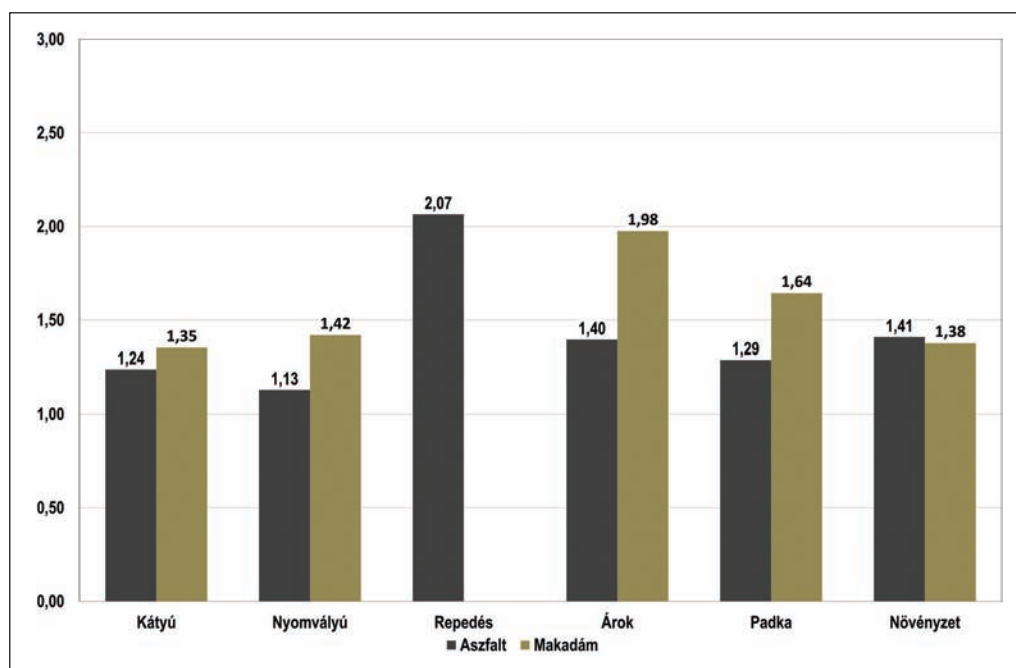
A mintaterületek bemutatása

A bemutatott rendszerrel 2006 óta végzünk útleltározást és állapotértékelést. Két erdőgazdaság teljes úthálózatát felmértük (Bakonyerdő, Mecsekerdő). További négy erdőgazdaság (Észak-erdő, KAEG, Zalaerdő, Egererdő) területén folyamatban van a digitális útleltár kialakítása és állapotadatokkal való feltöltése. Az eddigi felmérések legnagyobb részét hegy- és dombvidéki területeken végeztük. Tapasztalatink szerint ezeken a területeken a helyazonosítást nem szabad csak GPS mérésekre alapozni, mivel a mérés pontossága szoros kapcsolatot mutat a vegetációs ciklussal és a domborzattal (meredek oldalak). Így a helyazonosítás alapját minden körülmények között a mérőkerék és a szelvényezés biztosítja.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

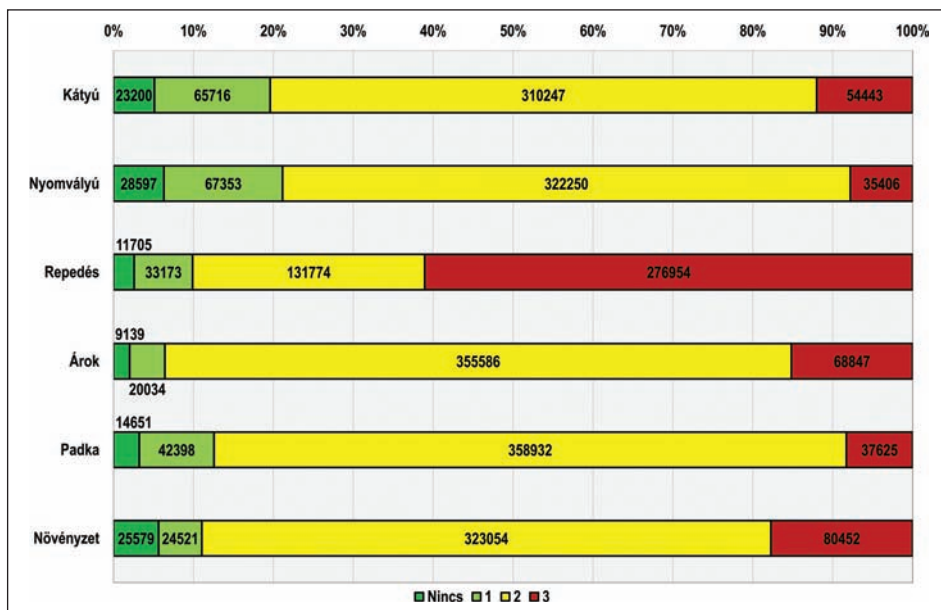
Az útleltári adatok általános jellemzői

Az eredmények alapjául a 2006-2011 között azonos elvek szerint végzett felmérések szolgálnak. Ez alatt az idő alatt 1080 km erdészeti út állapotértékelése történt meg. Itt a két jellemző burkolattípusra – aszfalt és makadám – vonatkozó adatokat közöljük. Aszfaltburkolatú útból 454 km-t, makadámburkolatúból 626 km-t értékeltünk. A tapasztalt hibák átlagos értékeit az 5. ábra mutatja be. Az ábráról jól látható, hogy a makadámburkolatú utak valamivel rosszabb állapotban vannak. Ezek alapján feltételezhető, hogy a makadámburkolatú utak esetén a fenntartási feladatokra kevesebb figyelmet fordítanak, mint az aszfaltburkolatúaknál.

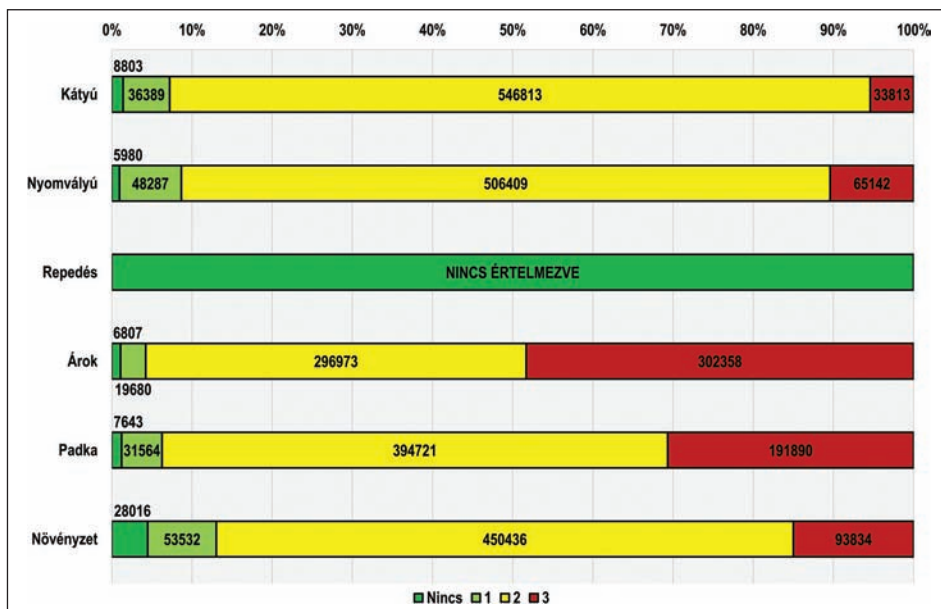


5. ábra: A felmért hibatípusok átlagos értékei burkolattípusonként
Figure 5: Average severity of the evaluated distress types by pavement types

A 6. és 7. ábra alapján megállapítható az egyes burkolattípusok jellemző hibája. Tapasztalataink szerint az aszfaltburkolatú utak meghatározó hibatípusa a repedés, ami az irodalmi adatokkal megegyezik. Ezt jól igazolja, hogy a felmért utak 60%-án a repedés elérte a legrosszabb kategóriát. Emellett a többi hibatípus a közepes állapotot jelölő 2-es szinttel jellemezhető. A makadámútakon az árokfeltöltődés és a padkafelhízás a jellemző hiba.



6. ábra: A felmért 454 km aszfaltburkolatú út megoszlása hibatípusok és azok mértéke szerint
 Figure 6: Distribution of the evaluated 454 kilometres of asphalt roads by distress types and severity (values in metres)



7. ábra: A felmért 626 km makadámurkolatú út megoszlása hibatípusok és azok mértéke szerint (az értékek méterben)
 Figure 7: Distribution of the evaluated 626 kilometres of macadamized roads by distress types and severity (values in metres)

Az adatokból számítható felújítási költség

Az állapotjelzők értékei és a gyakorlati tapasztalatok alapján meghatározható, hogy milyen beavatkozás szükséges a hiba javításához. A beavatkozás ismeretében pedig kiszámítható, hogy adott útszakasz javítása milyen költséggel jár. Az állapotjelzők közül a felület megbomlásával járó kátyúk kialakulása utal a pályaszerkezet elhasználódásra. Ennek 3-as értéke már olyan mértékű tönkremenetelt jelez, amelyet a pályaszerkezet egy részének vagy egészének újraépítésével lehet hosszú távon megnyugtatóan helyreállítani. Ezzel viszont az összes állapotjelzőt az új útnak megfelelő vagy azt megközelítő értékre javítjuk meg. A felmért és kiértékelt 1080 km erdészeti út állapotjellemzői közül a kátyúk kijavításának költségeit határoztuk meg, annak mértékétől és a burkolat típusától függő technológiát alkalmazva. Hasonló elemzést végzett Kosztká és Péterfalvi 1993-ban az akkor rendelkezésre álló állapotadatok alapján.

2. táblázat: A kátyúk kijavításának fajlagos költségei a burkolattípus és a súlyosság függvényében
Table 2: Specific expenses of pothole patching by pavement types and severity

| Állapotjelzők értékei | Aszfalt | | Makadám | | |
|-----------------------|---------------------------|--|---|---|--|
| 1 | Átlagosan a felület 1%-a | | Átlagosan a felület 1 %-a | | |
| | Kátyúzás: | 4191 Ft/m ² 0,03 m ² /m | Javítás | 1074 Ft/m ² 0,035 m ² /m | |
| | Összesen: | 126 Ft/m | Összesen: | 38 Ft/m | |
| | Átlagosan a felület 5%-a | | A felület 50%-án | | |
| 2 | Kátyúzás: | 4191 Ft/m ² 0,15 m ² /m 629 Ft/m | Javítás | 1074 Ft/m ² 1,75 m ² /m 1880 Ft/m | |
| | Felületi bevonat: | 929 Ft/m ² 3 m ² /m 2787 Ft/m | | | |
| | Összesen: | 3416 Ft/m | Összesen: | 1880 Ft/m | |
| | Átlagosan a felület 12%-a | | A teljes felületen | | |
| | 3a | Kátyúzás: | 4191 Ft/m ² 0,36 m ² /m 1509 Ft/m | Javítás | 1074 Ft/m ² 3,5 m ² /m 3759 Ft/m |
| | | Felületi bevonat: | 929 Ft/m ² 3 m ² /m 2787 Ft/m | | |
| Összesen: | | 4296 Ft/m | Összesen: | 3759 Ft/m | |
| 3b | | Remixelés: | 2605 Ft/m ² | Remixelés | 2605 Ft/m ² |
| | | Kopóréteg: | 3857 Ft/m ² | | 3,5 m ² /m |
| | | Felületi bevonat: | 929 Ft/m ² 3 m ² /m | | |
| | Összesen: | 22 173 Ft/m | Összesen: | 9118 Ft/m | |

A 2. táblázat a kátyússág mértékétől függő beavatkozásokat és azok költségeit mutatja be. A burkolat felületének meghatározásánál a terepi felvételkor megállapított szélességek átlagával számoltunk, amely aszfaltburkolatú utaknál 3,00 m, makadámurkolatú utaknál 3,50 m volt. A kátyúk felületének a teljes felülethez viszonyított arányát aszfaltburkolat esetén próbamérésekkel becsültük meg. Makadámurkolatnál a kisebb mélységű kátyúk kevésbé vehetők észre, ezért a kátyú-állapotjelző 2-es értéke esetén a felület 50%-ának javítását irányoztuk elő. Az aszfalt- és a makadámurkolatnál is a kátyú-állapotjelző 3-as értéke esetén az állapot megnyugtató helyreállítása teljes felületre kiterjedő beavatkozást igényel. A beavatkozások egységárait az országos normákat felhasználó HunKalk költségvetés-készítő programból vettük ki.

Miután meghatároztuk az egységárakat, az állapotértékelési adatokból hibatípusonként kiűjtöttük az 1, 2, 3-as értékű állapotjelzőkhöz tartozó hosszakat (3. táblázat).

3. táblázat: A felmért utak megoszlása hibatípusok és azok mértéke szerint

Table 3: Distribution of the evaluated roads by distress types and severity (values in metres)

| Állapotjelzők értékei | Aszfaltburkolatok állapotjelzői [m] | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| | Kátyú | Nyomvályú | Repedés | Árok | Padka | Növényzet |
| Nincs | 23 200 | 28 597 | 11 705 | 9 139 | 14 651 | 25 579 |
| 1 | 65 716 | 67 353 | 33 173 | 20 034 | 42 398 | 24 521 |
| 2 | 310 247 | 322 250 | 131 774 | 355 586 | 358 932 | 323 054 |
| 3 | 54 443 | 35 406 | 276 954 | 68 847 | 37 625 | 80 452 |
| Állapotjelzők értékei | Makadámurkolatok állapotjelzői [m] | | | | | |
| | Kátyú | Nyomvályú | Repedés | Árok | Padka | Növényzet |
| Nincs | 8 803 | 5 980 | 625 818 | 6 807 | 7 643 | 28 016 |
| 1 | 36 389 | 48 287 | 0 | 19 680 | 31 564 | 53 532 |
| 2 | 546 813 | 506 409 | 0 | 296 973 | 394 721 | 450 436 |
| 3 | 33 813 | 65 142 | 0 | 302 358 | 191 890 | 93 834 |

4. táblázat: A kátyúk kijavításának költségei burkolattípus és súlyosság szerint

Table 4: Expenses of pothole patching by pavement types and severity

| Állapotjelző értékei | Aszfalt | | Makadám | |
|----------------------|---------------|-------|---------------|-------|
| 1 | 8 260 501 | Ft | 1 171 726 | Ft |
| 2 | 1 059 710 678 | Ft | 1 027 735 034 | Ft |
| 3a | 233 876 239 | Ft | 127 103 067 | Ft |
| 3b | 1 207 164 639 | Ft | 308 306 934 | Ft |
| Összesen „a”: | 1 301 847 419 | Ft | 1 156 009 826 | Ft |
| Összesen „b”: | 2 275 135 818 | Ft | 1 337 213 694 | Ft |
| Átlagosan „a”: | 2 867 505 | Ft/km | 1 846 661 | Ft/km |
| Átlagosan „b”: | 5 011 312 | Ft/km | 2 136 124 | Ft/km |

A 4. táblázat alapján a hosszt megszorozva az egységárral megkapható, hogy mennyibe kerülne a felmért úthálózat kátyús szektorainak javítása. Az „a” és „b” módszer közötti különbség értékelésénél figyelembe kell venni, hogy a „b” eljárással amellet, hogy minden burkolatot érintő



hiba megszűnik, az eljárás teherbírás-növekedéshez is vezet, mivel gyakorlatilag a pályaszerkezet újraépítéséről van szó. Az új pályaszerkezet élettartalmát más, objektív mérésekkel (teherbírás mérés) szükséges megállapítani. A teljes felmért hálózat felújításiköltség-bebecslésének bemutatásától annak terjedelme miatt eltekintünk. A 4. táblázatban szereplő számok tükrében érdemes azonban belegondolni, hogy Magyarországon 1 km új autópálya építési költsége átlagosan 1,5 milliárd Ft (forrás: www.nfi.hu), amennyiből gyakorlatilag a felmért 626 km makadám pályaszerkezetű erdészeti út magas színvonalon felújítható lenne.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az útgazdálkodási rendszerekben a döntéseket megalapozó információkat az állapotfelméltkor és a felvett adatok értékelésekor szerezzük be. Az állapotfelmélt és értékelés első ütemében célunk a hálózat állapotának felmérése és a durva diagnózis felállítása. Ennek érdekében az úthálózat pillanatnyi állapotát jellemző állapotparaméterek és forgalmi adatok beszerzése szükséges. A kidolgozott és tesztelt szubjektív állapotfelmélti és állapotértékelési módszer hasznos és hatékony eszköznek bizonyult az erdészeti úthálózatok állapotának becslésére.

Az automatizált szubjektív állapotfelmélt gyors, gazdaságos és megbízható adatokat szolgáltat az erdei feltáróutak állapotáról. A burkolati hibák és a pályaszerkezet környezetét leíró paraméterek együttesével jellemzett úttálat pedig már kifejezi, hogy hol és miért kell beavatkozni, valamint a szükséges költségek is jól megbecsülhetők. Hálózati szinten szükséges egyetlen számadattal kifejezni az út állapotát. Ezt a komplex állapotjellemző paramétert csak a felvett hibatípusok szubjektív súlyozásával lehet kialakítani. A komplex állapotjellemző, valamint a forgalmi adatok együttese már lehetővé teszi, hogy az elvégzendő munkák sürgössége szerint rendezzük a hálózat egyes elemeit. A pénzügyi lehetőségeknek megfelelően pedig ki lehet választani azokat a hálózati elemeket, amelyeken a finom diagnózis felállításához szükséges részletes állapotfelmélt és teherbírás mérést végrehajtjuk.

A felvélti eljárást a Kosztka (1986) által javasolt módon érdemes továbbfejleszteni. Eszerint a szelvényértékekhez csatoltan hang alapú értékelés tárolását kell megoldani, valamint az értékelélt útról olyan képsorozatot vagy videofelmélt kell készíteni, amelyen az állapotjelzők minósítése szelvényhez kötöten elvégezhető.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmányban bemutatott eredmények a Nyme-ERFARET Nonprofit Kft. és Geomatikai, Erdőfeltárási és Vizgazdálkodási Intézet együttműködése nélkül nem jöhettek volna létre. A szerzők köszönetet mondanak Balázs László tanszéki technikusknak, aki a felmérésekben nélkülözhetetlen segítséget nyújtott.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Ambrus K. és Pallós I. 2004: Közlekedési létesítmények pályaszerkezetei. BME Építőmérnöki Kar.
- Carey, W. N. and Irick, P. E. 1960: The Pavement Serviceability Performance Concept (250). Technical report, Highway Research Board.
- Csorba Á. 1999: Burkolatfelület állapotának minősítése Roadmaster rendszerrel. ÚT 2-2., 118:1999, Magyar Útügyi Társaság.
- Gáspár L. 2003: Útgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Koren Cs.; Tánczos L. és Timár A. 2011: A közúthálózat a nemzeti vagyon eleme, vagyongazdálkodás. Közlekedésépítési Szemle, 61 (1): 4-11.
- Kosztka M. 1986: Erdészeti utak fenntartási rendszere. Doktori értekezés, Erdészeti és Faipari Egyetem.
- Kosztka M. 2001: Erdészeti utak fenntartási rendszere. NymE Erdőmérnöki Kar, Sopron.
- Kosztka M. és Péterfalvi J. 1993: Fenntartási feladatok a hazai erdészeti úthálózaton. Erdészeti Lapok, 128 (5): 130-132.
- LeClerc, R. V. and Marshall, T. R. 1970: Washington's pavement rating system: procedures and applications. Washington Dept. of Transportation.
- Markó G. 2006: Informatika az erdészeti feltáróhálózatok tervezésében és nyilvántartásában. Doktori értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem
- Ponniah, J.; Sharma, B.N. and Kazmierowski, T. J. 2001: A Critical Review of an Existing Pavement Condition Rating System. Proceedings of the International Conference on Managing Pavements August 11-14, 2001 Seattle, Washington, USA.

Érkezett: 2012. április 6.

Közlésre elfogadva: 2012. szeptember 3.



A fenyők élni akarnak

Kérgét veszített, de még zöld koronájú fenyővel gyakran találkozhatunk a hazai fenyvesekben. Különösen gyakori ez a jelenség Nyugat-Magyarország szűkártétellel érintett lucfenyveseiben. A kép érdekességét az adja, hogy ezen az erdeifenyőn a betűzőszú (*Ips typographus*) rágásképe látható. Ez a szűfaj a lucfenyő kártevője, de ha elfogy környezetéből a fő gazdanövénye, megél, sőt többnyire szaporodni is tud más fenyőféléken. A lucfenyőn jellemző rostirányú anyamenetek mellett több kacsakringós járatot is látni a képen, ami mutatja az anyagogár „tétovázását” is.

Kép és szöveg: Lakatos Ferenc

ERDÉSZETI UTAK TEHERBÍRÁSÁNAK MÉRÉSE A TOVÁBBFEJLESZTETT KÉZI BEHAJLÁSMÉRŐVEL

Markó Gergely, Primusz Péter és Péterfalvi József

*Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai,
Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási intézet*

Kivonat

Az aszfaltburkolatú utak az erdőgazdaságok nagy állóeszközértéket képviselő létesítményei, amelyek megfelelő műszaki állapotának fenntartása jelentős költségekkel jár. A rendszerváltozást követően az erdőgazdálkodók jellemzően nem rendeltek megfelelő forrásokat feltáráshálózatok fenntartására. Az erdőszeti szállításban mértékadónak tekinthető tehergépjárműállomány az elmúlt évtizedekben nagy tengelyterhelésű járművekre cserélődött, ez a folyamat a szállítópályák leromlását felgyorsította. Mindezek miatt az erdőfeltárási témakörében a hangsúly a feltáráshálózatok bővítéséről áthelyeződött a meglévő utak fenntartására és fejlesztésére. Az Erdőfeltárási Tanszéken folyó kutatások – az erdőgazdaságok által megrendelt kutatási-fejlesztési megbízásokkal párhuzamosan – követik ezt a trendet. A cikk az aszfalt kopóréteggel rendelkező pályaszerkezetek teherbírásának roncsolásmentes meghatározása területén elért legújabb eredményeinket mutatja be. A Benkelman-gerenda továbbfejlesztésével elkészült egy teherbírás mérő eszköz prototípusa, amely a központi behajlás mellett a behajlási teknő alakját is rögzíti. A kifejlesztett mérőeszköz és szoftvercsomag, valamint az új mérési eljárás gyakorlati alkalmazhatóságát a szerzők egy másodosztályú erdőszeti feltárási úton végzett méréssorozaton keresztül mutatják be.

Kulcsszavak: Benkelman-gerenda, behajlásmérés, erdőszeti utak, teherbírás, útfenntartási rendszer

MEASURING BEARING CAPACITY OF FOREST ROADS WITH THE ADVANCED BENKELMAN BEAM APPARATUS

Abstract

Forest roads covered with asphalt pavement represent the basis of the forest opening up networks in Hungary. If properly maintained, asphalt pavements offer a high level of service. While traffic load of forest road networks have grown, expenses on their maintenance remained lower than required in the last three decades. As a result, these roads are in poor condition, generally. Renovation projects demand the knowledge of the roads' bearing capacity. Bearing capacity measurements of roads traditionally were carried out using the Benkelmann beam. The Benkelmann beam measurements provide the maximum vertical deflection of the pavement under 50 kN of wheel load. Nowadays the bearing capacity of public roads are measured



with falling weight deflectometers. Falling weight deflectometer measurements provide the full deflection basin. It is convenient to use these high precision instruments on forest roads, but their application is inefficient and costly. Researchers of the Department of Forest Opening Up developed a new method to measure the full deflection basin with the Benkelman beam. Besides the instrument improvement the authors developed a new method for the processing of the deflection basin data. New results are presented via the case study of a 2nd class opening up forest road.

Keywords: Benkelman-beam, forest road, bearing capacity, Pavement Management System

BEVEZETÉS

Az útfenntartási rendszerek egyik legfontosabb, objektív úton mérhető paramétere az utak teherbírása. A hajlékony útpályaszerkezetek teherbírásának meghatározása azonban nem egzakt feladat, ehhez ugyanis nem rendelkezünk általánosan elfogadott elmélettel. Ha továbbmegyünk, azt is megállapíthatjuk, hogy a pályaszerkezet teherbírásának egyértelmű definiálása is nehézségekbe ütközik. A teherbírással ellentétben a merevség – mint adott terhelés hatására bekövetkező alakváltozás – definiálható, sőt mérhető. A „teherbírás” közvetlen meghatározása helyett általában a következő kérdésekre keressük a választ:

- Mekkora a pályaszerkezet hátralévő élettartama?
- A pályaszerkezet teherbírása és felületének állapota alapján melyik felújítási technológiát válasszuk?
- Milyen vastag erősítőréteg beépítésére van szükség ahhoz, hogy a pályaszerkezet a következő 10-20 év forgalmát elviselje?

Ez a közlemény ismerteti egy, az Erdőfeltárási Tanszéken kidolgozott eljárást, amellyel hajlékony pályaszerkezetek terhelés hatására bekövetkező alakváltozását lehet megmérni. Módszerünk előnye, hogy kis költségvetésű, „low cost” eszközök alkalmazásával is lehetővé teszi a teljes behajlási teknő megmérését.

AZ ÚTBURKOLATOK ALAKVÁLTOZÁSÁNAK MÉRÉSE

A hajlékony útburkolatok alakváltozásának mérésére az elmúlt évtizedekben több eljárást is kidolgoztak. Mindegyik eljárás eltérő módon szimulálja a forgalom és a pályaszerkezet kapcsolatát. Ennek megfelelően a mért eredmények is kisebb-nagyobb mértékben eltérnek egymástól. A következőkben röviden bemutatjuk az erdészeti gyakorlatban eddig alkalmazott módszereket, a mérőeszközök főbb jellemzőit pedig összefoglalva az 1. táblázatban közöljük (Kosztka és mtsai 2008).

A behajlásmérés klasszikus eszköze a *Benkelman-gerenda*. A mérés alatt a terhelt tehergépkocsi ikerabroncsai közé a maximális behajlás helyén egy, a burkolatra támaszkodó vízszintes tengely körül forgó kart helyezünk el, és a burkolat függőleges elmozdulását a kar másik végén mért elmozdulásból lehetséges meghatározni. A mérés során a terhelő tehergépkocsi álló helyzetben van, így a terhelés statikus jellegű (Boromissza 1959).

A behajlások automatikus méréséhez a *Lacroix-mérőkocsi* alkalmazható. A mérés elve megegyezik a kézi behajlásmérés elvével, a különbség a mérés gyakorlati kivitelezésében rejlik; itt ugyanis a behajlásmérőket egy automata mérőkocsira függesztik, amely lassú (3–5 km/h) előrehaladás közben mintegy 4 m-enként méri a burkolat lehajlását. A *Lacroix-mérőkocsival* végzett behajlásmérési technika a mérés körülményessége és költséges volta miatt az erdészeti gyakorlatban nem terjedt el. Az Erdőfeltárási Tanszéken végzett korábbi kutatások ugyanakkor kimutatták, hogy az erdészeti utak felújítási terveinek tekintetében az egyszerűbb eszközöket igénylő kézi behajlásmérés is azonos eredményeket szolgáltat (Boromissza 1959; Kosztka és mtsai 2008).

A jelenlegi közúti gyakorlat hajlékony útburkolatok terhelés hatására bekövetkező alakváltozását, vagyis a behajlási teknőt nehéz ejtősúlyos (Falling Weight Deflectometer – FWD) berendezésekkel méri. Az FWD készülékek a dinamikus terhelés hatására bekövetkező függőleges elmozdulást a burkolaton elhelyezett gyorsulásmérő szenzorok segítségével több ponton egyszerre, nagy pontossággal mérik. A berendezés méri a levegő és a burkolat hőmérsékletét is. A dinamikus teherbírás mérés hazai alkalmazását megalapozó adaptációs vizsgálatok 1991-ben kezdődtek meg. Ezek alapján megállapítható, hogy a mérési eljárás gyors, szubjektivitástól mentes (Tóth 2007). A mérési technika – az utóbbi években szerzett tapasztalataink alapján – erdészeti körülmények között is előnyösen alkalmazható (Kosztka és mtsai 2008).

1. táblázat: A behajlásmérő eszközök összehasonlítása (Kosztka és mtsai 2008)
Table 1: Properties of different bearing capacity measuring equipments

| Jellemzők | Benkelman-tartó | Lacroix-mérőkocsi | FWD |
|---------------------|---|-------------------|-----------------|
| Eszközigeny | terhelt tehergépkocsi 2 db Benkelman-tartó | mérőkocsi | mérőkocsi |
| Személyzet | 4 fő | 2 fő | 2 fő |
| Igénybevétel | statikus | kvázi statikus | dinamikus |
| Szimulált sebesség | 0 km/h | 3-4 km/h | 60-80 km/h |
| A mérés módja | diszkrét | folyamatos | diszkrét |
| A mérés sűrűsége | min. 25 m | 4 m | 25 m |
| Napi teljesítmény | 15 km | 20 km | 15 km |
| Mért paraméter | központi behajlás | központi behajlás | behajlási teknő |
| Az adatok rögzítése | manuális | automatikus | automatikus |
| Ismételhetőség | kielégítő | közepes | kiváló |
| Az eszköz költsége | olcsó | drága | drága |

A KÉZI BEHAJLÁSMÉRÉS FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI

Az FWD készülékekkel való mérésekkel a központi behajlás mellett a burkolat alakváltozása több ponton is mérhető, ezáltal a lehajlási vonal (behajlási teknő) alakja is előállítható. A behajlási teknő alakjának ismeretében számíthatóvá válnak olyan paraméterek, amelyek a mechanikai

elveken alapuló pályaszerkezet-méretezési eljárások bemenő adatai. Véleményünk szerint a jövőben azokat a mérési eljárásokat kell előnyben részesíteni, amelyek lehetővé teszik a teljes behajlási teknő rögzítését. A nehéz ejtősúlyos eszközök beszerzési ára és fenntartási költsége igen magas, ezért az erdészeti utakon végzett teherbírásméréseket FWD-készülékkel rendelkező külső vállalkozó bevonásával lehetséges csak megoldani. Célszerűnek tűnik tehát egy olyan eljárás kidolgozása, amely az erdészeti utakkal foglalkozó szakemberek számára is lehetővé teszi a behajlási teknő önálló mérését.

A GEOBEAM ÉS TÁRSAI

A Geobeam egy automatizált Benkelman-tartó, amelynek a fejlesztése az 1980-as években kezdődött (Tonkin&Taylor). A fejlesztés fő célja volt megőrizni a kézi behajlásmérés egyszerű alapelvét úgy, hogy közben a teljes deformációs vonal automatikusan rögzíthetővé váljon minimális költségnövekedés mellett. A mérés alatt a mérőgerenda érzékelője automatikusan rögzíti a függőleges elmozdulást úgy, hogy minden méréshez hozzárendeli a kerékterhelés pozícióját. Így a behajlási teknő megfelelő feldolgozó szoftver segítségével rekonstruálható. A kerékterhelés pozícióját a tehergépkocsihoz kapcsolt mérőkerékkel mérik és rögzítik. A mérőkerék felbontása 10 mm, ami igen sűrű mintavételezést tesz lehetővé. Az FWD készülékekkel ellentétben a Geobeam egy pont függőleges elmozdulását rögzíti eltérő időpillanatokban (Anderson 2008). A mérőrendszer az 1. ábrán látható.



1. ábra: A Geobeam eszköz (Geotechnics Ltd). [Anderson, 2008]

Figure 1: The Geobeam measuring equipment (Geotechnics Ltd.). [Anderson, 2008]

A Geobeam jól használható, reprezentatív mérési eredményeket szolgáltat olyan esetekben is, amikor a vízzel telített földmű miatt az FWD eszközök már nem alkalmazhatók megbízhatóan (konszolidáció kérdése) (Anderson 2008).

Természetesen a Geobeam mellett még számos más megoldás is létezik a kézi behajlásmérés korszerűsítésére. A teljesség igénye nélkül érdemes megemlíteni a weimari Bauhaus-Universität Építőmérnöki Karán alkalmazott kézi behajlásmérőt. Ennél a megoldásnál a központi érzékelő csúcs mellett további 3 mérőfejet is elhelyeztek 25–50–80 cm távolságra a terhelés tengelyétől. Az érzékelők által mért elmozdulást a mérőgerendára felszerelt elektronika dolgozza fel, és tárolja automatikusan. Ez a megoldás az FWD eszközökhöz hasonlóan egymástól eltérő diszkrét pontokban (4 mért pont) rögzíti az elmozdulásokat. A mérési pontokra illesztett függvény segítségével pedig már számíthatók a különféle teknőparaméterek (Dähnert 2005). Az eszközt a 2. ábra mutatja be.



2. ábra: Automatizált Benkelman-tartó. (Dähnert 2005)
Figure 2: Automated Benkelman-beam. (Dähnert 2005)

A TOVÁBBFEJLESZTETT KÉZI BEHAJLÁSMÉRŐ

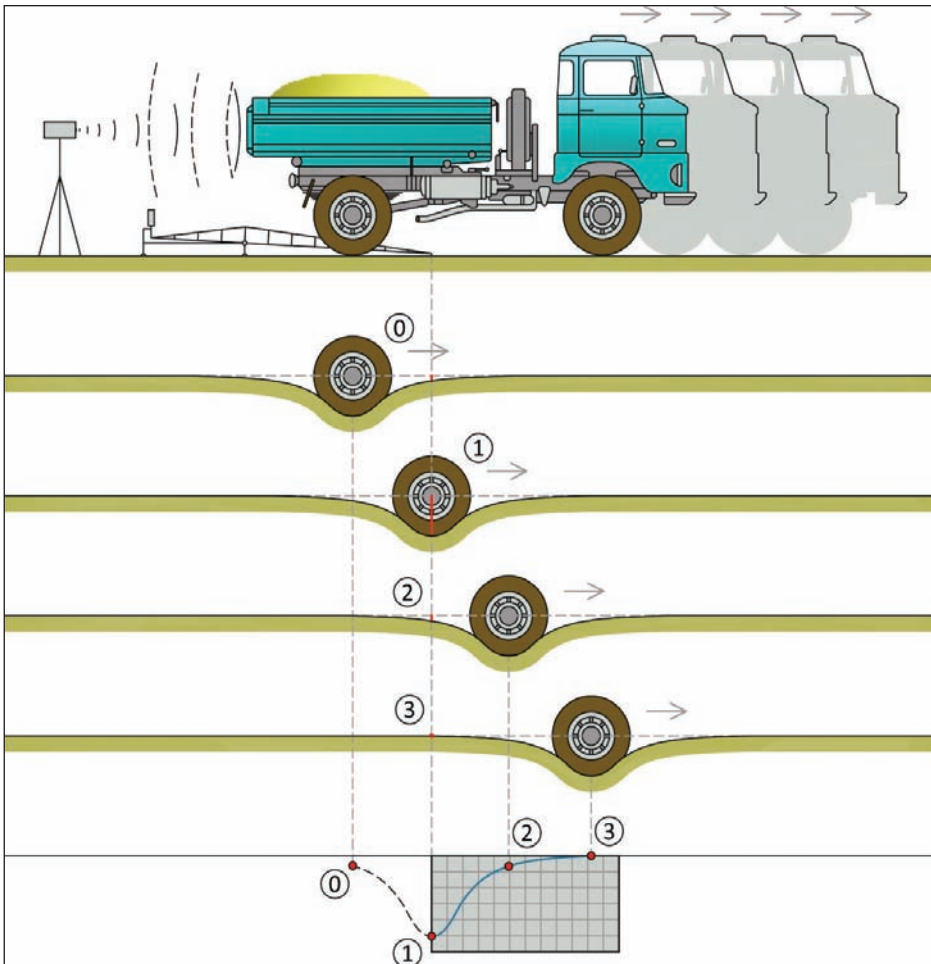
Az Erdőfeltárási Tanszéken kidolgozott eljárást a kézi behajlásmérés továbbfejlesztésével alakítottuk ki. A fejlesztés kiterjedt a mérési eljárás megtervezésére, a szükséges kiegészítő eszközök kiválasztására, a központi adatgyűjtő egység tervezésére és építésére, az adatgyűjtő hardveren futó firmware, valamint a PC-ken futó adatgyűjtő és elemző szoftverek kifejlesztésére.

Az eszközök fejlesztése alapvetően három pilléren nyugszik:

1. A hagyományos Benkelman-tartók analóg mérőóráit digitális adatkimenettel rendelkező mérőórákra cseréltük.
2. A mérés során a tehergépkocsi előrehaladását ultrahangos távolságmérővel rögzítjük.
3. A digitális szenzorok jelét a saját fejlesztésű központi vezérlő egység gyűjti, majd továbbítja az adatgyűjtő szoftvert futtató netbooknak.

A mérés a következő lépésekből áll (3. ábra):

1. Ismert hátsó tengelysúlyú, terhelt tehergépkocsi felállása a mérés szelvényébe.
2. A behajlasmérők elhelyezése a hátsó (szóló) tengely ikerabroncsai közé úgy, hogy a mérőcsúcs a kerék felfekvési vonala előtt legyen.
3. A digitális elmozdulásmérő órák mérési pozícióba állítása.
4. Az állványra szerelt ultrahangos távolságmérő mérési pozícióba állítása.
5. Az adatgyűjtő szoftvert futtató számítógép (érintőképernyős netbook) előkészítése a mérési adatok fogadására, az adatkapcsolat ellenőrzése a külső hardverekkel.
6. Az adatgyűjtő szoftveren az adatgyűjtés indítása.
7. A tehergépkocsi lassú előrehaladása közben az adatgyűjtő szoftver rögzíti a digitális mérőórák, valamint a távolságmérő szenzor mérési adatait.
8. A tehergépkocsi 5 m-es előrehaladását követően az adatgyűjtés automatikus leállítása.



3. ábra: A továbbfejlesztett kézi behajlasmérés elve

Figure 3: Measurement process of the Advanced Benkelman Beam Apparatus

A mérőeszköz tehát a burkolat egy pontjának függőleges elmozdulását rögzíti oly módon, hogy az elmozdulásmérő órák minden „leolvasásához” hozzárendeli az elektronika a kerékterhelés távolságát is. Az így nyert adatsor megfelelő előfeldolgozását követően előállítható a behajlási teknő alakja.

HARDVERELEMEK

A Benkelman-tartóra szerelt digitális mérőóra típusának kiválasztásakor a következő szempontokat vettük figyelembe:

- legalább 0,01 mm felbontás;
- minimum 10 Hz mérési frekvencia;
- minimum 25 mm mérési tartomány;
- nyílt formátumú digitális adatkimenet;
- robosztus, kültéri mérésekre alkalmas kialakítás;
- az analóg mérőóráinkkal megegyező átmérőjű (8 mm) szár;
- kedvező ár.

A piacon elérhető kínálat tanulmányozását követően választásunk a Mitutoyo cég ID-U típusú mérőórájára esett. A Mitutoyo cég a precíziós mérőeszközök egyik vezető gyártója, az ID-U mérőóra a felsorolt követelményeknek teljes mértékben megfelel. A mérőóra digitális adatkimenettel rendelkezik, a mellékelt adatkábelek végén szabványos csatlakozókkal lehet az eszközt a cég által gyártott vagy saját fejlesztésű adatgyűjtőhöz kötni. A Mitutoyo cég DIGIMATIC néven kifejlesztett digitális adatcsere-formátuma jól dokumentált, könnyen kezelhető. A kommunikáció hardveres megvalósítása – logikai jelszintek, időzítés, külső vezérelhetőség stb. – lehetővé teszi a szenzor saját fejlesztésű mikrokontrolleres környezetbe való illesztését. A tehergépkocsi előrehaladását egy SRF-08 típusú ultrahangos távolságmérő szenzorral rögzítjük. A szenzor fontosabb jellemzői:

- 1 cm felbontás,
- 30 cm – 6 m mérési tartomány,
- nagy mintavételezési gyakoriság (> 20 Hz),
- I2C szabványú kommunikáció,
- alacsony ár.

A szenzort a következőkben bemutatott központi adatgyűjtő egység műszerházába építettük be. A központi adatgyűjtő és vezérlő egység egy Microchip 18F2550 típusú mikrokontroller köré épül. A műszeregység „agyának” feladatai:

- USB HID szabványú kommunikációs protokollon keresztül kapcsolat fenntartása, adatcsere a PC-n futó adatgyűjtő szoftverrel;
- a digitális elmozdulásmérő órák és a távolságmérő szenzor méréseinek szinkronizált indítása 10 mérés/mp gyakorisággal;
- a szenzorok mérési eredményeinek fogadása, átalakítása;
- a mérési eredmények továbbítása az adatgyűjtő szoftvernek.



4. ábra: A központi adatgyűjtő-vezérlő egység
Figure 4: Central data logging unit



5. ábra: A műszeregység a gyakorlatban
Figure 5: Advanced Benkelman Beam Apparatus in the field

Az adatgyűjtő-vezérlő egység tápellátását a csatlakoztatott PC USB portja biztosítja. A mikrokontroller és a köré épített alkatrészek egy saját tervezésű és kivitelezésű nyomtatott áramkörön foglalnak helyet. A mikrokontrolleren futó programot (firmware-t) a Microchip MPLAB fejlesztő-eszköz oktatási verziójával, C nyelven írtuk. A vezérlő egységet egy műanyag műszerházban helyeztük el, amelyet gyorscsatlakozóval fényképezőgép-állványra lehet rögzíteni. Az adatgyűjtő szoftvert egy Vye típusú érintőképernyős netbookon futtatjuk. Az adatgyűjtő-vezérlő egységet a 4. ábra, az összeállított műszeregyüttest az 5. ábra mutatja be.

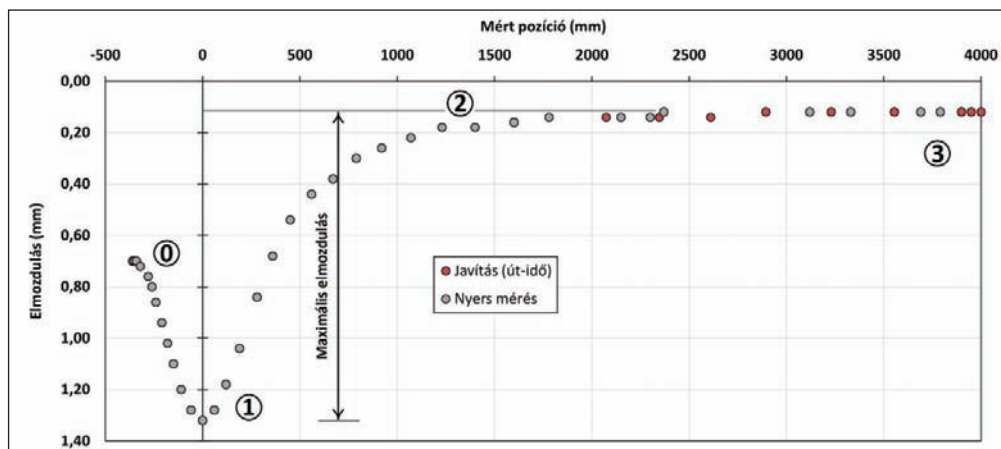
SZOFTVERELEMEK

A mérések terepi kivitelezésénél a netbookon futtatott program a vezérlést, a mért adatok előfeldolgozását és a mérési eredmények tárolását támogatja. A mérési eredmények irodai feldolgozásának támogatásához írt program az alábbi funkciókat nyújtja:

- a mérési adatsor kiegyenlítése;
- a behajlási teknő alakját jól leíró, a mechanikai számításoknak megfelelő függvény numerikus meghatározása;
- az illesztett függvények segítségével a behajlási teknő alakjára, illetve a teherbírásra jellemző paraméterek (behajlási teknő hossza, inflexió pont helye, minimális görbületi sugár, központi deformáció, alaktényező) meghatározása.

A mérési eredmények előfeldolgozása

Az Erdőfeltárási Tanszéken továbbfejlesztett kézi behajlasmérő általános ismertetése után célszerű a rögzített adatsorok tulajdonságait is áttekinteni. Az adatgyűjtő szoftver a mérések alatt rögzíti a digitális mérőórak által „leolvasott” elmozdulásokat (d), rögzíti a kerékterhelés pillanatnyi távolságát (x), valamint a mérés indítása óta eltelt időt (t). A rögzített behajlási teknő alakját az $f: x \rightarrow d$ függvénykapcsolat egyértelműen meghatározza (6. ábra).

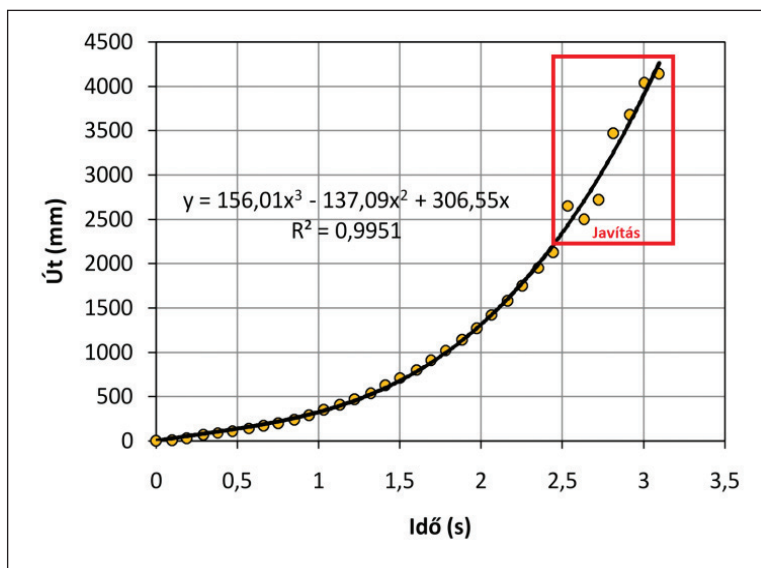


6. ábra: A behajlási teknő rögzített pontjai

Figure 6: Measured points of the deflection basin. Red dots represent corrected measurements

A nyers mérési adatsoron jól látható, hogy a mérés során a behajlásmérő csúcsa a kerék fel-fekvési vonala előtt helyezkedik el kb. 40-50 cm-re. A mérés indításakor a kerékterhelés hatására először a pályaszerkezet fokozatosan növekvő alakváltozást szenved (0-1), majd amikor a mérőcsúcs fölé ér, eléri az alakváltozás a maximumát (1). Ahogy a kerék továbbhalad a mérőcsúcson, a pályaszerkezet fokozatosan visszanyeri eredeti alakját (2-3). Az így kialakuló deformációs vonalat a mérőeszköz 5 m hosszan képes rögzíteni.

A nyers adatokon az is megfigyelhető, hogy azok határozott trend mellett kisebb-nagyobb mértékben ingadoznak, vagyis zaj terheli őket. A behajlási teknőt leíró adatpárok (x, d) mindkét tagját mérési hiba terheli, amelynek a mértéke az adott paramétert rögzítő szenzor jellemzőitől függ. A rögzített három paraméter közül az idő (t) mérése a legmegbízhatóbb, ezután következik az elmozdulás (d) , végül pedig a mozgó kerékterhelés (x) . A zajszűrést tehát az x paraméter vizsgálatával célszerű kezdeni. Az út-idő diagram az idő függvényében a kerékterhelés által megtett út szemléletes ábrázolása (7. ábra). Jól végigkövethető rajta, hogy a mozgó kerékterhelés folyamatos gyorsulást végez. A teljes terhelési idő 3 másodperc körüli, azaz a kerékesesség átlagosan 5 km/h. Ez az érték hasonló a Lacroix-mérőkocsik mérősebségéhez, ezért a mérés nem statikus, hanem kvázi statikus jellegű. Az is megfigyelhető, hogy az ultrahangos távmérő utolsó 5-10 rögzített értéke (pirosan keretezett rész) hibával terhelt, így azokat érdemes a teljes mérési sorra illesztett regressziós függvénnyel vagy spline görbével helyettesíteni. Ezzel a módszerrel viszonylag megbízhatóan lehetséges a távmérésből eredő hibákat kiszűrni és azokat javítani (lásd a 6. ábra javított értékeit).

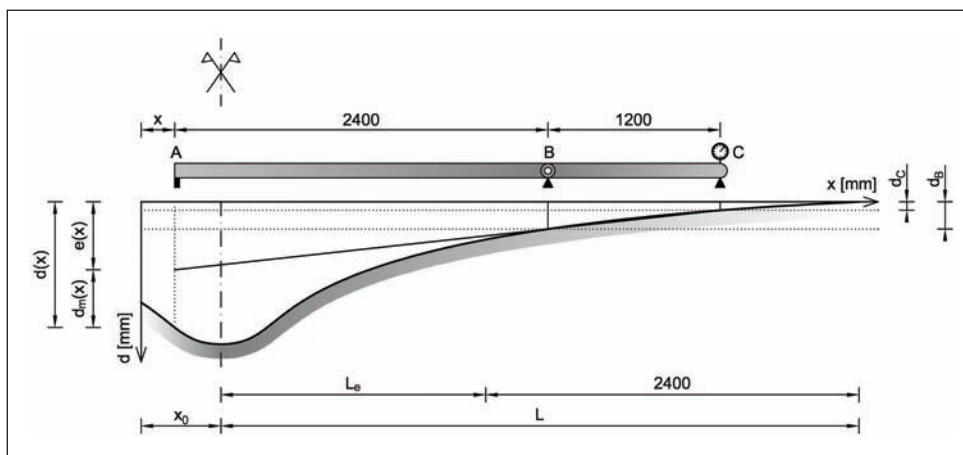


7. ábra: A továbbfejlesztett kézi behajlásmérő jellemző út-idő diagramja

Figure 7: Distance-time diagram of one measurement. Notice the measurement errors in the red box

A kézi behajlásmérők alátámasztásának elvileg olyan távol kell lennie a terhelt gumibroncsoktól, hogy az alátámasztás a pályaszerkezet mozgásában már ne vegyen részt. Ellenkező

esetben a mért értékeket ún. talphiba (e) terheli (8. ábra). Hazai viszonylatban is megerősített tapasztalatok alapján a vékony pályaszerkezeteknél az ebből származó hiba jelentős mértékű lehet (Kosztka 1978). A vázolt probléma miatt terjedtek el világszerte a 2:1 arányú mérőkarral rendelkező Benkelman-tartók. Az ilyen kialakítású berendezéseknél a mérőcsúcs (A) és a talppont (B) közötti távolság kétszerese a talppont (B) és a mérőóra (C) közötti távolságnak. Ez a túlnyújtás általában elég arra, hogy a lábak deformációmentes helyre kerüljenek, a műszer hossza pedig még nem befolyásolja a kezelhetőséget [Kosztka, 1986]. Minden ilyen irányú fejlesztés ellenére a talphibával továbbra is számolni kell, mivel annak mértéke a pályaszerkezetekre jellemző ún. együtdolgozó hossz nagyságától függ (Boromissza 1959). Ez az érték pedig igen tág határok között változhat.



8. ábra: A mérőkar alátámasztásából származó talphiba (e)
Figure 8: Measurement error caused by the deflection basin itself

A továbbfejlesztett kézi behajlászó a terhelés hatására kialakuló deformációs vonalat 5 m hosszon képes rögzíteni, így lehetőség nyílik a talphiba becslésére mérési pontonként:

$$e(x) = (d_B(x) - d_C(x)) \cdot \frac{3600}{1200} + d_C(x) = 3 \cdot d_B(x) - 2 \cdot d_C(x) \quad (1),$$

ahol:

$e(x)$: a mérőcsúctól x távolságban jelentkező talphiba mértéke (mm);

$d_B(x)$: a talppontonál mért elmozdulás (mm);

$d_C(x)$: a mérőóránál mért elmozdulás (mm);

3600 : a behajlászó teljes hossza (mm),

1200 : a behajlászó B és C pontjának távolsága (mm).



A talphiba figyelembevételére a behajlási teknő „Le” hosszúságú, talphibával terhelt szakaszán van szükség. A talphiba figyelembevételével számítható a lehajlási vonal x koordinátájú pontjának korrigált értéke:

$$d(x) = d_m(x) + e(x) \quad (2),$$

ahol:

$d(x)$: a behajlás értéke, ha a terhelés tengelye a mérőcsúcstól x távolságra helyezkedik el (mm);

$d_m(x)$: a mért behajlás a mérőcsúcstól x távolságra (mm);

$e(x)$: a mérőcsúcstól x távolságban jelentkező talphiba mértéke (mm).

A mérési eredmények értékelése

A terepi méréseket és az előfeldolgozást követően a mérési eredmények értékelésének első lépése, hogy a mért pontokra numerikus módon egy, a teknőalakot jól reprezentáló függvényt illesztünk:

$$d(x) = \frac{d_0 \cdot 4 \cdot r^2}{c \cdot x^2 + 4 \cdot r^2} = \frac{d_0}{c \cdot \left(\frac{x}{d}\right)^2 + 1} \quad (3),$$

ahol:

d_0 = a terhelt tárcsa alatti maximális behajlás (mm);

r = a terhelt tárcsa sugara (mm);

c = a behajlási teknő alakjára jellemző alaktényező;

x = a terhelés középpontjától való távolság (mm).

Az alkalmazott függvény előnyös tulajdonsága, hogy folytonosan differenciálható; az első és a második derivált is tetszőleges x helyen számítható. A függvény segítségével az összetett méréssorozatot (a behajlási teknőt) két mérőszámmal (D_0 , c) egyértelműen jellemezni tudjuk. A javasolt függvényalak részletes leírását Primusz és Tóth (2009) tárgyalja.

A burkolat merevségére jellemző mérőszámok

A behajlási teknő alakját leíró függvényt az $x = 0$ helyen érintő körív sugara zárt alakban számítható, a képlet az alábbi:

$$R_0 = \frac{2 \cdot r^2}{c \cdot D_0} \quad (4),$$

ahol:

R_0 = görbületi sugár (mm);

D_0 = a terhelés helyén mért maximális behajlás (mm);

r = az idealizált, kör alakú terhelési felület sugara (mm), értékét jellemzően 150 mm-re vesszük fel.

A minimális görbületi sugár a központi behajlás mellett egy, a burkolat alakváltozását könnyen értelmezhető módon leíró érték. Belátható, hogy ha a burkolatot az ismétlődő terhelések kis sugarú ív mentén hajlítják meg, akkor az hamarabb tönkremegy (fáradás). A minimális görbületi sugár és az aszfaltrétegek vastagságának ismeretében számíthatóvá válik az aszfalt réteg alsó szálának megnyúlása:

$$\varepsilon = \frac{h}{2 \cdot R} \quad (5),$$

ahol:

ε = az aszfaltrétegek alsó szálának megnyúlása (m/m);

h = kötött rétegek vastagsága (m);

R = görbületi sugár (m).

A megnyúlást általában μ strain-ben ($\mu\text{m/m}$) adjuk meg, ehhez a (m/m) dimenzióban kapott értéket 10^6 -al meg kell szorozni. A megnyúlás az aszfalt pályaszerkezeti rétegek fáradási tönkremenetelének egyik fontos paramétere, a burkolatok hátralévő élettartamának számításához nélkülözhetetlen. A behajlási teknő alakját leíró függvény inflexiós pontjának távolsága a terhelés helyétől mérve (merevségi sugár):

$$L = \frac{2 \cdot r}{\sqrt{3 \cdot c}} \quad (6)$$

ahol:

L = merevségi sugár (mm);

c = a behajlási teknő alakjára jellemző alaktényező;

r = az idealizált, kör alakú terhelési felület sugara (mm).

Az Erdőfeltárási Tanszéken a közelmúltban folytatott kutatások (Primusz és Markó 2010) kimutatták, hogy a merevségi sugár és a kohézióval rendelkező burkolati rétegek (aszfalt) vastagságának ismeretében számíthatóvá válnak a pályaszerkezet kötött rétegeinek (aszfalt), illetve az alatta elhelyezkedő nem kötött rétegek (alaprétegek + földmű) rugalmassági modulusai.

A módszer alkalmazása a hármastarjáni erdészeti feltáróúton

A továbbfejlesztett kézi behajlasmérő első gyakorlati alkalmazása a Kisalföldi Erdőgazdaság Zrt. Ravazdi Erdészetének hármastarjáni másodosztályú erdészeti feltáróútján valósult meg. A behajlasmérést mindkét keréknyomban 50 méterenkénti mintavételezéssel hajtottuk végre. A mérőeszköz prototípusa és a mérési eljárás egyaránt bizonyította, hogy alkalmas üzemszerű körülmények közötti használatra. A mérések időigényét vizsgálva megállapítható, hogy az eljárással 50 méterenkénti mintavételezéssel kb. 1 km hosszúságú útszakasz mérhető meg egy óra alatt.

A terepi méréseket követően a behajlásméréseket a korábban már bemutatott szoftverrel dolgoztuk fel. A mérési pontokban az alábbi paramétereket határoztuk meg:

- központi behajlás (D_0 , mm),
- behajlási teknő alaktényezője (c),
- minimális görbületi sugár (R , m),
- kötött rétegek rugalmassági modulusa (E_k , Mpa),
- nem kötött rétegek rugalmassági modulusa (E_{nk} , Mpa).

A mérési helyenként egyedileg meghatározott értékeket ezután a Tanszéken fejlesztett „RR” nevű programmal állapotértékelési hossz-szelvényen ábrázoltuk, majd az azonos állapotúnak tekintett homogén szakaszokat lehatároltuk. A homogén szakaszokra az előbbi paraméterek mértékadó értékét számítottuk, majd a további elemzéseket ezekkel az értékekkel folytattuk. Az állapotjelző paraméterek mértékadó értékeit a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat: *Állapotjelző paraméterek mértékadó értékei*
Table 2: *Calculated bearing capacity parameters of the studied avement*

| Homogén szakaszok határszelvénye | Központi behajlás | Görbületi sugár | Az aszfalt megnyúlása | Modulusok | |
|----------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| | | | | Kötött burkolati rétegek | Nem kötött burkolat + földmű |
| (hm) | D_0 (mm) | R (m) | ε (microstrain) | E_k (Mpa) | E_{nk} (Mpa) |
| 0+00 | 1,25 | 98 | 306 | 3620 | 84 |
| 2+25 | | | | | |
| 11+25 | 1,85 | 61 | 492 | 2390 | 64 |
| | 1,29 | 99 | 303 | 3660 | 99 |
| 21+75 | 1,26 | 64 | 469 | 1990 | 94 |
| 28+25 | | | | | |
| 31+75 | 0,89 | 107 | 280 | 3490 | 106 |
| | 1,1 | 72 | 417 | 2560 | 116 |
| 39+00 | | | | | |

ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

A mérőeszköz prototípusa és a mérési eljárás egyaránt bizonyította, hogy alkalmas üzemszerű körülmények közötti használatra. A mérések időigényét vizsgálva megállapítható, hogy az eljárással 50 méterenkénti mintavételezéssel egy óra alatt mintegy 1 km hosszúságú útszakasz mérhető meg.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmányban bemutatott fejlesztések létrejöttét a NymE-ERFARET Nonprofit Kft. és a Kisalföldi Erdőgazdaság Zrt. által 2010-ben megkötött kutatási-fejlesztési megállapodás tette lehetővé. Külön köszönet illeti Balázs László technikust valamint Kisfaludi Balázs és Biczó Balázs doktoranduszokat a terepi mérések során nyújtott segítségükért.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Anderson, S. 2008: Pavement Deflection Measurements Using the Geobeam. Mechanistic Design and Evaluation of Pavements, 2008 Workshop, link: <http://www.pavementanalysis.com>
- Boromisza T. 1959: Útburkolatok behajlása. Mélyépítéstudományi Szemle, 1959/12: 564-571.
- Dähnert, M. 2005: Messwertgestützte Ermittlung der Tragfähigkeit von bestehenden Strassen, Diplomarbeit, Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Verkehrsbau, 2005
- Kosztka M. 1978: Erdei utak pályaszerkezetének teherbírása. Kézirat. Erdészeti és faipari tudományos ülés, Budapest, 1978.
- Kosztka M. 1986: Erdészeti utak fenntartási rendszere. Kandidátusi értekezés. Sopron, 1986
- Kosztka M., Markó G.; Péterfalvi J.; Primusz P. és Tóth Cs. 2008: Erdészeti utak teherbírásának mérése. A Magyar Tudományos Akadémia, Agrártudományok Osztálya, Agrárműszaki Bizottság, XXXII. Kutatási és fejlesztési tanácskozás, 2008. január 22., Gödöllő, 2008. 32/3: 75–79.
- Péterfalvi J., Markó G. és Primusz P. 2010: Az erdészeti utak teherbírásmérési módszerének továbbfejlesztése a KAEG Zrt. hármastarjáni erdészeti útjának példáján. NymE-ERFARET Kutatási Jelentés, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet, Sopron, 2010.
- Primusz P. és Tóth Cs. 2009: A behajlási teknő geometriája. Közlekedésépítési Szemle, 2009/12 (59): 18–24,28.
- Primusz P. és Markó G. 2010: Kétrétegű pályaszerkezet-modellek paramétereinek meghatározása FWD mérések alapján. Közlekedésépítési Szemle, 2010/7 (60): 8–13.
- Tóth Cs. 2007: A teherbíró képesség meghatározásának ellentmondásai és lehetőségei. Közúti és Mélyépítési Szemle, 2007/8 (57): 13–20.

Érkezett: 2012. április 6.

Közlésre elfogadva: 2012. szeptember 3.



Vízhozammérés a Mátrában

A mátrai Csórréti-víztározó erdőszült vízgyűjtőjében az ERTI Ökológiai Osztálya az 1980-as évek végétől kezdődően végez szervesanyag- és vízforgalmi vizsgálatokat, melyek két részvízgyűjtőben 2003-tól vízhozammérésekkel is kiegészültek. A képeken a Nagylipót-folyás 170 ha-os vízgyűjtőjét mérő 1. sz. bukót látjuk: a felső képen 2009 márciusában, hóolvadás idején, míg az alsón 2012 júliusában, szárazon. Az eddig mintegy kilenc hidrológiai évet felölelő méréssorozat alapján a vízfolyás átlagos vízhozama 15 liter/mp. Az eddigi legnagyobb vízhozamot (2124 liter/mp) 2010 májusában mértük. Az átlagos vízhozam 16 cm, a maximum 89 cm-es vízmagasságnak felel meg, ami a bukóél második töréspontja felett még további 39 cm-t jelent.

Kép és szöveg: Manninger Miklós

A GÉPESÍTÉST BEFOLYÁSOLÓ TALAJJELLENÁLLÁS MEGHATÁROZÁSA ERDŐVEL BORÍTOTT TERÜLETEN „3T SYSTEM” RÉTEGINDIKÁTORRAL

Major Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin és Horváth Attila László

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet

Kivonat

Ma már a talajművelő gépek fejlesztése a talajok és azok jellemzőinek ismerete nélkül nem képzelhető el, ugyanakkor az irodalom áttekintése alapján megállapítottuk, hogy a gyökérrel átszőtt talajok fizikai-mechanikai tulajdonságait nem ismerjük.

Vizsgálataink közben ezért az erdei talajok mechanikai jellemzőinek megismerését tűztük ki célul, arra kerestük a választ, hogy a fák gyökerei milyen hatással vannak a talaj mechanikai jellemzőire, különös tekintettel a talajjellenállásra. Az összefüggések feltárásához talajjellenállás méréseket végeztünk 3T System rétegindikátorral.

A mérési adatokra matematikai statisztikai módszerekkel egy felületet illesztettünk, mely megadja a talajjellenállás-változás tendenciáját a faátmérő és a fától való távolság függvényében. A mérési adatok alapján kimutatható, hogy a fák 1–1,5 m-es környezetében a gyökérzet hatása miatt nagyobb a talajjellenállás. Azon fák gyökérzetének hatását a talajjellenállás változására nem tudtuk kimutatni, amelyek mellmagassági átmérője 30 cm-nél kisebb. A nagyobb átmérőjű egyedek esetében sem lehetett mindig ilyen összefüggéseket találni, ez elsősorban a szabadabb állásban lévő egyedek esetében sikerült.

Kulcsszavak: gépfejlesztés, tuskós területek, talajművelés, talaj-előkészítő gépek, penetrométer, talajjellenállás.

DETERMINATION OF THE MECHANIZATION-AFFECTING SOIL RESISTANCE AT FORESTED SITES USING THE „3T SYSTEM” ELECTRONIC SOIL LAYER INDICATOR

Abstract

The development and improvement of suitable soil cultivation machines is unfeasible without knowing the proper characteristics of the soils. After a detailed review of the applying scientific literature we have concluded that the physical-mechanical properties of forest soils with extensive root systems have hitherto been unidentified.

The goal of our research was to study the mechanical properties of forest soils, and to investigate the effect of the tree root system on these physical-mechanical characteristics, especially on the soil resistance. In order to reveal the interdependences we have performed several soil resistance measurements.



Using mechanical and statistical methods, we have fitted a surface to the measured data points, which can predict the changes of soil resistance as a function of the diameter of the trees and of the distance from the trees. According to our measurements it can be established that around the stems in a radius of 1-1,5 meters the higher soil resistance is caused by the presence of roots.

Key words: machine improvement, stumpy areas, soil cultivation, machines for soil preparation, penetrometer, soil resistance

BEVEZETÉS

Az elmúlt években egyre nagyobb hangsúlyt kapott a tuskós területek talajművelését biztosító műszaki megoldások fejlesztése (Horváth 1997, Horváth 1998), azonban a talaj-előkészítő gépek fejlesztése a talajok és azok jellemzőinek ismerete nélkül nem képzelhető el (Bánházi 1984, Mészáros és mtsai 1965, Rázsó 1958, Sitkei 1991).

A talaj mint háromfázisú polidiszperz rendszer szilárd, folyékony és légnemű anyagok különböző arányú keveréke, ezek egymáshoz való viszonya és eloszlása térben és időben változó (Sitkei 1986). A talaj nem jellemezhető egyetlen fizikai vagy mechanikai jellemzővel. A talajművelő gépek elsősorban a talaj fizikai sajátosságait változtatják meg, a munkaeszközre ugyanakkor visszahatnak a talaj mechanikai tulajdonságai (Sitkei 1967, Sitkei 1981). A talaj fizikai jellemzői közé többek között a szöveti és szerkezeti tulajdonságok tartoznak. A talajok mechanikai viselkedése alatt pedig azt értjük, hogy egy adott erőhatásra (nyomóerő, nyíróerő) a talaj milyen és mekkora deformációval válaszol. A mezőgazdaság szempontjából a mechanikai tulajdonságok a legfontosabbak.

A talajok bonyolult szerkezeti felépítése és inhomogenitása nagyon megnehezíti általános mechanikai törvényszerűségeik leírását és a helyes mechanikai jellemzők kiválasztását. A jelenleg használt talajjellemzők nem írják le minden körülmények között helyesen a talajok mechanikai viselkedését. A kísérletek eredményeiből nyert összefüggések nem általánosíthatók korlátozás nélkül (Kaifás 2006).

Az erdők területén további problémát okoz a gyökerek és tuskók jelenléte. A gyökerek jelenléte ugyanis a talaj szilárdságát jelentősen megnövelheti. Gray és Ohashi (1983) kimutatta, hogy a talaj terhelhetősége arányosan emelkedik a talajban található gyökérrostok koncentrációjával vagy összes keresztmetszetükkel. A gyökérrel jól átszőtt talaj 3-5-ször akkora nyíróerőt képes felvenni, mint a gyökerek nélküli talaj. Ziemer (1981) az Észak-Kaliforniában őshonos *Pinus contorta* gyökereivel végzett nyírókísérletek során a következő összefüggést állapította meg a nyírószilárdság és az 1 m³ földben található gyökerek kilogrammban kifejezett tömege között:

$$\tau = 3,13 + 3,31 \cdot m \quad (1)$$

ahol:

τ [N/mm²]: nyírószilárdság,

m [kg]: egy m³ földben található gyökerek tömege.

Az irodalom áttekintése alapján megállapítottuk, hogy az eddig feltárt paraméterek nem adnak felvilágosítást arra, hogy miként változik a talajnak a művelő-szerszámokkal szembeni ellenállása a benne lévő gyökerek hatására. Ismereteink a gyökérzet morfológiájáról, elhelyezkedéséről a talajban, elágazási sajátosságairól, növekedésének a környezeti tényezőkkel való összefüggéséről rendkívül hiányosak (Csiha és Keserű 2003, Kárász 1984; Kárász 1986, Köstler és mtsai 1968, Majer 1958, Majer 1961). Ezt a hiányt igyekeznek pótolni Führer és mtsai (2011), akik egy bükkös, egy gyertyános-kocsányos tölgyes és egy cseres faállományban végeztek gyökérfeltárást a gyökerek horizontális és vertikális kiterjedésének fafajonkénti értékeléséhez.

Az elmúlt évtizedekben a talajállapot jellemzésére kifejlesztették a talaj tömörödöttségét mérő műszereket, melyek – a mérési módszer azonossága mellett – más-más „mérőfejjel” készültek (Bánházi 2000). A penetrométerrel mért talajellenállás az egyik leggyakrabban alkalmazott módszer a talaj tömörödöttségének, a tömörödött rétegek mélységbeli elhelyezkedésének, valamint a talajfizikai állapot térbeli és időbeli változásának vizsgálatára. Számos kutató kimutatta a vizsgálatai alapján, hogy a penetrométerrel mért talajellenállás lényegesen érzékenyebb indikátor, mint az általánosan elterjedt térfogattömeg a talajtömörödés kifejezésére (Szöllősi és mtsai 2004).

A penetrométer a következő területeken használható:

- talajművelési eljárások és rendszerek hatásának vizsgálata;
- talajállapot-felmérés, a talajmélységi hibák megállapítása;
- különböző fizikai féleségű talajok jellemzése;
- talajnedvesség, talajvízforgalom mérése;
- növénytermesztési rendszerek, növényi sorrend hosszú távú talajellenállás-változásának megfigyelése.

A penetrométerek a mérőfej talajba hatolásának ellenállását rögzítik. A behatolási ellenállás értékével jellemzik a talaj tömörödöttségét. Az azonos térfogattömeg mellett mért különböző talajellenállás értékek segítségével a gyökerek hatása is kimutatható, a gyökerek ugyanis gátolják a behatoló szerszám előtt a talajszemcsék oldalirányú elmozdulását, emiatt nagyobb erő szükséges a szerszám talajba juttatásához.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálataink közben az erdei talajok egy mechanikai jellemzőjének megismerését tűztük ki célul. Arra kerestük a választ, hogy a fák gyökerei milyen hatással vannak a talaj mechanikai jellemzőire, azaz hogyan változik a talaj ellenállása a fafaj, az átmérő és a fától való távolság függvényében.

A gyökérzet elhelyezkedésének, hatásának megismerése gyökérfeltárással nagyon időigényes, ezért olyan módszert kerestünk, mellyel viszonylag gyorsan juthatunk megfelelő adatokhoz. Kézenfekvőnek tűnt, hogy talajellenállás-mérések eredményeiből következtessünk a gyökérzet hatására. Az ultrahanggal végzett vizsgálatok ugyan gyors és pontos eredményeket adnak a gyökerek elhelyezkedéséről, de megbízhatóan csak a 3 cm-nél vastagabb gyökereket lehet vele kimutatni (Divós és mtsai 2009).

Először próbavizsgálatokkal megállapítottuk, hogy a talajellenállás-mérésekből lehet-e következtetni a gyökerek elhelyezkedésére és a talajellenállásra gyakorolt hatásukra. A talajellenállás-

mérések elvégzése után a mérési eredmények helyességének ellenőrzésére gyökérfeltárást végeztünk (1. ábra). A feltárt gyökerekről fénykép készült, melyből a Digiterra Map segítségével ortofotót készítettünk. A mérési eredmények kiértékelése során a mért adatokat is a Digiterra Map térinformatikai szoftver segítségével készített 3 dimenziós modellre vittük fel, így lehetőség nyílt a programban az egymás fölött megnyitott rétegek (a mért adatok és a gyökerek elhelyezkedése) összevetésére. A próbavizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a gyökerek elhelyezkedése és a talajjellenállás változása között korreláció van, így a talajjellenállás-mérések alkalmasak a gyökérzet hatásának kimutatására. Ezt követően kezdtünk az érdemi mérésekhez.

A talajjellenállás-méréseket 3T System elektronikus rétegindikátorral végeztük, amely 1 cm-es talajrétegenként összetartozóan méri a talaj nedvességtartalmát és tömörségét. A talaj nedvességtartalmát a szabadföldi vízkapacitás (pF 2,5) %-ban kifejezett részarányaként térfigat %-ban adja meg. A talaj tömörödöttségét (penetrációját) a mérőkúp (60°, 12,5 mm átmérő) behatolási ellenállásának értékeként regisztrálja (kPa-ban). A mért adatokat tárolja, azok számítógépen kiértékelhetők.

A mérési helyeket a Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt. Soproni Erdészetének 79/B és 80/B erdőrészeleiben jelöltük ki. Az erdőrészelek adatait az 1. táblázat tartalmazza.

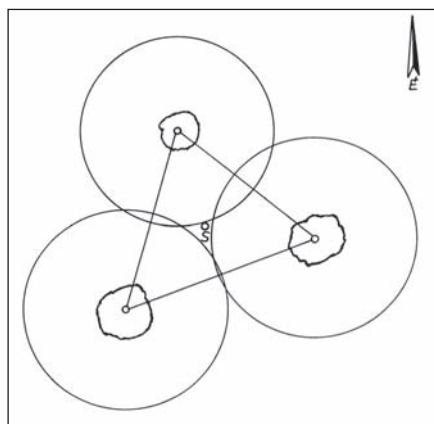


1. ábra: Gyökérfeltárás
Figure 1: Root excavation

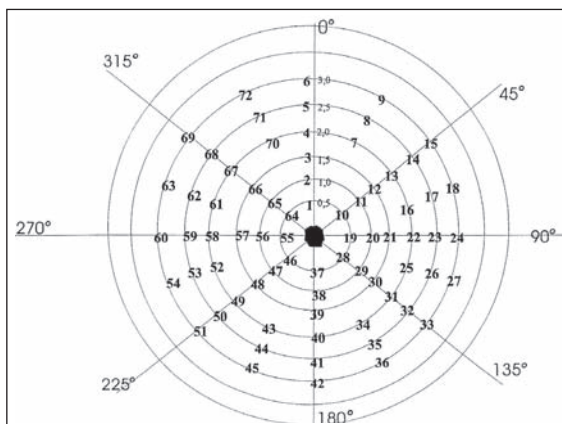
Egy mérési helyen három fát választottunk ki (2. ábra). A kiválasztott fák körül koncentrikus körök mentén a fáktól távolodva 0,5 m-enként 3,0 m távolsáig (6 körben 70 ponton) mértük a talajjellenállást. Hasonló adottságú, faállomány nélküli terület hiányában a három fa súlypontjában is végeztünk méréseket. Minden mérés pontos helyét meghatároztuk, így lehetőség van a mérések megismétlésére. A mérési pontok elhelyezkedése adott fa körül a 3. ábrán látható.

1. táblázat: A méréssel érintett erdőrészek adatai
Table 1: Data of measured subcompartments

| Jellemző | Erdőrészlet | |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|
| | 79/A | 80/B |
| Talajjellemzők: – genetikai talajtípus: – fizikai talajféleség: – hidrológiai viszony: – termőréteg-vastagság: | ABE vályog VFLEN IMÉ | ABE vályog VFLEN IMÉ |
| Faállomány-jellemzők: – fajaj: – kor [év]: – $d_{1,3}$ [cm]: – hektáronkénti törzsszám [db/ha]: | KTT, VF 109 42 132 | KTT, EF, GY, A 81 28 480 |



2. ábra: A mérési hely
Figure 2: Measuring spot



3. ábra: A mérési pontok elhelyezkedése
Figure 3: Location of measuring point

A méréseket nyolc mérési helyen összesen 24 faegyed körül végeztük. Ezeket úgy terveztük meg, hogy a területen található fák átmérő-intervallumát lefedjük. Mivel a fák törzsének jellemzésére az erdőgazdálkodásban a mellmagassági átmérőket használják, mi is ezt alkalmazzuk (táblázatok segítségével a tő- és mellmagassági átmérő egymásba átszámítható). Az elegyes állományban a mérési helyeket úgy jelöltük ki, hogy a mintákba csak kocsánytalan tölgyek kerüljenek.

A talajművelés a talaj felső 40 cm-es rétegét érinti. A fák gyökérzetének jelentős része is a talajfelszín közelében helyezkedik el. Irodalmi adatok szerint a gyökerek hosszának 65 – 85 %-a található a talaj felső 10 cm-én belül (Köstler és mtsai 1968). A műszer készítésénél ezeket a feltételeket figyelembe vették, így a műszer mérési tartományát kihasználva 40 cm mélységig mértünk.

A kiértékelést igen nagy számú (összesen 8x3x70, azaz 1680) mérés alapján végeztük, mivel a pontszerű mérések szórása igen nagy, a mérések pontosságát nagyban befolyásolja a talajban

előforduló kövek és a korábbi erdőnevelési célú fakitermelések idején kitermelt fák talajban lévő, még el nem korhadt gyökereinek jelenléte.

A 3T System mérőkészülék által rögzített adatokat ASC II fájlformátumba exportáltuk, majd Microsoft Exel program segítségével rendeztük, amit a statisztikai elemzés követett. Ehhez egy széleskörű, többváltozós függvények illesztésére is alkalmas, megfelelő grafikus megjelenítéssel bíró programcsomagot (STATISTICA) használtunk.

A talajellenállás-mérések mellett a mérési helyeken és a „súlypontokban” talajmintákat is vettünk. A mintákat a Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Karának Növényteni és Termőhelyismeret-tani Intézetének laboratóriumában teljes talajtani vizsgálatnak vetettük alá, többek közt meghatároztuk a talajminták porozitását, differenciál porozitását, agyagtartalmát. A talajminták teljes talajtani vizsgálatai során a talajok fizikai állapotára következtettünk. A talaj pórusteret nagyságának, valamint azon belül a különböző átmérőtartományú pórusok arányának leírására pF-vizsgálatokat végeztünk.

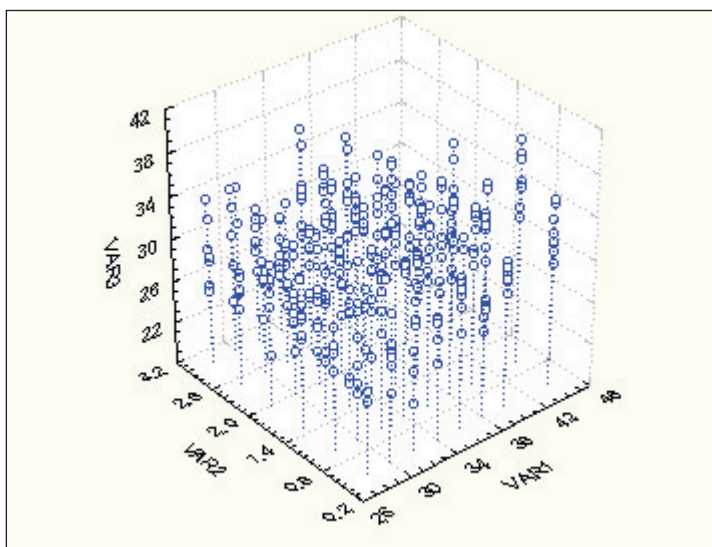
EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A statisztikai program segítségével korrelációanalízist és regressziószámítást végeztünk. A tényezők közti kapcsolat erősségét a *Pearson* korrelációs együtthatóval jellemeztük.

A mért talajellenállás értékek a 4. ábrán láthatók,

- ahol: *var1* változó az átmérőt,
var2 változó a fától való távolságot,
var3 változó a talajellenállást jelöli.

Az adathalmaz korrelációs mátrixát a 2. táblázat tartalmazza.



4. ábra: A mért talajellenállás-értékek
 Figure 4: Values of measured soil resistance

2. táblázat: A teljes adathalmaz korrelációs mátrixa
Table 2: Correlation matrix of the whole database

| | átmérő [cm] | távolság [m] | talajellenállás [100 kPa] | nedvességtartalom [tf %] |
|---------------------------|----------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|
| átmérő [cm] | 1,00 | 0,00 | 0,28 | 0,21 |
| távolság [m] | 0,00 | 1,00 | -0,23 | -0,19 |
| talajellenállás [100 kPa] | 0,28 | -0,23 | 1,00 | 0,52 |
| nedvességtartalom [tf %] | 0,21 | -0,19 | 0,52 | 1,00 |

A változókat páronként vizsgálva a korrelációs értékek arra utalnak, hogy vagy egyáltalán nincs, vagy csak nagyon gyenge a kapcsolat szorossága.

Ezek az értékek azonban nem zárják ki, hogy egy illesztett modell korrelációs együtthatója kedvezőbb értéket nem mutathatna.

A modell megalkotásához a fáktól azonos távolságra lévő mérési pontokon mért talajellenállás-értékeket átlagoltuk, majd a felület illesztése az átlagértékekre történt.

Az átlagértékek korrelációs mátrixát a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Az átlagértékek korrelációs mátrixa
Table 3: Correlation matrix of average values

| | átmérő [cm] | távolság [m] | talajellenállás [100 kPa] | nedvességtartalom [tf %] |
|---------------------------|----------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|
| átmérő [cm] | 1,00 | 0,00 | 0,40 | 0,20 |
| távolság [m] | 0,00 | 1,00 | -0,49 | -0,37 |
| talajellenállás [100 kPa] | 0,40 | -0,49 | 1,00 | 0,62 |
| nedvességtartalom [tf %] | 0,20 | -0,37 | 0,62 | 1,00 |

A felület illesztésénél a másodrendű felület egyenletéből indultunk ki, és ennek módosításával jutottunk a következő egyenlethez, melyet *Rosenbrock* és *quasi-Newton* iterációs módszerrel illesztettünk a ponthalmazra.

$$p = a_1 \cdot r^2 + a_2 \cdot d_{1,3}^2 + a_3 \cdot (r \cdot d_{1,3})^2 + a_4 \cdot d_{1,3} + a_5 \cdot r^{a_6} + a_7 \quad (2)$$

ahol: p [100 kPa]: a talajellenállás értéke,

r [m]: a fától való távolság,

$d_{1,3}$ [cm]: a faátmérő.

Az $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$ a modell együtthatóit jelöli, melynek értékeit a 4. táblázat tartalmazza.

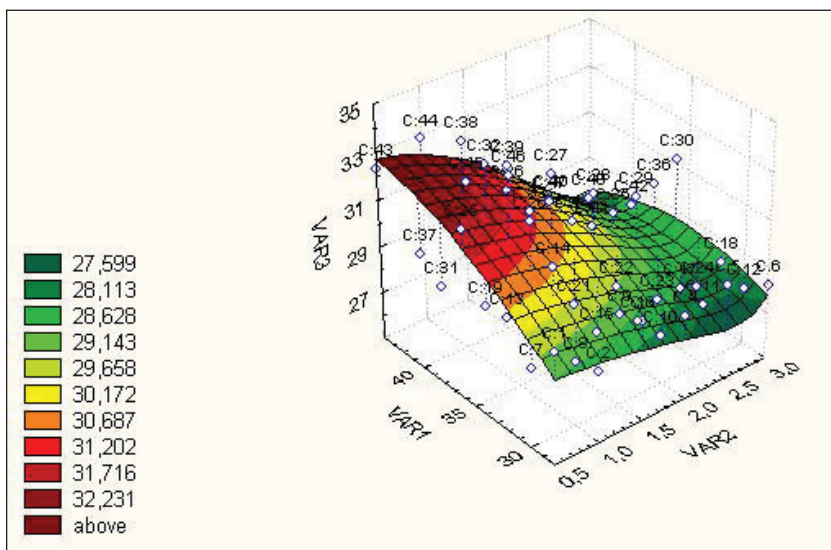
4. táblázat: A regressziós modell együtthatói
Table 4: Coefficients of the regression model

| a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | a_6 | a_7 |
|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,077571 | -0,011850 | -0,000443 | 1,121044 | 0,000002 | 12,53775 | 6,555678 |

A korrelációs együttható, mely a változók közti kapcsolat szorosságát jellemzi: $R = 0,72213$. Ez a mérési értékek jellege és felület illesztése miatt megfelelőnek mondható. Ennél jobb korrelációs érték csak az adatok további finomítása révén (pl. a közgazdaságtanban alkalmazott és már műszaki területen is elterjedt hármasszorzó átlagolással) érhető el.

Az alkalmazott regressziós modell fizikailag nem jellemzi a változók kapcsolatát, de megadja a változás tendenciáját, továbbá alkalmas arra, hogy segítségével interpolációt végezzünk. A kapott függvénybe helyettesítve az átmérő-, illetve a távolságvértékeket, kapjuk lépésenként a parciális függvényeket, melyek megadják az adott átmérő, illetve az adott távolság esetén a talajellenállás változását.

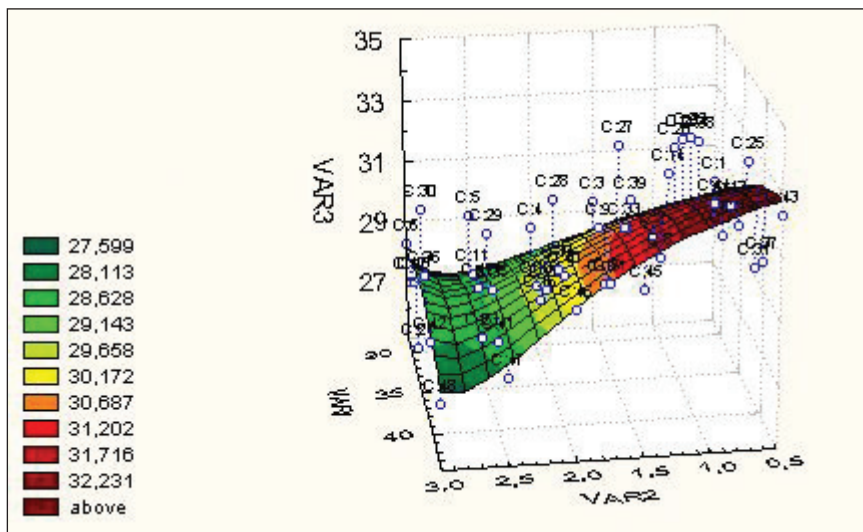
Az illesztett felület térbeli ábrázolása a pontthalmazokkal az 5. ábrán látható. A pontthalmaz, valamint a regressziós modell helyzetének bemutatására egy elforgatott helyzetű ábra is készült (6. ábra).



5. ábra: Az illesztett felület
Figure 5: Connected (fitted) surface

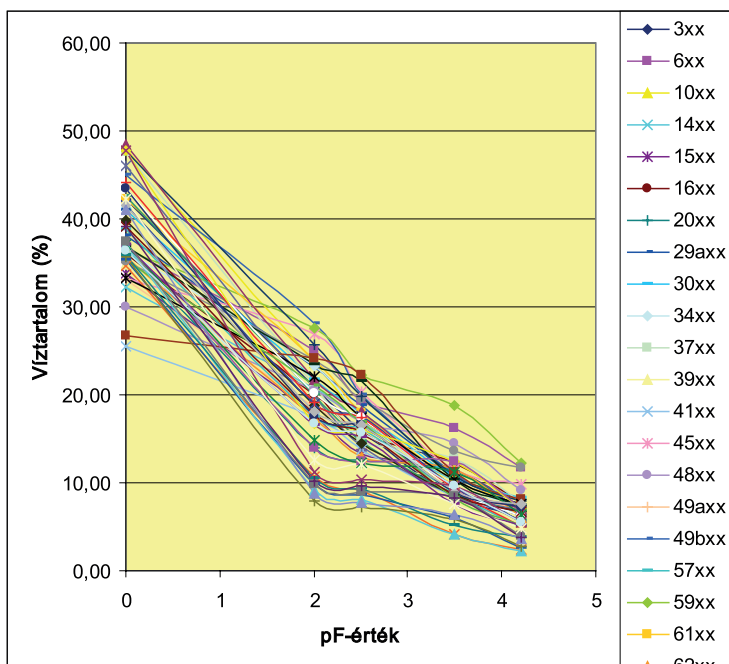
A mérési adatok alapján kimutatható, hogy a fák 1-1,5 m-es környezetében a gyökérzet hatása miatt nagyobb a talajellenállás. Kontrollterület hiányában nem tudjuk, hogy a fáktól 1,5 m-nél távolabb mért talajellenállás-értékek mennyivel nagyobbak a gyökér nélküli, ugyanilyen paraméterekkel rendelkező talajokhoz képest. Azon fák gyökérzetének hatását a talajellenállás változására nem tudtuk kimutatni, amelyek mellmagassági átmérője 30 cm-nél kisebb.

A nagyobb átmérőjű egyedek esetében sem lehetett mindig ilyen összefüggéseket találni, ez elsősorban a szabadabb állásban lévő egyedek esetében sikerült. A hektáronkénti törzsszámból egy faegyedre jutó 3 m sugarú elméleti növtér a fák véletlen elhelyezkedése miatt (a szomszédos fák hatására) sokszor jóval kisebb. Ilyen helyeken, illetve nagyobb hektáronkénti törzsszám esetén az erdőrészlet talaját egyenletesen benövő gyökerek miatt a talajellenállás viszonylag egyenletes.



6. ábra: Az elforgatott helyzetű illesztett felület
 Figure 6: Connected surface with a distorted position

A talaj pórustere nagyságának, valamint azon belül a különböző átmérotartományú pórusok arányának leírására pF-vizsgálatokat végeztünk. A pF-vizsgálatok összesített adatait a 7. ábra mutatja.

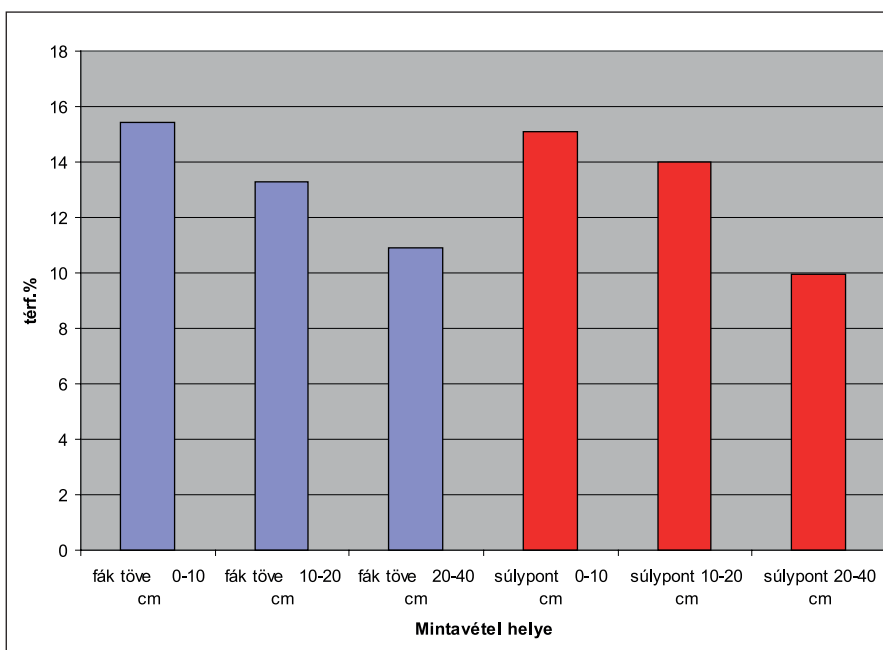


7. ábra: A talajtani vizsgálatok során nyert pF görbék
 Figure 7: The pF graphs obtained from the research of the soils

A fák közelében vett talajminták pórustere átlagosan 40,15%, 37,41% és 37,97% a 0-10 cm, 10-20 cm és 20-40 cm-es mélységekben, míg a két kontrollterület (súlypont) átlagában ugyan ezen értékek 41,21%, 34,94% és 38,42%. A térfogattömegek ugyanilyen sorrendben a fák átlagában 1,10 g/cm³, 1,22 g/cm³ és 1,21 g/cm³, a kontrollterületen pedig 1,02 g/cm³, 1,32 g/cm³ és 1,29 g/cm³.

A pórusterek nagysága a vártnak megfelelően mind a fák tövében, mind a súlypontokban a felszíntől lefelé a mélységgel csökken, míg a térfogattömegek épp ellenkezőleg, nőnek. Abszolút értékükben a talaj közepes tömörödöttségére utalnak, mind a fák tövében, mind a súlypontokban. A feltalaj lazább mivolta a feltalajban felhalmozódott szerves anyagnak és a talajállatok lazító tevékenységének köszönhető.

Az összporozításban nem mutatható ki különbség, amely azonban a pórustér átmérőeloszlásában (differenciálporozitás) megmutatkozhat. Ennek felülvizsgálatára összehasonlítottuk a diszponibilis víz számára rendelkezésre álló pórustérfogatokat (8. ábra).



8. ábra: A diszponibilis víztartalom az egyes mérési helyeken

Figure 8: The diszponibile (available) water content of the soil at the assigned locations

A diszponibilis (hasznosítható) víz vizsgálatával a vegetációs időszakban a növények számára felvehető víztartalmat jellemezzük. Ez a víz a kapilláris pórusterekben foglal helyet, tehát a differenciál porozitáson belül azt a pórustérméretet mutatja, amelyből a gyökerek a talajban tárolt vizet fel tudják venni.

A felső 10 cm-es rétegben található nagyobb diszponibilis víztartalom alapvetően a finom gyökereknek és a talaj organo-minerális komplexek hatásának tudható be. Az 1 m-es talajrétegre számolt hasznosítható víztartalom 120 mm közeli, mely víztartó képesség közepesnek minősíthető.

A fák közvetlen tövétől, illetve a kontrollterületről származó minták diszponibilis víztartalma sem mutat szignifikáns különbséget. A felső 10 cm-es humuszos réteg diszponibilis víztartalma a legnagyobb, ez 15% körüli, amely a mélységgel fokozatosan csökken.

A teljes talajtani vizsgálat és a talajellenállás-mérés eredményei között látszólag ellentmondás van, mivel a talaj tömörségében nem sikerült különbséget kimutatni a fák környezetében, illetve attól távolabb. Ugyanakkor a talajellenállás-értékekben ez a különbség kimutatható. Ennek oka, hogy a talajt intenzíven behálózó gyökerek gátolják a talajdeformációt és a talaj oldalirányú mozgását a talajba hatoló szerszám előtt.

Ezek az eredmények megerősítik a próbavizsgálatok során nyert következtetéseinket, melyek szerint a fák közelében a nagyobb talajellenállás-értékeket a gyökerek okozzák.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az irodalom áttekintése alapján megállapítottuk, hogy a gyökérrel átszótt talajok fizikai-mechanikai tulajdonságai nem ismertek. Ismereteink a gyökérzet morfológiájáról, elhelyezkedéséről a talajban, elágazási sajátosságairól, növekedésének a környezeti tényezőkkel való összefüggéséről rendkívül hiányosak. Az eddig feltárt paraméterek nem adnak felvilágosítást arra, miként változik a talajnak a művelő-szerszámokkal szembeni ellenállása a benne lévő gyökerek hatására.

Vizsgálatunk közben ezért az erdei talajok mechanikai jellemzőinek megismerését tűztük ki célul. Mivel a gyökérzet elhelyezkedésének, hatásának megismerése gyökérfeltárással nagyon időigényes, ezért olyan módszert kerestünk, amellyel viszonylag gyorsan juthatunk megfelelő adatokhoz. Penetrométeres talajellenállás-mérések eredményeiből következtettünk a gyökérzet hatására.

A mérési adatokra matematikai statisztikai módszerekkel egy felületet illesztettünk, amely megadja a talajellenállás-változás tendenciáját a faátmérő és a fától való távolság függvényében. A mérési adatok és az illesztett függvény alapján kimutatható, hogy a fák 1–1,5 m-es környezetében a gyökérzet hatása miatt nagyobb a talajellenállás. Azon fák gyökérzetének hatását a talajellenállás változására nem tudtuk kimutatni, amelyek mellmagassági átmérője 30 cm-nél kisebb. A nagyobb átmérőjű egyedek esetében sem lehetett mindig ilyen összefüggéseket találni, ez elsősorban a szabadabb állásban lévő egyedek esetében sikerült.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bánházi J. 2000: A talajtömorségről. *Mezőgazdasági Technika*, 5: 6-7.
- Bánházi J. szerk. 1984: A szántóföldi munkagépek működésének elméleti alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Csiha I. és Keserű Zs. 2003: Gyökérfeltárások tapasztalatai száraz, homoki termőhelyeken. *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap kiadványa, Kecskemét*. 56-63.
- Dívós, F.; Bejő, L. and Tóth, Á. 2009: Instrument supported Tree Evaluation. *Proceedings of the 16th International Symposium on Nondestructive Testing and Evaluation of Wood*. Published by Beijing Forestry University. pp.: 71-76



- Führer E.; Czupy Gy.; Kocsisné Antal J. és Jagodics A. 2011: Gyökérvizsgálatok bükkös, gyertyános–kosásnyos tölgyes és cseres faállományban. *Agrokémia és Talajtan*. 60 (1): 103–118
- Gray, D. H and Ohashi, H. 1983: Mechanics of fiber reinforcement in sand. *Journal of Geotechnical Engineering*, 109 (3): 335-353.
- Horváth B. 1997: Tuskózás nélküli erdőfelújítási technológiák gépesítése. V. Erdészeti Szakmai Konferencia (WOOD TECH) kiadványa, Sopron. 113-118.
- Horváth B. 1998: Erdészeti gépgyártás Magyarországon. *Profi Erdőgazda*, 1: 18-19
- Kaifás F. 2006: Talajok (szemcsés anyagok) szilárdsági tulajdonságainak vizsgálata. MTA Agrár-Műszaki Bizottság Kutatási és Fejlesztési Tanácskozásának kiadványa, Gödöllő. 299-305.
- Kárász I. 1984: Egy mérsékelt övi tölgyes cserjefajainak gyökérszerve. *Kandidátusi értekezés*, Eger. 110 p.
- Kárász I. 1986: Gyökérvizsgálatok Magyarországon. *Botanikai közlemények*, 3: 19-23.
- Köstler, J. N.; Brückner, E. und Biebelriether, H. 1968: *Die Wurzeln der Waldbäume*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Majer A. 1958: Bükk erdőtipusok gyökérszintvizsgálata. *Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Osztályának Közleményei*, 14: 117-134.
- Majer A. 1961: Gyökérösszenövés előfordulása és jelentősége. *Erdészeti Kutatások*, 57(1-3):165-186.
- Mészáros I.; Sitkei Gy. és Kégl J. 1965: A mezőgazdasági gépek vizsgálata. *Akadémiai Kiadó*, Budapest. 675 p.
- Rázsó I. szerk. 1958: *Mezőgazdasági gépek elmélete*. Tankönyvkiadó, Budapest. 471 p.
- Sitkei Gy. 1967: A mezőgazdasági gépek talajmechanikai problémái. *Akadémiai Kiadó*, Budapest. 192 p.
- Sitkei Gy. 1981: A mezőgazdasági anyagok mechanikája. *Akadémiai Kiadó*, Budapest. 462 p.
- Sitkei Gy. 1986: Mezőgazdasági és erdészeti járművek modellezése. *Akadémiai Kiadó*, Budapest. 86 p.
- Sitkei, Gy. 1991: Compaction of agricultural soils with viscoelastic behavior under confined and conditions. *Proceedings of 5th European Conference of the ISTV*, Budapest. 257-264.
- Szöllősi I; Kovács, Z. és Bíró D 2004: Agyagtalajok penetrációs értékei. MTA Agrárműszaki Bizottság Kutatási és Fejlesztési Tanácskozásának kiadványa, Gödöllő. 28, 1:134-138.
- Ziemer, R. R 1981: The role of the vegetation in the stability of forested slopes. *Proceedings of the International Union of Forestry Research Organizations, XVII World Congress, Kyoto, Japan*. Vol. I. 297-308.

*Érkezett: 2011. május 10.
Elfogadva: 2012. szeptember 3.*

FAHASZNÁLATI MUNKARENDSZEREK A XXI. SZÁZADBAN

Szakálosné Mátyás Katalin, Horváth Attila László és Major Tamás

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet

Kivonat

A hazai fakitermelési eljárások rendszerekbe való tudatos besorolása az 1970-es években kezdődött, és a század végére négy alapvető munkarendszert (teljes fás, hosszúfás, rövidfás, aprítéktermelési munkarendszer) dolgoztak ki. Napjaink dinamikus technikai, technológiai fejlődése, piaci és társadalmi igényei azonban teljesen újszerű fakitermelési megoldások bevezetését tették lehetővé, melyek az osztályozási rendszer újragondolását is szükségessé teszik. Napjainkra a négy „alapkivonat” mellett a követelményeknek megfelelő, további négy fakitermelési rendszert lehet meghatározni. Az osztályozás létrehozásának gondolati háttérét az adta, hogy ma már a korszerű gépesítettségnek köszönhetően beszélhetünk gallyazás nélküli (darabolt ágasfában, kötegben és aprítékban való termelés), illetve gallyazott részfás (szálfában, hosszúfában és rövidfában való termelés) munkarendszerekről. A munkarendszer altípusainak újragondolásának és jellemzésén túl szükségesnek láttuk az összehasonlító értékelésüket is - szubjektív módon pontozásos rendszerben -, ökológiai, ökonomiai és szociális szempontok alapján.

Kulcsszavak: fahasználat; munkarendszer, termelés

TREE UTILIZATION SYSTEMS IN THE XXI. CENTURY

Abstract

The classification of domestic loggings into working systems was carried out first in the 1970s and four systems have been worked out by the end of the century (Fulltree System, Tree Length System, Shortwood System, chipping method). The dynamic technical and technological developments of the present days as well as changing demands of the market and of the society necessitate the re-thinking of the current classification system. By the present days besides the four traditional logging systems four new systems have been defined according to the latest requirements. The theoretical background of the establishment of this new categorisation was the fact that nowadays, due to the enhanced rate of mechanization, loggings can be categorized either into systems with debranching (tree-length system, long-length system, shortwood system) or into systems without debranching (production with cutting-up the whole branchy stem, bundling, chipping). Besides the re-categorisation and characterisation of logging subsystems we have also carried out their comparative evaluation using a subjective point system regarding ecological, economical and social aspects.

Keywords: tree utilization, tree harvesting working systems, production

BEVEZETÉS

A többcélú erdőgazdálkodás a tartamosság célháromszögében dolgozik, amelyet az ökológia, ökonómia és a szociális biztonság egyenjogú sarokpontjai jellemeznek (Dummel 2001).

Az erdő sokoldalú hasznosítása a gazdasági elvárások és a társadalom szigorú ítélkezése közepette zajlik, ezért rendkívül fontos a fahasználati munkák rendszerszemléletű tervezése és végrehajtása, amely a munkarendszerek alkalmazásán keresztül valósulhat meg.

Hiller és Pankotai (1973) szerint a fakitermelési munkarendszer fogalma a következő:

„Fakitermelési műveletek és az anyagmozgatás sorrendjét, helyét ill. kapcsolódását meghatározó fogalom, tehát az egész fahasználatot átfogó keret, melyet az adottságok szerint kell megválasztani, de amely egyúttal megszabja a munkaerő, a technikai felszerelés minőségét és mennyiségét is. A munkarendszerekre legmeghatározóbb, hogy a fatörzs felkészítését, ill. a felkészítés egyes műveleteit hol végezzük el, mivel ez eldönti azt is, hogy a fa az anyagmozgatás egyes fázisaiban milyen állapotba kerül, így meghatározó az anyagmozgatással szemben támasztott igényekre. A technológiai műveletek (gallyazás, kérgezés, darabolás, hasítás) helyének megválasztása az ott koncentrálható anyag mennyiségére van kihatással, ami döntő a technológiai műveletek végzésére gazdaságosan alkalmazható gépek kiválasztására.”

A hazai fakitermelési eljárások rendszerekbe való tudatos besorolása az 1970-es években kezdődött, és az évtized végére négy alapvető munkarendszert (teljes fás, hosszúfás, rövidfás, aprítéktermelési munkarendszer) dolgoztak ki. Napjaink dinamikus technikai, technológiai fejlődése, piaci és társadalmi igényei azonban teljesen újszerű fakitermelési megoldások bevezetését tették lehetővé, melyek az osztályozási rendszer újragondolását is szükségessé teszik.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A magyarországi és nemzetközi szakirodalom áttanulmányozásával, elemzésével vizsgáltuk a fakitermelési munkarendszerek osztályozási lehetőségeit. A fakitermelések térbeli rendjének, technológiájának megfigyelése és a fejlődő gépesítési színvonalnak megfelelő munkaszervezési lehetőségek kutatása vezetett egy újszerű, szintetizáló osztályozási rendszer kialakításához.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITÁTÁSUK

A fahasználati munkarendszerek osztályozása külföldön az 1950-es években meginduló gépesítés nyomán, a jellemző gép szerinti osztályozással kezdődött el. Így motorfűrész, később csuklós traktoros és kötélदारus, majd a 60-as évektől processzoros és felkészítőtelepi módszereket különböztettek meg.

A munkarendszer konkrét géptípusokkal való megnevezése nem bizonyult hosszú távon elfogadhatónak, mert az egyes típusok viszonylag gyorsan elavultak. (Ellentétben a hazai szakmai köznyelv által használatos kifejezésekkel: „LKT-s technológia, forwarderes termelés”.)

Előfordultak a gépesítettség fokára utaló, különböző számú csoportokat képző osztályozások is, melyekből mára egy négyfokozatú osztályozás maradt meg. Az 1972. évi Buenos Airesben

megrendezett erdészeti világtalálkozón az erdészetre nézve is elfogadták a termelési folyamatok King szerinti technikai osztályozását: kézi eszközös termelés, műveletgépesítés, folyamatgépesítés és automatizált termelés (Szász 1982).

Hasonló az ausztriai osztályozási szisztéma, csupán az eltérő élőmunka-felhasználás kimutatása céljából használják a „nem gépesített, részben gépesített, magasan gépesített és teljesen gépesített rendszerek” megnevezést.

Az Erdészeti Kutatóintézetek Nemzetközi Szervezete (IUFRO) a fa közelítés, ill. szállítás közbeni állapota (hossza és feldolgozottsága) alapján történő felosztást használja, amely szerint (Gólya 2003):

- rövidfás rendszer (Shortwood System; Kurzholzsystem): a fát a tő mellett rövid hosszakra vágják, majd ebben a formában közelítik és szállítják feldolgozásra;
- hosszúfás v. szálfás rendszer (Tree Length System; Rohschaftverfahren): az állományban a döntést követően csak a gallyazást és a csúcslevágást végzik el, a közelítés és a szállítás hosszú állapotban történik, a felkészítést vagy ideiglenes erdei felkészítő helyeken vagy a feldolgozó üzem fogadóterén végzik;
- teljesfás rendszer (Full-Tree System; Vollbaumsystem): döntés után a koronával együtt közelítik a teljes fát, a felkészítés az előbbihez hasonlóan történik;
- egészfás rendszer (Whole-Tree-System; Ganzbaumsystem): a tuskót és a gyökereket is hasznosító rendszer.

A Staaf és Wiksten (1984) által kialakított munkarendszer-felosztást Owende (2004) csak kisebb nevezéktani módosításokkal tárgyalja:

- Assortment method / Cut-to-length (CTL) (*tő melletti hosszravágásos vagy választéktermeléses módszer*)
- Tree length (trunk) method / Full-pole method (*szálfás módszer*)
- Tree method / Whole-tree method (*teljesfás módszer*)
- Tree-part method (*részfás módszer*)
- Chip method / Chipping method (*aprításos módszer*).

Jörn Erler (2000) a munkarendszerek osztályozását a munkaműveletek elvégzésének helyszíne és a közelített faanyagok hossza alapján végezte el (1. táblázat).

A Croatian Journal of Forest Engineeringben Heinimann (2007) – Hedbringre (1968) mint az első névadóra hivatkozva – három fakitermelési munkarendszert említ (cut to length, tree length, full tree).

1. táblázat: Erler munkarendszer-megnevezései
Table 1: Erler's harvesting working systems

| | |
|---|---|
| Ganzbaumverfahren (egészfás folyamat) | Langholzverfahren (hosszúfás folyamat) |
| Vollbaumverfahren (teljesfás folyamat) | |
| Rohschaftverfahren (szálfás folyamat) | |
| Sortimentverfahren (választékos folyamat): | |
| Langholzsorten (hosszú választék) | Kurzholzverfahren (rövidfás folyamat) |
| Kurzholzsorten (rövid választék) | |
| Hackschnitzelverfahren (aprítékos folyamat) | Schüttgutverfahren (ömlesztéses folyamat) |



A hazai fakitermelési munkarendszerek megkülönböztetése (Hiller és Pankotai 1973, Káldy 1976, Bondor 1978a,b, Herpay és Rumpf 1978, Rumpf 1983, Gólya 2003) alapvetően a szerint történik, hogy a faanyag (az anyagmozgatás tárgya) a közelítés közben milyen állapotban van. Az alábbi munkarendszereket különítették el:

- teljesfás munkarendszer
- hosszúfás munkarendszer
- rövidfás munkarendszer
- aprítéktermelési munkarendszer.

A '80-as évektől említik a „kombinált munkarendszert”, amely az addigi munkarendszerek valamilyen együttesének (pl. rövidfás és aprítékos) alkalmazása.

A felkészítési munkák térbeli koncentrációjának helye alapján három rendszert alakítottak ki:

- tő melletti: a felkészítés a vágásterületen vagy a közelítőnyomokon történik;
- felkészítőhelyi: a felkészítés az erdei utakon vagy azok mellett, ideiglenesen kialakított helyeken történik;
- telepi: a felkészítés többé-kevésbé kiépített telepeken történik (felső és alsó telep).

(Megjegyezzük, hogy Magyarországon Herpay és Rumpf (1978) nyomán a munkarendszer-változatokat különítjük el a faanyag felkészítési helye szerint.)

Pankotai (1974) választékban való termelést, hosszúfás termelést, teljesfában való termelést és aprítékban való termelést különített el.

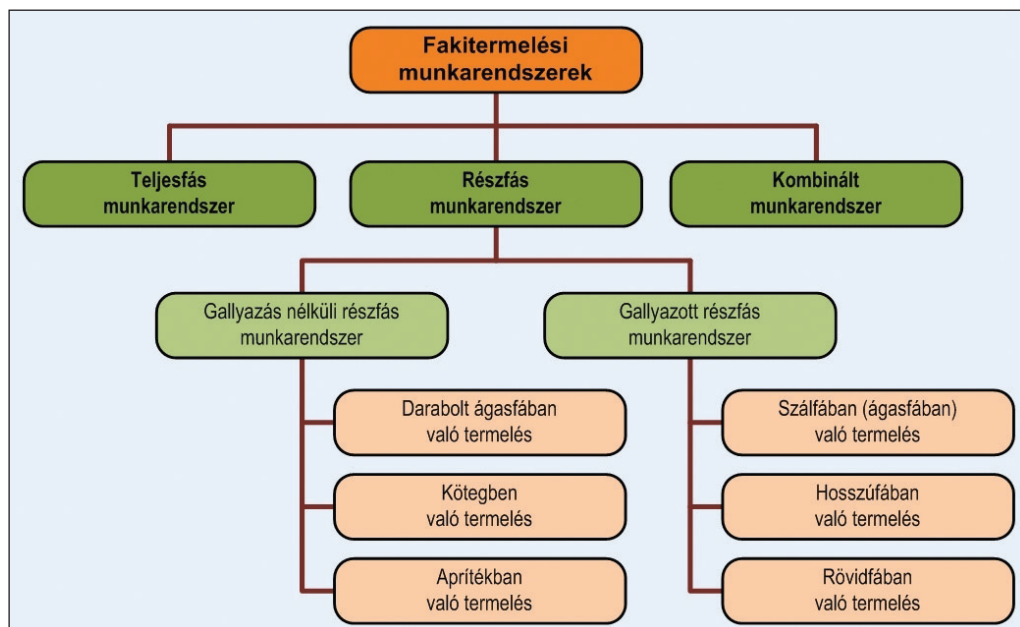
Temesi (1979) a faanyag felkészítési helye alapján négy munkarendszert nevezett meg:

- vágástéri felkészítéses munkarendszer
- felső vagy közbelső rakodói felkészítéses munkarendszer
- központi manipulációs telepi felkészítéses munkarendszer
- kombinált munkarendszer.

Szász Tibor az előzőektől eltérő személetű rendszert dolgozott ki. Az egyes munkarendszereket aszerint javasolja megnevezni, hogy a tőtől az alsó rakodóig milyen különböző formákban jelenik meg a faanyag az anyagmozgatás különböző szakaszaiban. A megnevezés nem utal konkrétan az anyagmozgatási műveletekre, csupán az egyre magasabb készütségi fokon továbbított választékok felsorolásával jellemzi a felkészítési helyeken végrehajtott műveleteket. Két fő csoportot alakított ki (Rumpf 1985):

1. Teljesfát hasznosító munkarendszerek, melyek a teljes vágáslap feletti dendromasszát dolgozzák fel. A csoportban 9 db munkarendszert különített el. Néhány példa a teljesség igénye nélkül:
 - aprítékot termelő munkarendszer
 - teljesfából aprítékot és hosszúfát termelő munkarendszer
 - teljesfából aprítékot és hosszúfát, a hosszúfából választékot termelő munkarendszer.
2. Vastagfát hasznosító munkarendszerek, melyek csak az 5 cm átmérő feletti farészeket dolgozzák fel. 11 db munkarendszert tárgyal a csoportban. Néhány példa:
 - választékot termelő munkarendszer
 - hosszúfából választékot termelő munkarendszer
 - ágasfából választékot és hosszúfát termelő munkarendszer
 - teljesfából választékot és hosszúfát, a hosszúfából választékot termelő munkarendszer.

Napjainkra a négy „alpmunkarendszer” mellett az új követelményeknek megfelelő, további fakitermelési rendszerek kialakítása lehetséges. Az újszerű osztályozás (1. ábra) létrehozásának alapját az adta, hogy ma már a korszerű technikai háttérnek köszönhetően létjogosultságuk van az ún. gallyazás nélküli részfás munkarendszereknek. Ebbe a kategóriába tartozik a darabolt ágasfában, a kötegben és az aprítékban történő közelítés.



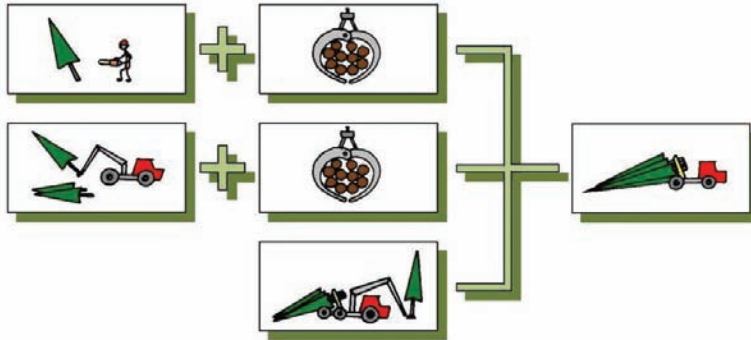
1. ábra: Fakitermelési munkarendszerek
Figure 1: Tree harvesting working systems

A rendszer átláthatósága érdekében a továbbiakban a munkarendszerek leírására szorítokunk, és bemutatjuk azok műveleti sorrendjét, valamint az azokhoz rendelhető gépeket. Nem szabad megfeledkezni azonban arról, hogy természetesen az egyes munkarendszereknek különböző változatai különíthetők el a faanyag felkészítési helyének függvényében.

Teljesfás munkarendszer

A teljesfás munkarendszer lényeges jellemzője, hogy a vágásterületről a közelítés teljesfában (koronával együtt) történik. Kis koronájú fák kitermelésénél, vagy fenyves és lombos állományok gyérítési munkáinál alkalmazhatjuk gazdaságosan. Nagyobb koronájú fák közelítése csak újulat nélküli tarvágásokban valósítható meg, bár ez esetben jelentős talajkárosítással és magasabb fajlagos közelítési költséggel kell számolnunk. A vékonyfa vágástéri apadékként történő hasznosítása esetén előnyös ez a munkarendszer. A teljesfák gallyazása, választékolása, darabolása felső felkészítőhelyen (felső rakodó), felső felkészítőtelepen (közbenső rakodó), ill. alsó felkészítőtelepen (alsó rakodó) történhet. A döntés motorfűrészrel vagy döntő-rakásoló géppel hajtható végre (2. ábra). A teljesfákat csőrلός, markolós vagy szorítózsámolyos vonszolók

közelítik a rakodóra, ahol motorfűrészszel vagy gallyazó-daraboló processzorral történik a fák felkészítése (Herpay és Rumpf 1978). A döntés, közelítés kombinált gépekkel is megoldható (pl.: szorítózsámolyos döntő-közelítő, döntőfejrel szerelt kihordó).



2. ábra: Teljesfás munkarendszer
Figure 2: Full-tree working system

Részfás munkarendszer

A részfás munkarendszerbe sorolás alapja, hogy a közelített faanyag milyen hasonlóságot mutat a faegyed földfeletti dendromasszájával. A vágáslap feletti faanyag részének tekintendő az elődarabolt gallyazatlan és gallyazott hengeresfa, választék, köteg és az apríték. A gallyazás munkaművelete alapján két nagy csoport, a gallyazás nélküli részfás munkarendszer és a gallyazott részfás munkarendszer különíthető el. A gallyazás nélküli csoportban a gallyazás munkaműveletének kihagyásával valósul meg a fa elődarabolása, darabolása; míg a gallyazott csoportban értelemszerűen az elődarabolást, darabolást megelőzően megtörténik a faanyag gallyazása.

A gallyazás nélküli részfás munkarendszer változatai

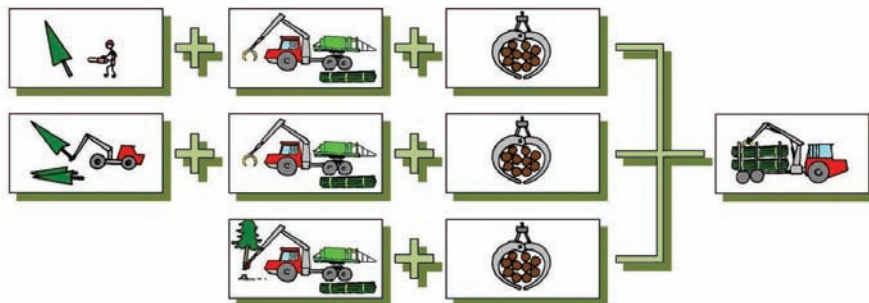
Darabolt ágasfában való termelés

Gallyazás nélküli elődarabolás, darabolás következtében a kidöntött fából darabolt ágasfa keletkezik. A külföldi szakirodalomban – nyomokban – fellelhető „tree-part method” elnevezéssel szereplő fakitermelési módszert az 1980-as évek környékén fenyvesállományok (Svédország) fahasználatához, a felvásárló piaci igényeknek (pl. papíripar, vegyipar) megfelelően alakították ki.

Fenyvesállományok gyérítése során az egyes fák döntését motorfűrészszel hajtották végre. Az előközelítést csörlős vagy nagy gémkinyúlású darus erőgéppel végezték el. A közelítőnyom szélén rakásolt teljesfákat 5,0–5,5 m hosszúságúra darabolták manipulátorkarra szerelt daraboló adapterrel. Az darabolt ágasfákat kihordóval közelítették a rakodóra (Staaf 1984).

Véghasználati fakitermelések alkalmával a faegyedek döntését nemcsak motorfűrészszel, hanem döntő-rakásoló gépekkel is végezték. A teljesfák gallyazás nélküli darabolását és közeli-

A kötegben való termelés olyan fahasználati tevékenység, amelyben egyetlen választék keletkezik. Ez esetben az előállított választék a kötegelt faanyag (vékonyfa), azaz a köteg. A kötegeket a vágásterületen mozgó gép állítja elő (4. ábra).



4. ábra: Kötegben való termelés
Figure 4: Baling of full trees working system

A kitermelendő faegyed döntése kézi (motorfűrész) ill. gépi (döntő-rakásoló, döntő-kötegelő) úton is történhet. A tőtől elválasztott fákból vékonyfa-kötegelő géppel tömör, több faegyed különböző részeit (csúcs, korona, törzs) eltérő hosszúságban tartalmazó, henger formájúra kötözött, adott méretre darabolt egységek, ún. kötegek kialakítására kerül sor. A kötegek átlagosan 70–80 cm átmérőjűek és 2,0–3,0 m hosszúságúak.

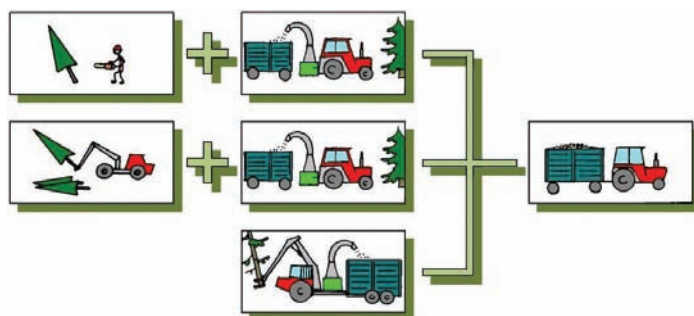
A gépesítettség legmagasabb fokát képviselő döntő-kötegelő (Valmet-Fixteri, Logman-Fixteri) egy olyan speciális erdészeti gép, amely a tőelválasztást és a kötegelést egyszerre képes elvégezni. A gépkezelő a manipulátorkarra szerelt döntőfej segítségével elvégzi a kiválasztott faegyedek tőtől való elválasztását. A kivágott fát – gallyazás és darabolás nélkül – a daru segítségével a kötegelő adapter behúzó hengerei közé helyezi. A behúzó hengerek továbbítják a faanyagot a kötegelő térbe, eközben a vágó egység többé-kevésbé azonos hosszúságú darabokat készít belőle. Miután megtelt a kötegelő tér, a kötegelő részleg tömöríti, és zsinegek segítségével rögzíti a köteg anyagát, adott átmérővel. A kötegelést követően a kész köteg a földre esik. Az adapter teljesen automatikusan működik, így a méretre rögzítés (a konkrét kötegelés) ideje alatt a gépkezelő már ismételten elkezdheti a kötegelő tér feltöltését. A gépkezelőnek csak a fa döntését és a behúzó hengerekhez történő előközelítést kell irányítania. A kötegek közelítése kihordóval, kihordó szerelvényvel történik.

Magyarországon fenyvesek első törzskiválasztó gyérítése során, ill. energetikai ültetvények többtagú gépi betakarításánál hasznosítható ez a változat.

Aprítékban való termelés

Aprítékban való termelésnek a szakirodalom azt a rendszert nevezi, amikor az egyetlen választéknak, az aprítéknak a termelése a vágásterületen mozgó gépcsoporttal történik (tő mellett vagy előközelítés után, pl. közelítő nyomon) (Herpay és Rumpf 1978).

A fák döntése elvégezhető motorfűrészsel vagy döntőgéppel. Motorfűrészes döntés esetén a jobb aprítási teljesítmény elérése érdekében előnyös a fekvő teljesfák előközelítése a közelítőnyomokhoz. A vágásterületen mozgó mobil aprítógép végrehajtja az aprítást. Az előállított apríték egy másik erőgép által vagy saját maga által vontatott pótkocsira, ill. konténeres mobil aprítógép esetében annak saját konténerébe kerül. A kitermelt faanyag közelítése apríték formájában történik. Minden olyan további esetben, amikor a termelés folyamatába aprítás épül be, akkor már kombinált munkarendszerről beszélünk.

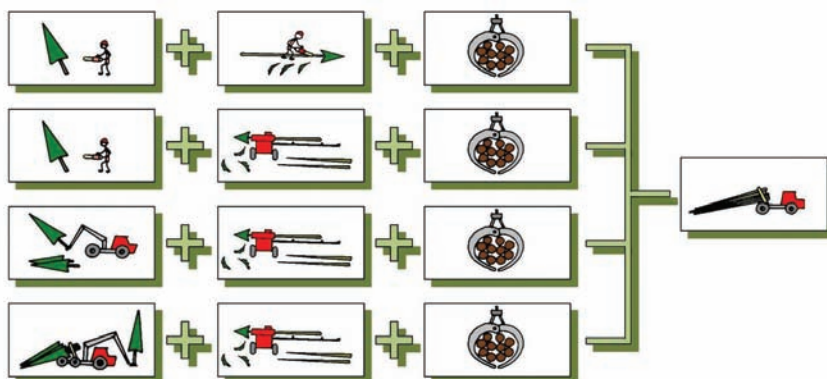


5. ábra: Aprítékban való termelés
Figure 5: Chipping working system

A gallyazott részfás munkarendszer változatai

Szálfában (ágasfában) való termelés

A szálfában való termelés esetében a vágásterületen csak a döntés-gallyazás-közelítés műveleteit végzik, míg a darabolás-felkészítés stb. elvégzésére felső felkészítőhelyen, felső felkészítőtelepen, ill. alsó felkészítőtelepen kerül sor (Herpay és Rumpf 1978).



6. ábra: Szálfában (ágasfában) való termelés
Figure 6: Timber-tree working system

A döntés végrehajtható – a gépesítettség mértékének függvényében – motorfűrészsel, döntő-rakásolóval vagy döntő-előkészítő géppel (6. ábra). Fenyőállományok esetében a földön fekvő fát teljes hosszában – kézi (motorfűrész) vagy gépi úton (gallyazógép) – megtisztítják az oldal-ágaktól és az elvékonyodott csúcsrésztől. Az így kapott részfa a szálfá, melyet vonszolóval (csör-lős, markolós, szorítózsámolyos) közelítünk a rakodóra. Lombosállományok esetében a kidöntött teljesfáról motorfűrészsel az 5 cm-nél vékonyabb koronarészeket (gallyakat) leválasztva jutunk az ún. ágasfához, melynek közelítése szintén vonszolókkal oldható meg.

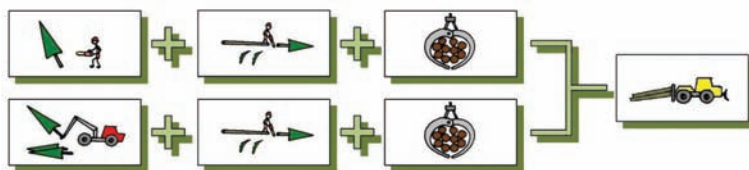
A rakodás és szállítás gépeinek korlátozott teherbírása, hosszirányú kötöttsége, ill. az útjellem-zők által behatárolt hossz méretek miatt korlátozott lehet a munkarendszer alkalmazása, az újulat megjelenése miatt pedig kizárható. Szálfás közelítés esetén gyérítésekben a közelítőnyomok mellett tömeges tősérülések megjelenése várható (Herpay és Rumpf 1978).

Leggazdaságosabban a 20–40 cm mellmagassági átmérőjű B, GY, CS, T és A állományok-ban, véghasználatokban és 30–50 m³/ha-nál erősebb gyérítésekben lehet alkalmazni (Herpay és Rumpf 1978).

Hosszúfában való termelés

A szálfában való termelés tulajdonképpen egy tágabban értelmezett hosszúfás termelés. Szűkebb értelemben vett hosszúfás termelés esetében a közelítést megelőzi az elődarabolás is. Az elődarabolás viszonylag alacsony időigénye miatt a hagyományos kategorizálás a szálfás változatot is a hosszúfás munkarendszeren belül tárgyalja. Az elődarabolás következtében a munkarendszer könnyebben illeszthető a gépparkhoz, az állomány- és útviszonyokhoz. A 6–7 m-esre elődarabolt hengeresfa emelve történő közelítése (forwarder, kötélpálya) meggátolja a tősérüléseket, újulat- és talajkárokat. A terület intenzív feltárása esetén csör-lős vonszolóval is elvégezhető a közelítés (7. ábra).

Ez a fakitermelési megoldás rendelkezett korábban a legnagyobb műszaki és ökonómiai lét-jogosultsággal hazai és világviszonylatban is (Herpay és Rumpf 1978).

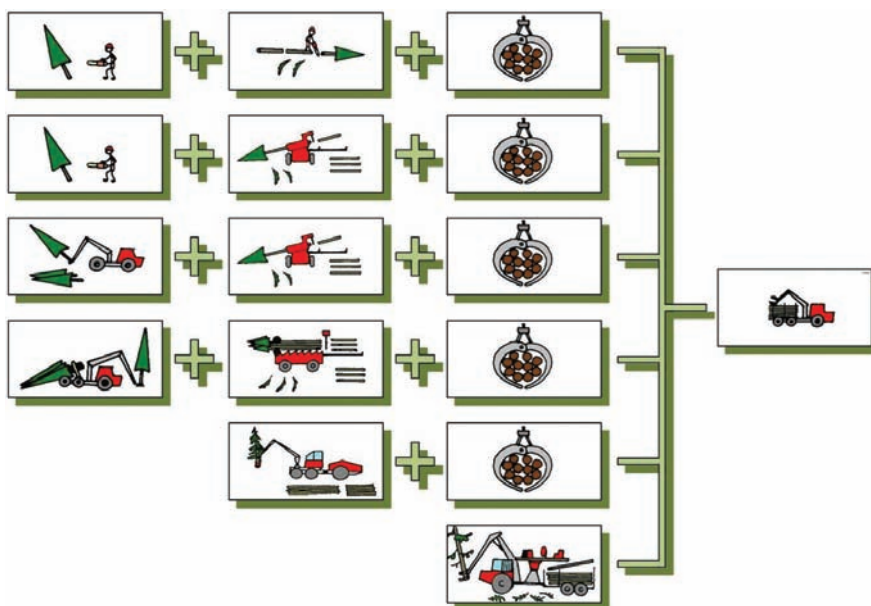


7. ábra: Hosszúfában való termelés
Figure 7: Tree length working system

Rövidfában való termelés

„A rövidfás munkarendszer vagy választékban való termelés munkarendszere a fakitermelés-nek évszázadok óta ismert szervezeti formája, melyet azonban mai is elterjedten alkalmaznak, és – megfelelően gépesítve – a jövőben is jelentős szerepe lesz” (Herpay és Rumpf 1978).

Elkülöníthetünk hagyományos és anyagmozgatással komplex változatot. Első esetben a fakitermelés élesen elválik az anyagmozgatástól, míg a másik változatnál szorosan összekapcsolódik (Herpay és Rumpf 1978).



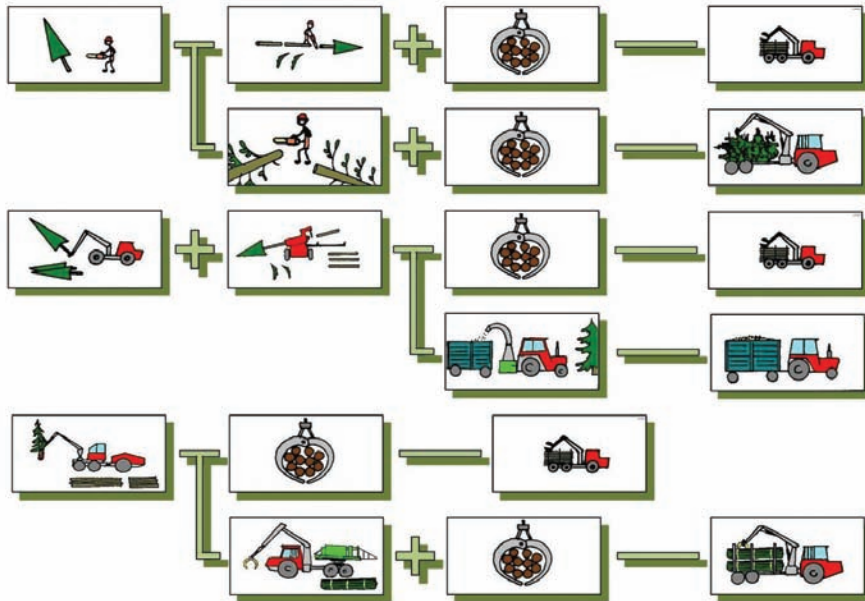
8. ábra: Rövidfában való termelés
Figure 8: Shortwood working system

Alacsonyabb gépesítettségi szintű változatok esetében a döntés, gallyazás, darabolás alapgépei a különböző teljesítményű motorfűrészek. Közélsítéshez állati erőt, vontatott közeliítő ke-rékpárokat, pótkocsis traktorokat, ill. kihordó szerelvényeket alkalmaznak. Magasabb szinten gépesített fakitermelések esetében döntő-rakásoló gépeket, processzorokat (gallyazó-daraboló gépek), harvesztereket (döntést is végző többműveletes fakitermelő gépek), forwardereket üze-meltetnek összehangolt gépláncban.

A harwardernek nevezett gépek a harveszterek továbbfejlesztett változatai, melyek a rakfel-letükön gyűjtik a ledarabolt választékokat, és a közeliítést is elvégzik (8. ábra).

Kombinált munkarendszer

A kombinált munkarendszerbe olyan megoldások tartoznak, melyekben különböző munka-rendszerek összehangolásával kapunk egy új, de az eredeti sajátosságokat részben megtartó, működőképes rendszert. Az aprítékban való termeléshez hasonlóan a kötegben és a darabolt ágasfában való termelés is eredményesen kombinálható a szál-fás, hosszúfás és a rövidfás ter-melésekkel. A 9. ábrán a rövidfában való termelés gallyazás nélküli részfás munkarendszerrel történő kombinálhatóságára látható egy-egy példa.



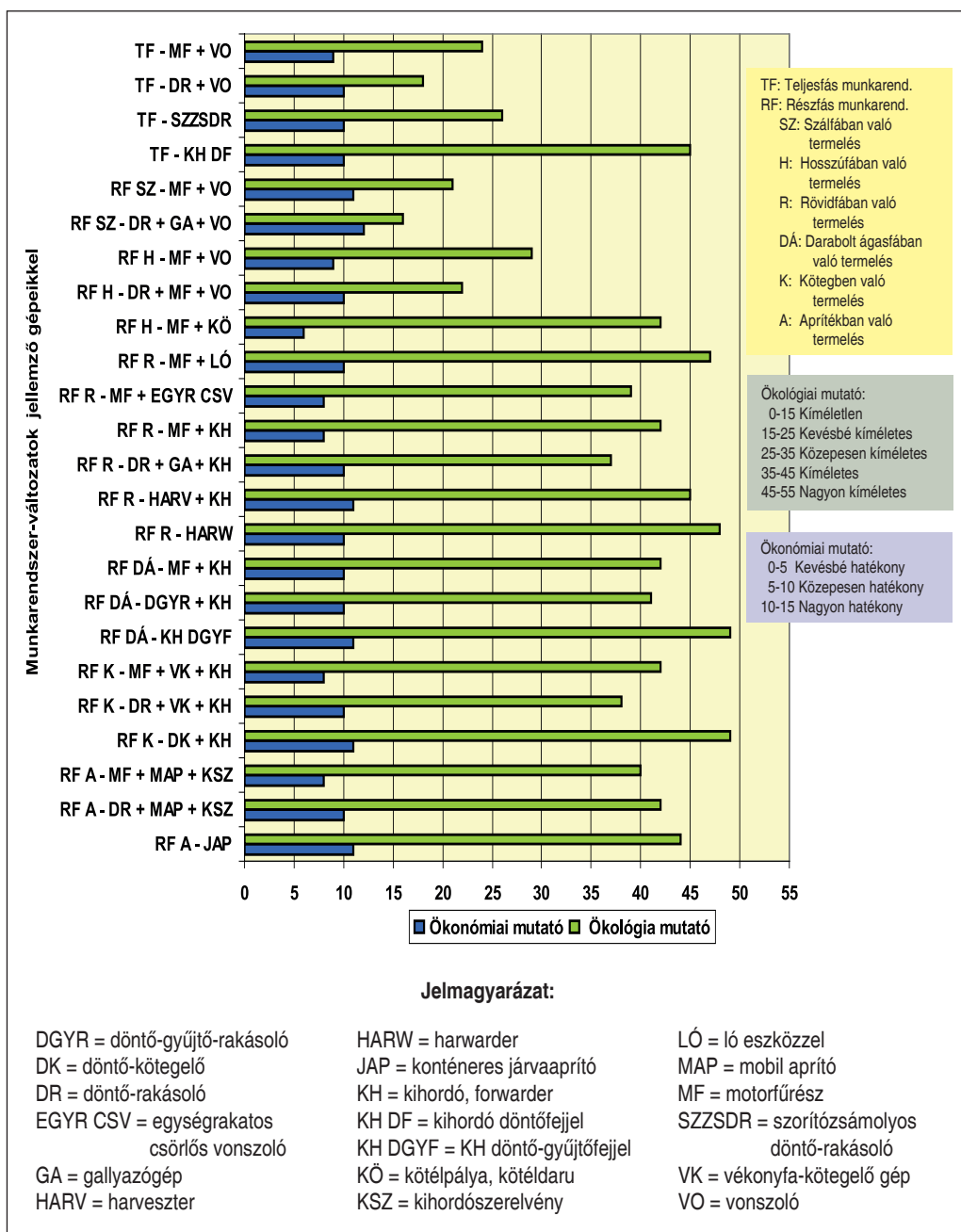
9. ábra: Váltakozó kombinált munkarendszere
Figure 9: Combined working system

1. táblázat: A teljesítés munkarendszer értékelése
Table 1: Full-tree working system rating

| Értékelési szempontok Teljesítés munkarendszer: | | | | MF + VO | DR + VO | SZSZ- DR | KH DF |
|--|-------------------------------------|--|---------------|------------|------------|-------------|-----------|
| Ökológia | A károkozás mértéke, helye (1=nagy) | A visszamaradó állományban okozott károk | Tősérülés | 1 | 1 | 1 | 4 |
| | | | Gyökérsérülés | 1 | 1 | 1 | 5 |
| | | Az újulatban okozott károk | | 2 | 1 | 1 | 5 |
| | | A talajban okozott károk | | 2 | 1 | 1 | 4 |
| | | A közelített faanyagban okozott min. kár | | 2 | 2 | 2 | 5 |
| | Környezet-terhelés (1=nagy) | Balesetek előfordulása | | 2 | 3 | 5 | 5 |
| | | Zajterhelés | | 3 | 2 | 4 | 4 |
| | | Károsanyag-kibocsátás | Olaj | 3 | 1 | 3 | 3 |
| | | | Füstgáz | 3 | 1 | 3 | 3 |
| | | Az állatok élőhelyének zavarása | | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Az infrastruktúra terhelése | | 2 | 2 | 2 | 4 | | |
| Ökónómia | A géplánc centrikus értékelés | Teljesítmény (1=kicsi) | | 3 | 5 | 4 | 4 |
| | | Élőmunka-szükséglet (5=alacsony) | | 3 | 4 | 5 | 5 |
| | | Üzemóraköltség (5=alacsony) | | 3 | 1 | 1 | 1 |
| Ökológia mutató | | | | 24 | 18 | 26 | 45 |
| Ökónómiai mutató | | | | 9 | 10 | 10 | 10 |

A MUNKARENDSZEREK ÉRTÉKELÉSE

A munkarendszer-altípusok alábbiakban bemutatott vizsgálatát szubjektív módon végeztük.



10. ábra: Munkarendszer-változatok ökológia és ökonómiai mutatói
 Figure 10: Ecology and economic indicators of work system variations

1-től 5-ig terjedő pontozási skálán értékeltünk (1. táblázat) ökológiai (visszamaradó állományban, újulatban, talajban okozott károk; valamint zajterhelés, károsanyag-kibocsátás, állatok élőhelyének zavarása), ökonómiai (teljesítmény, élőmunka-szükséglet és üzemmóráköltség, a közelített anyag károsodása, az infrastruktúra terhelése) és szociális (balesetek előfordulása) szempontok alapján, amelynek eredménye a 10. ábrán látható.

A gazdasági rendezettségű erdők fahasználatánál elsősorban az ökonómiai szempontok mérlegelésével választjuk ki a lehetőségeinkhez mérten legkedvezőbb munkarendszert, amely alapján vizsgálva leghatékonyabbak a magasan gépesített munkarendszerek, mint például a harveszterrel és forwarderrel végrehajtott rövidfában való termelés, ill. a döntő-rakásolót, gallyazógépet és vonszolót alkalmazó szálfában való termelés. Azon erdők esetében, amelyeknél a védelmi rendeltetés az elsődleges, de a fahasználat végzése szükséges, az ökológiai elvárásoknak kell elsődlegesen megfelelni. Ebből a szempontból vizsgálva a munkarendszereket megállapítható, hogy nagyon kíméletes munkavégzést nemcsak motorfűrésszel és lóval lehet végrehajtani, hanem akár nagyteljesítményű kombinált gépekkel is. Kíméletesnek mondható a harwarderrel végzett rövidfában való termeléses munkarendszer vagy a kötegben való termelés döntő-kötegelő géppel is. Természetesen sok esetben nem lehet csak gazdasági vagy csak természetvédelmi szempontból értékelni a munkarendszereket. A közös optimum megtalálása érdekében a két szempont együttesen is vizsgálható. A rövidfában való termelés korszerű gépekkel végrehajtva – ökológiai és ökonómiai szempontokból is kielégítőnek mondható. A teljesfában, szálfában, hosszúfában végzett közelítések általában kevésbé kímélik a visszamaradó állomány faegyedeit, az újulatot, illetve a talajt, de döntő-gyűjtőfejjel felszerelt kihordót alkalmazva a fiatal állományokban a kíméletesség növelhető.

ÖSSZEFOGLALÁS

A technikai fejlődés hatására – elsősorban külföldön – megjelenő új gépek, adapterek és az új vagy újraalkalmazott fakitermelési módszerek indokoltá tették a fakitermelési munkarendszerek elméleti struktúrájának újragondolását. Eredményképpen a hazai, nagy múlttal rendelkező rendszerezés alaplogikáját teljes mértékben hűen követő, a külföldi szakirodalommal és a gépfejlesztésekkel szintetizáló új csoportosítási rendszer jött létre –elméleti síkon.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

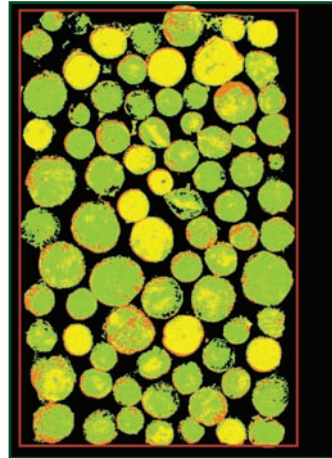
A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP – 4.2.2. B – 10/1 – 2010 – 0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Dummel, K. 2001: Erster Deutscher Waldgipfel: Nachhaltigkeit – Ein Generationsvertrag mit der Zukunft. Forsttechnische Informationen 11. 113-121 p. Groß-Umstadt
- Bondor A. 1978a: Az erdőgazdasági munkarendszerek fejlesztésének fő irányai. I. rész. Az Erdő, 27(3): 109-116.
- Bondor A. 1978b: Az erdőgazdasági munkarendszerek fejlesztésének fő irányai. II. rész. Az Erdő, 27(6): 243-247.
- Bondor A.; Radó G. és Temesi G. 1979: Az erdőnevelés gépesítése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 226 p.
- Gólya J. 2003: Fakitermelési munkarendszerek gyéritésekben. Doktori értekezés, 140 p.
- Gólya J.; Horváth B.; Ivelics R.; Markó A. és Tisza O. 2004: Kutatási jelentés a Timberjack-MAN típusú vékonyfa-kötegelőgép próbaüzemi vizsgálatáról. Sopron, 15-31. p.
- Heinimann, H.R. 2007: Forest operations engineering and management. Croatian Journal of Forest Engineering, 28(1): 107-121.
- Hedbring, O.; Nilsson, P.O.; Akesson, H. 1968: Analysis of some logging systems for thinning. Swedish Logging Research Foundation. Stockholm. Redogörelse, 4,51 p.
- Herpay I. és Rumpf J. 1978: A fahasználat termelési folyamata I. Egyetemi jegyzet, Sopron, 223 p.
- Hiller I. és Pankotai G. 1973: A fahasználat korszerű fogalmai. EMSZI EFE 156 p.
- Owende, P.M.O. 2004: Wood delivery. 269-279. In: Burley, J.; Evans, J. and Youngquist, J.A. (eds): Encyclopedia of Forest Sciences. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Pankotai G. 1974: Erdészeti szállítástan 1. rész. Kézirat. EFE. Sopron, 211 p.
- Rumpf J. 1983: Munkaszervezést. Egyetemi jegyzet. Sopron, 207 p.
- Rumpf J. 1984: A fakitermelés műszaki fejlesztése. Kandidátusi értekezés, 170 p.
- Rumpf J. 1985: Erdőhasználat I. (I. rész) Kézirat. Sopron, 121 p.
- Staaf, K.A.G. and Wiksten, N.A. 1984: Tree Harvesting Techniques. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 371 p.
- Szász T. 1982: Fakitermelés. 154-169. In: Keresztesi B. (szerk.): Magyar erdőszet 1954 – 1979. Akadémia Kiadó, Budapest.

Érkezett: 2012. március 31.

Közlésre elfogadva: 2012. szeptember 3.



A sarangolt faválasztékok térfogatának meghatározása

Az erdészeti gyakorlat leggyakrabban az 1,0 m x 1,0 m x 1,75 m (ürköbméter) = 1,0 tömör m³ méreteket használja a sarangolt primér választékok számbavételére. A méretek pontosítása érdekében lefényképeztük az 1 m³-es tűzifa sarangokat. Az elkészült digitális felvételekről meghatároztuk a sarangban lévő 1m-es tűzifa darabok бүтүjének pontos területét. A m²-ben meghatározott érték egyben a tömör m³-t adja. A kiértékelés pontosságát néhány sarang esetében xilométer segítségével ellenőriztük. A digitális fénykép és a xilométer segítségével meghatározott térfogat értékek minimális különbséget mutattak. Az eddig elvégzett vizsgálatok azt mutatják, hogy az 1,75 m magas sarangok fatérfogata meghaladja az 1m³-t, azaz az 1,75 m-es sarang magasságot célszerű csökkenteni 10 -15 cm-rel. A megbízható eredményhez azonban további értékelések szükségesek az ország különböző részein.

Kép és szöveg: Marosi György és Juhász István

HÓ- ÉS SZÉLFOGÓ ERDŐSÁVOK MINŐSÍTÉSE SZÉLSEBESSÉG-CSÖKKENTŐ HATÁSUK ALAPJÁN

Frank Norbert és Takács Viktor

*Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet,
Erdőművelési Tanszék*

Kivonat

Az erdősávok elemzésével bizonyíték gyűjthető létjogosultságukra; többcélúságuk kedvező hatású a környezetükre, az életközösségekre és a tájra is. Nemcsak mint rendszert kell őket minősíteni, hanem elemeket is, így az erdősávok alapvető céljából – szélesebbség-csökkentés – kiindulva, áttörtségük számszerű osztályozása nélkülözhetetlen a fenntartásuk indoklásához. A tervezett és kivitelezett szerkezetek képest a változó környezeti feltételek miatt a telepítési hálózat, az alkalmazott fafaj és a szegélyzónák is igényeknek módosításokat, hogy a kívánt szélesebbség-csökkentő hatás érvényesüljön, illetve a hófogó lerakási zóna megfelelő távolságban legyen. Modellezés során részleteket ragadunk ki az áramlási rendszerből, így számos tényező – pl. a helyi körülmények és a meteorológiai viszonyok - eltéréseket okozhat. A szélirány néhány fokos eltérése is relatív szerkezetváltozást és szélesebbség-változást okoz csakúgy, mint a felszín tagoltsága. Kutatásunk célja olyan módszer és mérőszám kialakítása, amely objektíven segíti az erdősáv hosszú távú fenntartását és a védelmi szerep fejlesztését. Vizsgálataink alapján ha a szélvédett oldal és a szélnél kitett oldal porozitásának hányadosa 1,6-5 intervallumban található, akkor jó szerkezetű erdősávról beszélhetünk. A korábban használt áttörtségi tényező helyett egyszerűen és pontosan meghatározható mérőszámokat kapunk az erdősávok jellemzésére. Míg az áttörtségi tényező – az erdősáv előtt és az azt követő – szélmerések alapján számított érték, addig a porozitás a törzstér sűrűségének változásait is figyelembe veszi.

Kulcsszavak: erdősáv, áttörtség, szélesebbség, porozitás, modellezés

WINDBREAKS AND SHELTERBELTS EXAMINATION BY THEIR EFFECT ON DECREASING THE WINDSPEED

Abstract

Analysis of shelterbelts gives evidence for their eligibility and their multifunctionality has positive effects on environment, landscape and habitats. Not only as a system, but its elements must be considered. Getting back to the main purpose (wind speed reduction) of belts, the numerical classification is essential for maintaining the porosity and to justify the structure. The structure has always been changing by the



environmental conditions. Not only the distribution of the network, but the trees and shrubs edges also require modification of the structure for the desired effect: reduce wind speed and creating snow dumping zone in a proper distance. Modelling provides details of the flow system: including a number of factors, local conditions and the meteorological conditions cause differences. A few degrees difference in wind direction causes “structural change” and change in wind speed, as well as the surface. Our research aims to develop methods and metrics to objectively assist the forest belt, for a long-term maintenance and development of protection effects. We have found, if the rate of wind protected and wind effected porosity is between 1.6-5 it is a well structured windbreak. Instead of the breakthrough factor this is more simple and preciously measurable value for description. While the breakthrough factor use the wind measurements and does not examine the inner spacing, the porosity consider the changes of density.

Keywords: windbreak, porosity, shelterbelt, wind-speed, modelling

BEVEZETÉS

A második világháborút követő országos erdőtelepítés egyben az erdősáv-telepítések fénykora is volt. Az azóta eltelt időszakban fokozatosan egyre kevesebb figyelem irányul a védelmi szerepű fásításokra mind a mezőgazdasági, mind az erdészeti szakemberek részéről. Különösen az utóbbi két évtizedben maradtak el a szükséges fenntartási munkálatok a gazdasági rendszer még le nem zárult változásai, máig nyitott kérdései (pl. földtulajdon-rendezés) miatt. A korabeli títustervekben leírt erdősávstruktúrák nagy része a mai napig megtalálható, ám többségük csak a szerkezetalkotó fafajok megléte és tervdokumentumok alapján azonosítható. Az erdészeti szakirodalom az 1970-es években 35000 hektár erdősávot tartott számon. Az egykori Állami Erdészeti Szolgálat adatai szerint a mezővédő erdő védelmi rendeltetésű erdőterület 2001-re kevesebb, mint felére, 16416 hektárra csökkent. Az adatok pontossága megkérdőjelezhető, hiszen a különböző szempontú felmérések az évek során eltérő eredményekkel szolgáltak. Az alábbiakban felsorolt források a szerzők által alkalmazott elnevezéseket és az általuk közölt adatokat rendszerezik (1. táblázat).

A II. világháború utáni három évtized szakmai körökben az erdősávkiérleteiről is jól ismert. Ebben az időszakban az erdősávok létesítése, fenntartása és ápolása magától értetődő feladat volt, hiszen egy adott mezőgazdasági termelőszövetkezet vagy más gazdálkodási szerv (például az Állami Közútkezelő Kht.) a saját tulajdonáért felelősnek érezte magát, s biztosította, igényelte a mezővédő és hófogó erdősávokra fordítandó anyagi és munkaerőforrásokat. Ilyen és hasonló okokra, illetve a kedvező földrajzi fekvésre vezethető vissza, hogy az általunk vizsgált sopronhorpácsi (Takács 2004) és a sarród-nyárligeti erdősávrendszer (Takács és Frank 2004) a mai napig kiválóan szolgálja az eredeti rendeltetését (szélfogás, termőtalaj megőrzése stb.).

Az Erdőművelési Tanszék és jogelődjeinek munkatársai több évtizede foglalkoznak erdősáv-kutatással. Jelenlegi munkánk során abban a szerencsés helyzetben vagyunk, hogy a korabeli mérési eredményeket – főleg kisalföldi kutatási területeken – alapul véve összehasonlíthatóvá válik a tervezett-telepített és a majd ötven évre rá a jelenlegi állapot. Vizsgálataink célja, hogy különböző szempontok alapján értékeljük a napjainkban is fontos védelmi feladatot betöltő erdősávokat és ezek rendszereinek maradványait (Takács és Frank 2008).

Mezővédő és hófogó sávok szerkezeti elemzésén keresztül számtalan adatot gyűjtöttünk az erdősávok létjogosultságára; bebizonyosodott, hogy multifunkcionalitásuk révén mind a közvet-

len környezetre és a hozzá szervesen kapcsolódó életközösségekre, mind az őket körülvevő tájra kedvező hatással vannak (Takács és Frank 2005).

1. táblázat: Hazánk erdősávjai a számok és az évtizedek tükrében
Table 1: Windbreaks of Hungary in the view of numbers and decades

| Időszak | Forrás | Kiterjedés | Megnevezés | Megjegyzés |
|-----------|---------------------|------------|------------|--------------------------------|
| 1960 | Gál (1961) | 1500 km | Alföld | mezővédő erdősáv |
| | | 1000 km | Kisalföld | |
| 1970 | Danszky (1972) | 34977 ha | országos | védőfásítás |
| 1975 | Gál és Káldy (1977) | 9891 ha | meglévő | mező- és legelővédő fásítás |
| 1976-1990 | | 4091 ha | tervezett | |
| 1975 | | 22600 ha | meglévő | összes védőfásítás |
| 1975 | Keresztesi (1991) | 8800 ha | meglévő | „zöldfolyosó” (green belts) |
| 1975-1990 | | 20600 ha | tervezett | |
| 1990 | | 29400 ha | tervezett | |
| 1990 | Danszky (1972) | 33400 ha | tervezett | védőfásítás |
| 2001 | ÁESZ (2001) | 16417 ha | felmért | mezővédő erdősáv |

ANYAG ÉS MÓDSZER

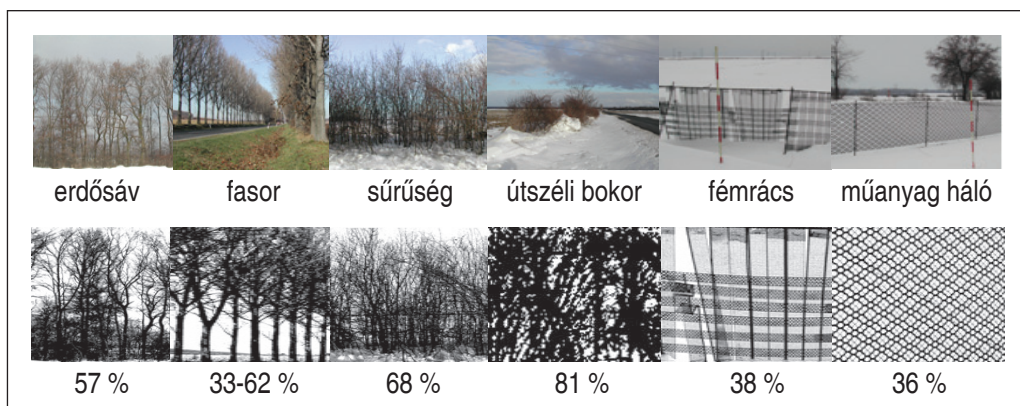
Kutatásaink során elértünk arra a pontra, amikor az erdősávokat már nemcsak mint komplex rendszert, hanem mint egyedi egységet is minősíteni szükséges. Ez a minősítés a faj szintű szerkezeti és egészségi vizsgálatokkal ugyan elvégezhető (Takács 2004), de az erdősávok eredeti gondolatához visszatérve fontossá vált még egy szempont: a mai erdősávok áttörtség szerinti osztályozása.

A máig fennmaradt erdősávrendszerek telepítésekor a tervezők számos szempontot számításba vettek, de azzal talán nem is számolhattak, hogy a hatalmas ütemben fejlődő számítástechnika majd fél évszázad múlva korlátlan lehetőséget fog nyújtani számításaik igazolásához. Ma már tudjuk, hogy a digitális technika erdészeti alkalmazása szinte kimeríthetetlen.

A védelmi célra létesített erdősávok telepítésekor a legfőbb feladat a megfelelő tájolás megválasztása mellett a helyes szerkezet meghatározása és kialakítása. Az elmúlt évtizedek kísérleti tapasztalatai alapján kiderült, hogy a széles (15-20 soros) erdősávok nem hoznak nagyobb hasznot, mint a 3-5 sorból állók, mivel már néhány sor után – szerkezettől függően – a szél ereje az állomány belsejébe jutva belátható távolságon belül felőrlik. Az erdősávoktól nem is azt várjuk, hogy falszerűen újtják állják a szélnek, hanem annak erejét annyira mérsékeljék, hogy az már ne legyen veszélyes a védendő területre (út, szántó, település stb.). Ezért a sorok számának függvényében olyan porozitást kell kialakítani az erdősávok természetes építőköveinek (fák, cserjék,

lágyszárúak) segítségével, amellyel az erdősáv várhatóan betöltheti a tervezéskor neki szánt szerepet (Takács 2008).

Az erdősávok tervezésekor mindenekelőtt meg kell határozni, hogy mit is szeretnénk a szélről megóvni. A védendő objektum fizikai jellemzőitől függően megállapítandó a védőtávolság. Fel kell arra is hívni a figyelmet, hogy nem az erdősáv az egyedüli védekezési módszer. Amíg a frissen telepített erdősáv növekedése során el nem éri effektív magasságát és sűrűségét, addig más fizikai akadályokat is célszerű alkalmazni, továbbá alkalmazhatunk egyéb természetes vagy mesterséges akadályokat (fémrács, hófogó rács stb.) a kiritkult erdősávok esetében is. A következő ábra különböző akadályok porozitását, felületi nyitottságát (nyílt és zárt felületek arányát) hasonlítja össze (1. ábra).



1. ábra: Példák különböző védelmi eszközök felületi nyitottságára
Figure 1: Examples for the porosity of different windbreaks

Már az erdősávok pontos helyének és tájolásának meghatározásakor érdemes az alkalmazandó fás szárú fajok szerepét véglegesíteni. A szerkezet nemcsak a telepítési hálózat (sor- és tőtáv) leírását, hanem a változatos lombzatú fafajok és szegélyalkotó cserjék kiválasztását is jelenti egyben. Mindezeket együtt vizsgálva olyan erdősávot kell kialakítani, amely áttörtségével biztosítja a kívánt szélesebesség-csökkentő hatást, illetve a hófogó sávok esetén a lerakási zónák megfelelő távolságban való kialakulását.

Felmerül a kérdés, hogy milyen nagyságú veszélyes szélesebességre méretezzünk? Mennyivel csökkentünk a szél erejét? Milyen hatással lesz az erdősáv a védett környezetre, a szélesebesség, az áramlási viszonyok alakulására? Ezekre a kérdésekre próbálunk közelítő válaszokat találni a digitális technika segítségével.

A klasszikus szakirodalom az erdősávok jellemzésére az áttörtségi tényezőt (L) vezette be. Ez a tényező a szélvédett oldal (Lee) és a szélnek kitett oldali (Luv) nyílt területen mért szélesebességek hányadosa. Az erdősávok alábbi kategóriákba való besorolása hézagszázalékuk becslése alapján történt. A hézagszázalékból és a sáv összetételéből (szélesség, fafajok, profil) következtetni lehet az áttörtségi tényezőre. Természetesen ez nem precíz erdősáv-minősítés, de az 1950-60-as évek kutatási eredményeire alapozva elegendőnek bizonyult (2. táblázat).

Napjainkig is sokan és sokféle módon igyekeztek leírni, modellezni az erdősávok környezetében és belsejében zajló áramlásokat, szélesebesség-csökkenést vagy éppen gyorsulást (csa-

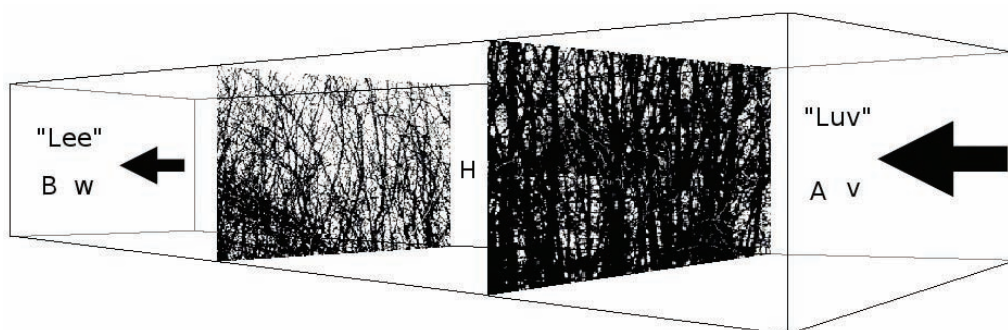
tornahatás). Tapasztalataink szerint a témával foglalkozó kutatók többsége arra az álláspontra jutott, hogy bizonyos pontossági tartományban meg lehet ugyan adni a szélesebbség-csökkentő hatást, de a sok függő és független környezeti változó miatt univerzális formula leírása nem lehetséges. Az áramlási modellezés rámutat bizonyos törvényszerűségekre, útmutatást ad a tervezés során, de egy adott helyen célszerű a megismert, a gyakorlatban is bevált erdősáv típus alapjait alkalmazni. A már meglévő erdősávok tanulmányozásából és minősítéséből juthatunk a legtöbb hasznos tapasztalati információhoz, amelyet hatékonyan felhasználhatunk új mezővédő vagy hófogó erdősávok tervezéséhez és a meglévők hatékony átalakításához.

2. táblázat: A mezővédő erdősávok osztályozása, Dobos 1972 nyomán
 Table 2: Classification of shelterbelts after Dobos 1972

| Típus | Nyílások, hézagok | Áttörtségi tényező |
|------------------------------|-------------------|--------------------|
| I. Zárt (tömör) | < 10 % | < 0,35 |
| II. Hézagos (áttört) | 10-30 % | 0,35-0,7 |
| III. Nyitott (széláteresztő) | > 30 % | > 0,7 |

A szélnek kitett oldal hézagfelületének (A) és a szélvédett oldal hézagfelületének (B) mérésével meghatározható a sáv adott nyílt területi szélesebbség (v) melletti klasszikus áttörtségi tényezője (L), hézagszázalékai (továbbiakban porozitás: P_A, P_B) és a sáv w/v arányú sebességcsökkentését jellemző veszteségtényező (ξ), amelyben a folytonosság tétele alapján w (1) a szélvédett oldalon kilépő szélesebbség. A veszteségtényező (2) magát az erdősávot mint áramlási rendszert jellemzi, értéke kedvező esetben $\xi \geq 1$, tehát erdősáv esetén ez azt mutatja, hogy milyen pozitív hatással van az erdősáv összetett szerkezete a szélesebbség csökkentésére (2. ábra).

$$(1) \quad w = \sqrt{\frac{(2P_A - H)}{(2P_B - H)}} v^2 \quad (2) \quad \xi = 4 \frac{(1 - w/v)}{(1 + w/v)}$$



2. ábra: Az erdősáv mint leegyszerűsített áramlási rendszer
 Figure 2: Windbreak as a simplified flow-system

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Ha egy erdősávot egyszerű áramlási rendszerben képzelünk el – figyelmen kívül hagyva számos meteorológiai és egyéb környezeti paramétert –, már az „ütközési felületek” tanulmányozásával közelítő és jellemző szélesebbesség-csökkenési mutatóval tudjuk az erdősávot mint áramlási akadályt jellemezni. Vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy egyszeri, úgynevezett szembecsléssel nem állapítható meg – az áttörtséget is jellemző – hézagszázalék (nyílt és zárt felület aránya).

A hézagfelületek arányából (P_A/P_B), amit itt porozitásnak (P) neveztünk el, már előre jelezhető, hogy várhatóan az erdősávunk a szélesebbesség csökkenését vagy növekedését eredményezi. Ha $P < 1$, várhatóan csökkenés következik be, ha $P > 1$, az a csatornahatás kialakulásához és a szélesebbesség növekedéséhez vezet. Természetesen minden esetben szem előtt kell tartani, hogy egy erdősáv hatása a méreteitől, a szélesebbeségtől és széliránytól is függ. Ha egy szélnek kitett oldalán 30 %-ban nyitott 10 méter magas (H) sávra érkezik a $v = 10$ m/s merőleges támadóirányú szél, és a sáv szélvédett oldalán 70 %-ban nyitott, akkor a várható kilépő szélesebbesség (nem számolva egyéb meteorológiai tényezővel) várhatóan 6 m/s körül lesz (3. táblázat). A számolt kilépő szélesebbesség (w) segítségével megadható az áttörtségi tényező (L) is.

3. táblázat: Különböző jó kialakítású erdősávok jellemzői (saját adatok alapján)
Table 3: Characteristics of properly structured windbreaks (based on own data)

| P_A [%] | P_B [%] | H [m] | v [m/s] | w [m/s] | L | ξ |
|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----|-------|
| 15 | 70 | 10 | 10 | 3,9 | 0,4 | 1,8 |
| 20 | 70 | 10 | 10 | 4,8 | 0,5 | 1,4 |
| 25 | 70 | 10 | 10 | 5,5 | 0,6 | 1,2 |
| 30 | 70 | 10 | 10 | 6,2 | 0,6 | 0,9 |
| 35 | 70 | 10 | 10 | 6,8 | 0,7 | 0,8 |

Fordított esetben, ha a szélnek kitett oldal jóval nyitottabb, előfordul, hogy a szélesebbesség a többszörösére erősödik (4. táblázat). Ez a megnövekedett érték ugyan pár száz méter után lecsökken, de útmenti hófogó erdősáv esetén megengedhetetlen, hogy a rossz szerkezet a hóátfúvásokat erősítse.

4. táblázat: Kedvezőtlen kialakítású erdősávok jellemzői (saját adatok alapján)
Table 4: Unfavourably developed windbreaks (based on own data)

| P_A [%] | P_B [%] | H [m] | v [m/s] | w [m/s] | L | ξ |
|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----|-------|
| 15 | 10 | 10 | 10 | 14,1 | 1,4 | -0,7 |
| 20 | 10 | 10 | 10 | 17,3 | 1,7 | -1,1 |
| 25 | 10 | 10 | 10 | 20 | 2 | -1,3 |
| 30 | 10 | 10 | 10 | 22,4 | 2,2 | -1,5 |
| 35 | 10 | 10 | 10 | 24,5 | 2,5 | -1,7 |

Vizsgálataink során a porozitás, illetve az erdősáv nyílt felületeinek vizsgálatából indultunk ki, hogy eredményként jellemző és objektíven mérhető áttörtségi tényezőt kapjunk. Tettük ezt digitális fényképezőgép és a feldolgozást segítő szoftver segítségével. A gyakorlati felhasználás lehetőségeit szem előtt tartva egyszerű digitális fényképezőgépeket és lehetőleg nyílt forráskódú, mindenki számára elérhető digitális feldolgozó környezetet szerettünk volna használni. Jelenlegi ismereteink szerint az általunk kifejlesztett igen egyszerű eljárással nemcsak az erdősávok áttörtségét lehet vizsgálni, hanem ezzel együtt az erdősávok értékelése (pl. hófogóképesség) sokkal konkrétabbá válhat.

Az általunk 2007-ben Sopronhorpács község határ területén elkezdett vizsgálatok szerint az erdősávok szélnek kitett és védett oldalán a porozitási értékek, illetve a két érték hányadosa az alábbi (5. táblázat):

5. táblázat: A vizsgált erdősávok porozitási értékei
Table 5: Value of porosity of the studies shelterbelts

| Erdősáv jele | Porozitás (%) | | P_A/P_B |
|--------------|------------------------|------------------------|-----------|
| | Kitett oldal (P_A) | Védett oldal (P_B) | |
| II. | 10,3 | 36,3 | 3,5 |
| IV. | 18,5 | 63,5 | 3,4 |
| V. | 8,9 | 35,6 | 4,0 |
| XII. | 46,1 | 30,5 | 0,7 |
| U-VIII. | 20,5 | 8,9 | 0,4 |
| U-IX. | 24,5 | 9,8 | 0,4 |

Ha a szélvédett oldal és a szélnek kitett oldal porozitásának hányadosa 1-6-5 intervallumban található, akkor jó szerkezetű erdősávról beszélhetünk. A korábban használt áttörtségi tényező helyett egyszerűen és pontosan meghatározható mérőszámokat kapunk az erdősávok jellemzésére. Míg az áttörtségi tényező – az erdősáv előtt és az azt követő – szélmerések alapján számított érték, addig a porozitás a törzster sűrűségének változásait is figyelembe veszi.

Képszerkesztő szoftverek segítségével elvégezhető a digitálisan rögzített vagy digitalizált felvétel képkockáinak (pixel) mennyiségi és azok adattartalmának minőségi elemzése. Egy ilyen ingyenesen hozzáférhető szoftver az *ImageJ*, amelyet folyamatosan fejlesztenek, és széles körben használnak az orvostudományi képdiagnosztikában és egyéb digitális felvételeket elemző tudományterületeken (Abràmoff és Ram 2004). A minél nagyobb pontosság eléréséhez nagy felbontású tömörített képfájl vagy nyers RAW-fájl alkalmazható. Az utóbbi előnye, hogy nem tömörített, így az az „adatbázis” vizsgálható, amelyet a fényképezőgép rögzített a felvétel időpontjában. A RAW-fájlokkal végzett műveletek a fájl méret miatt nagy erőforrást igényelnek. Mivel nincs szükség minden egyes pixel kiértékeléséhez a felületi áttörtség arányának meghatározásához, elég egy tömörített képfájl (például a közismert JPEG) használata, amely a színmélységről és kontrasztról is elég információt ad, illetve lehetőséget nyújt az utófeldolgozásra.

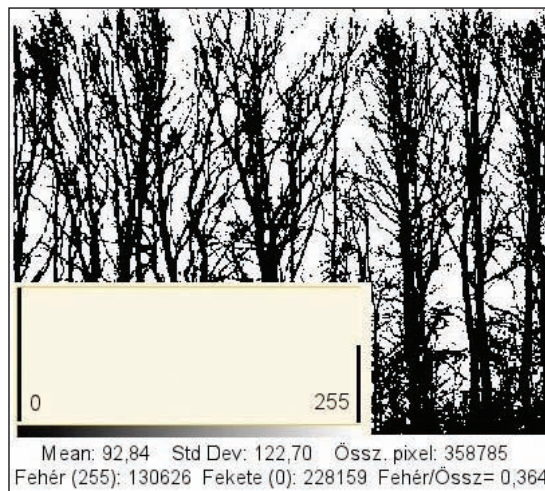
Első lépésként az erdősáv közelében meghatároztuk és rögzítettük azt a pontot, ahonnan felvételt készítettünk a sáv felületéről. A lehetőségekhez képest a felállási pont sáv szélességtől

mért távolsága megegyezett a sáv magasságával (H) vagy annak egész számú többszörösével. Bár többitizedesjegy-pontosságú eredményeket nem várhatunk, a felvételt rögzített körülmények közt készítettük úgy, hogy az objektív tengelye párhuzamos volt a felszínnel és merőleges a fényképezendő felületre. (A felvétel torzulásainak vizsgálatától egyelőre eltekinttünk.) Az elkészült képet képelemző program segítségével szürke-árnyalatúvá transzformáltuk, így a képkockák (pixel) még megőrzik fényintenzitásukat (3. ábra). Az egyszínű (szürke) skálán ezután intenzitásuknak megfelelően csoportosíthatóak a színek.



3. ábra: Egy minta különböző színmélységű változatai
Figure 3: Different colour depth versions of a sample

Legegyszerűbb eset, amikor két komponensre osztjuk a színeket, ekkor a fehér és fekete képpontok arány megadja a felvétel (vagyis az erdősáv) százalékos arányban mérhető felületi nyíltságát. Szemléletesebb az az eset, amikor több színcsoportot vizsgálunk, hogy kiszűrhesük az erdősáv mélységében elhelyezkedő fasorokat vagy a háttérben lévő épületet, terepalakulatot.

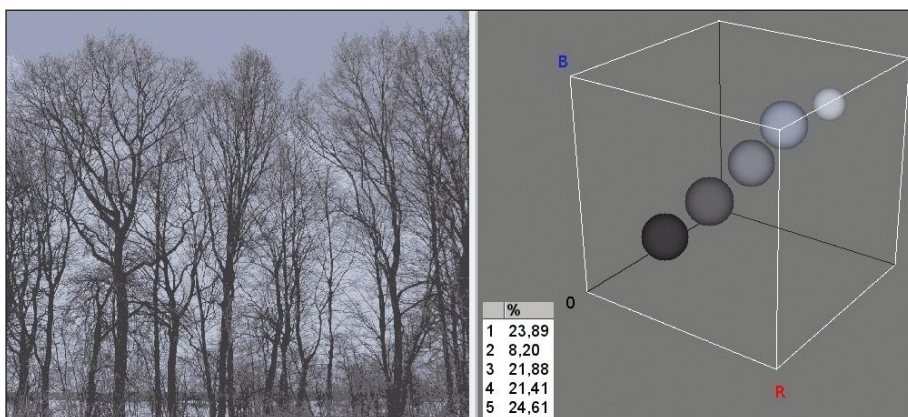


4. ábra: Hisztogram-elemzés
Figure 4: Histogram-interpretation

Miután a színmélység csökkentése megtörtént, jól elkülöníthetővé válnak a sűrű képrészletek és a kevésbé sűrű, háttérben elhelyezkedő területek. (Nem beszélve a talajfelszínről és a horizontról.) Az egymáshoz közeli pixelek spektrálisan hasonlóak, így ha a nagyjából homogén talajfelszín, növényzet és a háttér (horizont, kék ég) pixeljeit tekintjük, azok egységes pontthalmazoknak tekinthetők. Minél élesebb ezeknek a halmazoknak a határa, annál könnyebben elkülöníthetők, kivonhatók egymásból. A színmélységek területi elkülönülése, illetve azok kiemelése információt nyújt az előrébb-hátrébb elhelyezkedő objektumokról, illetve azok fedéséről is. Előfeldolgozáskor a képminőség javítására alkalmazható a kontraszt és a képélesség fokozása, valamint az élkiemelés. Képhibák és torzítások javítása általában nem szükséges (Csornai és Dalia 1995).

A feldolgozó szoftverek többségében a képpontok fényességük szerint hisztogram-elemzéssel csatornánként leválogathatók. A 4. ábrán egy ilyen elemzés végeredménye látható, a fehér szín aránya az összeshez viszonyítva 36,4 %. Ezt a vizsgálatot az erdősáv mindkét oldalán elvégezve egymással összehasonlítható porozitási értékeket kapunk, amely alapul szolgálhat az áttörtségi tényező kiszámításához.

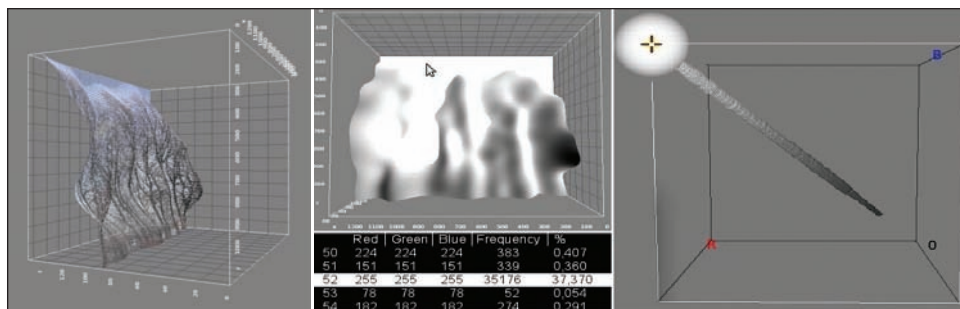
Az elemzésre szánt felvétel mérete (pixelméret, felbontás), a rögzített színmélység (bit mélység) és a vizsgálat tárgya függvényében a több millió színt és megapixelnyi képpontot szűrni kell, hogy a kép mintázatai határozottan legyenek. Célszerű az emberi szem számára jól elkülöníthető 4 vagy 16 színű képre, azaz 2 vagy 4 bitre csökkenteni a színmélységet. Az elemzés során szükség lehet a kép vagy képrészlet 1 bitesre (fekete-fehér) történő konvertálására, így kivonással tájékozódhatunk például a háttér, az árnyék vagy a megmaradt zavaró kontúrok arányáról. Az összetett objektumok kiemelt kontúrokkal jól elkülöníthető felületein a pixelek mennyisége számolható, illetve a beállított méretarány alapján az összefüggő területek aránya mérhető (Reinking 2007).



5. ábra: Csökkentett színmélységű felvétel és a pixelek eloszlása
Figure 5: Reduced color photo and the distribution of pixels

Ha koordináta-rendszerben helyezük el egy erdősávot úgy, hogy az y tengely annak a hossz tengelye, az x tengely az erdősáv mélysége, és a z tengely a magassága, akkor a következők mondhatók el. Amennyiben részletes képet szeretnénk adni az erdősáv szerkezetéről,

szükségünk van 3 felvételre: zy, xy és zx irányúra. Visszafelé haladva: a zx felvétel az erdősáv keresztmetszete, amelynek digitális felvételként való leképezésére korlátozottan, csak néhány helyen, az erdősáv két végén, illetve a megtörési pontokon van lehetőség. Az xy felvétel, vagyis a felülnézet megfelelő felbontású légi felvétel segítségével elemezhető. A zy irányú felvételek a helyi adottságok függvényében általában elkészíthetők, továbbá a zy síkkal szöget bezáró uralkodó szélirány esetén több irányból is készíthető kiegészítő felvétel (5., 6. ábra).



6. ábra: 3D erdősávmodell (balról), az ütközési felület szürkeáryalatos térmodellje (középen) és a szóródási histogram (jobbról)

Figure 6: 3D model of windbreak (left), greyscale collision model of windbreak (centre) and distribution histogram (right)

Az *ImageJ* nyílt forráskódú szoftver segítségével az erdősávról készült digitális felvételből a képpontok tulajdonságai, adattartalma (színmélység, intenzitás, RGB) alapján térmodell készíthető. Ez a modell jól szemlélteti az erdősáv felszíni változatosságát és egyben azt is, hogy az erdősávba ütköző légáramlatnak milyen utat kell megtennie, illetve milyen szerkezetet átjárnia. A szerkezet felülvizsgálatához a tér- és a felületi modellekből is jelenetős információ nyerhető (Ferreira és Rasband 2011).

Hasonlóan a műholdképek és légi fotók elemzéséhez a képrészletek, azok kiemelt pixelei jellegzetes csoportokat alkotnak. A csoportok tematikus osztályokba sorolhatók (háttér, előtér, ütközőfelület, cserjeszint stb.), és digitálisan jól elkülöníthetők és elemezhetők. A módszernek jelentős előnyei vannak: az olcsó adatnyerés, a jól kivitelezhető és megismételhető mintavételezés és a gyors analízis (Czímber 1997).

Tisztában kell lenni az eljárás fizikai korlátaival, és itt sorolhatnánk a lehetséges hibaforrásokat. Ezzel szemben fel szeretnénk hívni a figyelmet arra, hogy ez a közelítő eljárás terepi mérések kiértékelésére elegendőnek bizonyul, ha az erdősávokat minősítés alkalmával a jól ismert áttörtségi kategóriákba szeretnénk besorolni.

ÖSSZEFOGLALÁS

Elődeink kutatásait és a terepi tapasztalatokat alapul véve, továbbá a fent ismertetett eljárás alapjainak közzététele mellett javaslatot szeretnénk tenni egy új minősítési osztályozásra. Mérési tapasztalataink azt mutatják, hogy az elméleti modellezésen túlmenően a meglévő mezővédő

erdősávok olyan értékeket mutatnak, amelyek értékelése a korábbi skála helyett az alábbi 5. táblázat értékei alapján pontosíthatóbb lenne.

6. táblázat: A mezővédő erdősávok osztályozása

Table 5: Classification of windbreaks

| Jelölés | Típus | Áttörtség (L) | Porozitás (P) |
|---------|-----------|---------------|---------------|
| 5 | zárt | 0-0,3 | 0-10 % |
| 4 | sűrű | 0,3-0,5 | 10-40 % |
| 3 | áteresztő | 0,5-0,6 | 40-60 % |
| 2 | ritkás | 0,6-0,8 | 60-90 % |
| 1 | nyílt | 0,8 < | 90 % < |

Az áttörtséget nehéz megfeleltetni a porozitásnak, továbbá könnyen belátható, hogy egyoldali szemrevételezéssel nem állapíthatók meg a sávokban lezajló áramlási viszonyok. Ha az erdősáv szélnek kitett oldala sűrűbb (de nem zárt, $P > 10\%$), mint a szélvédett oldal, akkor a szélesebbesség csökkenésére és ebből fakadóan pozitív veszteségi tényezőre számíthatunk. Hogy az áttörtségi tényező kedvezően alakul-e, azt már csak helyi szélmérések alapján állapíthatjuk meg pontosan. Azt azonban nem szabad elfelejteni, hogy az erdősávval való gazdálkodás lehetősége olyan eszköz, amellyel módosíthatjuk a védőhatást kiváltó sávszerkezetet, illetve a folyamatos erdősáv-borítottsággal biztosíthatjuk a talajközeli szelek káros hatásai elleni védelmet.

Az erdősávok szélvédő hatásának vizsgálata során tisztában kell lenni azzal, hogy a képletek alapján megtervezett szerkezet nem pontosan a matematika törvényei alapján működik. Minden modell részleteket ragad ki az egész élő áramlási rendszerből, és maradnak olyan önkényesen mellőzött tényezők, amelyek a helyi körülmények és a meteorológiai viszonyok kiszámíthatatlansága miatt eltéréseket okozhatnak a jól megtervezett mezővédő erdősáv környezetében. Egy ilyen ok a szél beesési szögének változása, amikor pár fokos változása is – a relatív „szerkezetváltozás” miatt – különböző szélesebbesség-csökkenéssel jár. De hasonló, előre nem számítható módosulásokat okozhat a sáv környezetének változatosága: a felszín tagoltsága, a mezőgazdasági kultúra jellege stb.

A digitális technikával támogatott kísérleteinket olyan irányba szeretnénk továbbfejleszteni, amely minél szemléletesebben ötvözi magában a meteorológia, az áramlástan és az erdészeti kutatások tapasztalatait.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Abramoff, M. D. and Ram, S. J. 2004: Image Processing with ImageJ. Biophotonics International, Laurin Publishing Co. Inc. <http://webeye.ophth.uiowa.edu/dept/biograph/abramoff/imagej.pdf> (2012-03-12)
- Csomai G. és Dalia O. 1995: Távérzékelés. EFE FFFK, Székesfehérvár, 66-89. pp.
- Czímber K. 1997: Geoinformatika. Soproni Egyetem, Sopron, 44-65. pp.
- Danszky I. 1972: Erdőművelés I. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest: 420-448.
- Dobos T. 1972: Erdészeti tájrendezés és környezetvédelem B. kötet. EFE jegyzet, Sopron: 47-49.



- Ferreira, T. and Rasband, W. 2011: ImageJ User Guide. <http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/user-guide.pdf> (2012-03-12)
- Gál J. 1961: Az erdősávok hatása a szél sebességére. Erdészettudományi Közlemények, (2): 5-20.
- Gál J. és Káldy J. 1977: Erdősítés. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Keresztesi, B. 1991: Forestry in Hungary 1920-1985. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Lajos T. 2004: Az áramlástan alapjai. Műegyetemi Kiadó, Budapest
- Magyarország erdőállományai 2001. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest
- Reinking, L. 2007: Examples of Image Analysis Using ImageJ. Department of Biology, Millersville University. <http://imagej.nih.gov/ij/docs/pdfs/examples.pdf> (2012-03-12)
- Takács V. 2004: A sopronhorpácsi mezővédő erdősávrendszer állapotfelmérése, a további hasznosítás lehetőségeinek vizsgálata. Erdészeti Lapok, 139 (4): 127-130.
- Takács V. 2008: Útfásítások közlekedésbiztonsági vizsgálata a Sopron-Fertőd kistérség területén. PhD értekezés, NymE EMK, Sopron: 108-140.
- Takács, V. and Frank, N. 2004: From forest livestock-keeping to multipurpose shelterbelts; Traditions, resources and potential in the relation of Hungarian forest-management and agriculture. SSM International Congress, Lugo (Spain).
- Takács, V. and Frank, N. 2005: Shelterbelts ensure the multifunctionality on cultivated fields and diversify the landscape of Small Hungarian Plain. Multifunctionality of Landscapes - Analysis, Evaluation, and Decision Support, Justus-Liebig-University Giessen (Germany)
- Takács, V. and Frank N. 2008: The tradition, resources and potential of forest growing and multipurpose shelterbelts in Hungary. - In Riguerio-Rodríguez, Antonio; McAdam, Jim H., Mosquera-Losada, María Rosa (Eds.) Agroforestry in Europe. Current Status and Future Prospects. Serie Advances in Agroforestry Vol.6. Springer Verlag, Florida, USA, ISBN 978-1-4020-8271-9. pp. 415-433

*Érkezett: 2011. május 15.
Elfogadva: 2012. szeptember 3.*

A CSEMETEKORI VADRÁGÁS KÖVETKEZMÉNYEINEK VIZSGÁLATA RUDAS ÁLLOMÁNYOKBAN

Náhlík András, Dremmel László, Sándor Gyula és Tari Tamás

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézet

Kivonat

A csemetekori, nagyvad által okozott rágáskár hipotézisünk szerint hosszabb távon negatívan hat ki az erdőállományok, a fák és a faanyag mennyiségére és minőségére.

Az adatokat a Bükk-hegységben felvételeztük kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl., 1784) rudas állományaiban, amelyekben nagyvad által okozott, több éven át ismétlődő erős rágáskárt írtak le. A rágott erdőrézlethez hasonló termőhelyen azonos fajfajú vadkármentes kontroll területet is kiválasztottunk, melyeken belül 10-10 db, 10x10 m-es mintakvadrátot jelöltünk ki, melyekben felmértük a fatörzsek mellmagassági törzssátmérőjét, a fák magasságát, a fák számát és a fatörzs 2 m alatti alaki hibáit, mint pl. görbeség és villás elágazás. Az adatokat t-próbával és Mann-Whitney U teszttel értékeltük.

1. A vadrágás a fák magasságának kismértékű, de szignifikáns, 50 cm-es csökkenését eredményezte, és jelentős számú villásodást okozott.
2. Az erős, több éven át tartó rágás ellenére a véghasználati korban a rágás következtében nem fog romlani a kitermelt faanyag minősége.
3. Ugyanakkor kisebb mértékű mennyiségi kiesés lesz.
4. A vadrágás az erdőfelújítás költségét a többletápolások miatt megnöveli.

Kulcsszavak: gímszarvas, muflon, őz, rudas állomány, vadrágás, kocsánytalan tölgy

LONG TERM EFFECTS OF BROWSING OF SEEDLINGS AS EXAMINED IN POLE STAGE

Abstract

According to our hypothesis browsing of seedlings and saplings by large herbivores causes long term negative changes in quantity and quality of forest stands, trees and timber.

Data were collected in the Bükk mountains, North Hungary. Sample territory was marked out in sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl., 1784) pole stand previously having been browsed on seedling's stage by large herbivores. Similarly to the sample area control territory was marked out in an unbrowsed forest stand. The number of sample and control territory in oak stands was 10-10, with a 10x10 m size. We recorded the number of trees, measured the diameter at breast height (1.3 m) of the stems, the height of



the trees and the malformations of the stems which occurred lower than 2 m, such as tortuosity and fork growth. The data were evaluated by Student's t-test and Mann-Whitney U test.

1. Browsing caused slight but significant, 50 cm decrease in the height of trees and a high ratio of fork growth.
2. We concluded that despite of heavy browsing activity which lasted several years, timber quality at harvesting will not decrease.
4. At the same time a slight decrease in timber output will occur.
5. Browsing will raise costs of regeneration due to the expenses of increased number of weeding.

Keywords: red deer, muflon, roe deer, pole stage forest, browsing, sessile oak

BEVEZETÉS

A vadragás számos mérsékelt égövi országban az erdőfelújítások legnagyobb akadályozó tényezőjévé vált (Gill 1992, Putman 1996). A huzamosabb ideig jelentkező túlzott vadragás csökkenti a növényi borítást és a diverzitást, megváltoztatja a tápanyag, nitrogén és szén körforgását, befolyásolja az energiaáramlást (Hobbs 1996, Coté és mtsai 2004). Természetes ökoszisztémában a nagyvad mérsékelt rágása stabilizálja az erdőtársulás összetételét a szukcesszió lassításával, az intenzív rágás viszont destabilizálja a szukcesszió folyamatának felgyorsításával (Hobbs 1996). A nagyobb N (fehérje) tartalmú lombos fajokat mérsékeltén rágva, azok hajtás- és levéltömegét megnöveli, és lassítja a fenyők dominanciáját eredményező szukcessziót. Intenzív rágással viszont a lombos fajokat visszaszorítva a fenyők gyorsabb térnyerését segíti elő.

Az erdőállományok fajai összetételét gazdasági erdőkben is befolyásolhatja a rágás. Például gazdaságilag negatív hatásként jelentkezik, ha a cseres-tölgyesekben a tölgy erősebb rágásával a cser térnyerését segíti elő a rágás (Murányi 1988). Emellett, az egyébként kedvelt, ritkább elegyfajokat a szarvasfélék annál intenzívebben rágják, minél kisebb a relatív arányuk az erdősisítésben. Ez a jelenség viszont az olyan elegyfajok végleges eltűnéséhez vezet, mint a hegyi juhar, magas kőris és madárberkenye (Čermák és mtsai 2009).

A vadragás elősegítheti a növényevő rovarok megtelepedését a csemetéken (Hjältén és Price 1996, Olofsson és Strengbom 2000). Más esetekben a növényevő rovarok sűrűsége csökkenhet a számukra a vadragás következtében lecsökkent számú, kolonizációra alkalmas szabad niche-ek miatt vagy éppen a csökkent táplálékminőség következtében, esetleg a növények rágás következtében kialakult nagyobb ellenálló képessége okán (Hjältén 1999, Bergstrom és mtsai 2000). A vadragás ökológiai hatásai tehát rendkívül változatosak lehetnek a rágással érintett fajtól vagy az ökoszisztéma összetételétől függően. Ugyanakkor az ökológiai hatások egy része nyilvánvalóan gazdasági kár formájában is megjelenik, például az erdőállomány megváltozott fajai összetétele (Reimoser és mtsai 1999, Didion és mtsai 2009) vagy a kártevők szinergikus hatása következtében (Olofsson és Strengbom 2000).

A vadragás gazdasági hatásai elsősorban az újraerdősítés, pótlások, ápolási többletköltségek, a növedékveszteség vagy a vágásérettségi korban kitermelt erdőállomány és faanyag minőségének romlása révén jelentkezhetnek (Reimoser és mtsai 1999, Náhlík és mtsai 2007). Problémát jelent, hogy az egyszer már megrágott csemeték sokkal kitettebbek a jövőbeni vadragásnak (Kinnaird 1974, Kullberg és Welander 2003, Pepin és mtsai 2006), az ismételt vadragás pedig

több vezérhajtás kialakulásához vezethet (Kullberg and Welander 2003). Az őz és gímszarvas által okozott csemeterágás kimutatható negatív hatással van a nyír-, bükk- és tölgycsemeték mortalitására és növekedésére (Van Hees és mtsai 1996).

Ugyanakkor figyelembe kell venni az erdősisítés sikere érdekében alkalmazandó vadkárelhárítási költségeket is, amelyek országos szinten jóval magasabbak a ténylegesen bekövetkezett kárértékeknél is (Náhlik 2012). Nem hagyható figyelmen kívül az a tény sem, hogy a rágás okozta vadkár adminisztratív jellegű közvetlen kiadásokkal is járhat az erdővédelmi bírságon, illetve a felügyeleti szankciókon keresztül (Náhlik és mtsai 2007).

A vadragás rövid távú hatását a csemeték növekedésére számos, főként szimulált vadragással végzett kísérlet mutatta ki. A csemeték egyszerű rágása sokszor nem okoz magassági vagy biomassa csökkenést (Eiberle 1975, Hoogester and Karlsson 1992), máskor túlkompenzáló növekedés következtében az enyhén rágott csemeték még magasabbak, mint az érintetlenek (Pollanschütz 1988, Náhlik és Walter-IIIés 1998, Kullberg and Welander 2003). Ugyanakkor ismert, hogy rosszabb termőhelyen a csemeték kevésbé képesek a következő évben vagy években gyorsabb növekedéssel kompenzálni a rágás miatti magassági elmaradást (Danell és mtsai 1991). A csemeték ismételt vagy erősebb visszarágása a csemeték magassági növekedésének akár jelentős visszaesését vagy mortalitását is eredményezheti (Eiberle 1975, Pollanschütz 1988, Náhlik és Walter-IIIés 1998).

Kevesebb adat van arra vonatkozóan, hogy nem a csemete, hanem az erdőállomány szintjén a vadragásnak milyen hosszabb távú következményei vannak. Munkánkban a vadragás hosszú távú hatását vizsgáltuk két kocsánytalantölgy-erdőrészlet összehasonlításával, az erdősisítés befejezése után 16 évvel. Az egyikben rágáskárt írtak le, a másik vadkártól mentes volt. Vizsgáltuk, hogy van-e eltérés a hozamban és a törzsalakban a korábban rágott és rágással nem érintett erdőrészek között.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatunkhoz az Egererdő Zrt. Szilvásvárad Erdészetének területén kocsánytalantölgy-állományaiban választottunk ki egy-egy léces erdőrészt, melyek egymással, a vadkártelhelés kivételével hasonlóságot mutattak.

A két erdőrészt a Szilvásvárad 11I és 11F volt. Mindkét erdőrészt genetikai talajtípusa barnaföld, a termőréteg vastagsága középmező, fizikai talajfélesége vályog, többletvízhatástól független, tengerszint feletti magassága 400 m, fekvése nyugati, lejtése 15°. Távlati célállomány kocsánytalan tölgyes-cseres. A Szilvásvárad 11I erdőrészt kocsánytalan tölgyes-cseres klímában fekszik, teljes területe 5,5 ha, melyből 1995-ben 1,5 ha beékelődött akácos állomány végvágásra került, amelynek átalakítását, mesterséges felújítását még ebben az évben elkezdték 100%-ban kocsánytalan tölgy 2 éves mageredetű csemetékkel. 1996-ban pajorkár ellen történt védekezés, 1998-tól pedig négy éven keresztül évente 1-1 alkalommal Cervacollal védekeztek vadragás ellen, összesen mintegy 300e Ft költséggel. Ennek ellenére 1996-ban 44%, 1997-ben 45%, 1998-ban 75%, 1999-ben szintén 75%, majd 2000-ben 50%, 2001-ben 80%, 2002-ben 20% minőségi vadkár keletkezett az állományban, amelyet szarvas, muflon és őz okozott. A felújítást 2002-ben, 7 év elteltével minősítették befejezettnek. A záródásihiány miatt befejezett erdő-



sítés-ápolást 4 alkalommal végeztek (2003, 2004, 2005, 2006), összesen 94.000 Ft/ha költséggel. A Szilvásváradi 11F erdőrészlet (kontroll) gyertyános-tölgyes klímájú, teljes területe 7,3 ha, melyből 1995-ben 7,0 ha sarj eredetű cseres-kocsánytalan tölgyes-akácos állomány végvágásra került, amelynek átalakítását, mesterséges felújítását még ebben az évben elkezdték 100%-ban kocsánytalan tölgy 2 éves mageredetű csemetékkel. Vadkárt a területen nem írtak le. 1996-ban pajorkár ellen történt védekezés, illetve a tarvágott területet 1996-ban vadvédelmi kerítéssel be is kerítették, amelyet 2003-ban bontottak le. 1996-99 között 10% cser elegy volt az erdősítésben, amelyet kiápoltak. A befejezés éve 2000 volt, az erdősítést 5 évesen adták át, 100% kocsánytalan tölgyet írtak le ekkor. Befejezett erdősítés-ápolást a záródáshiány miatt 3 alkalommal végeztek (2003, 2004, 2005), összesen 40428 Ft/ha költséggel.

A minőségi kárt az erdőfelügyelő szokásos módon, júniustól szeptemberig szembecsléssel vette fel. Az előzőekben ismertetett minőségi vadkárarányok ezért pontatlanok, de a konkrét számoknak nincs is relevanciája, azok tájékoztató jellegűek, és azt mutatják, hogy a minta erdőrészletben erős vadragás volt éveken át, míg a bekerített kontrollterületen vadragás nem volt.

A növekedési mutatók tekintetében nem volt különbség a vadkáros és a kontrollterület között. Mind a két vizsgált erdőrészlet várható növekedése „közepes” minősítésű (Sali 1975, Béky 1989).

A vizsgált erdőrészletekben szisztematikus módszerrel kijelöltünk 10-10 db, 10x10 m-es mintakvadrátot, és ezekben felvételeztük a faállományt. Megmértük az összes faegyed mellmagassági törzsátmérőjét. A fák magasságát egyedi magassági görbékkel becsültük (Fekete 1951, Veperdi 2002). Feljegyeztük a törzsalak hibáit (görbeség, villás törzs) és a tőszámot. A görbeség és a villás törzs esetében csak a 2 m alatti, a feltételezhetően csúcsrügy sérüléséből eredő törzsalaki hibákat jegyeztük fel, amelyek a vadragás következményeiként azonosíthatók.

Az adatokat Microsoft Excel program segítségével rögzítettük, rendszereztük és dolgoztuk fel. Kiszámoltuk a felvételezett fák átlagos mellmagassági átmérőjét és átlagmagasságát, a 2 m alatti villás és 2 m alatti, hajtáskárosodás következtében görbe faegyedek számát. A felvételezések során kapott adatokat több szempont szerint értelmeztük, és az így nyert eredményeket értékeltük.

Először a vadkáros és a kontroll területek adatait hasonlítottuk össze felvett változónként. Következő lépésként az adataink és a fatermési táblák (Sopp 1974) alapján fatermési osztályokba soroltuk az erdőrészleteket, majd az eredményeket összevetettük a korábban ugyanitt található időskorú állományok fatermési adataival, illetve a szakirodalomban (Sali 1975, Béky 1989) az adott termőhelyre megadott paraméterekkel. Az egyes erdőrészletek tárgyalása során a tőszám tekintetében az időskorú állományok által mutatott számokat vettük alapul, a mellmagassági törzsátmérő megítélésénél viszont az aktuális fatermési osztályok adatait használtuk fel. Ennek oka, hogy így az adott termőhelyen található állományra vonatkoztatható legmagasabb tőszámhoz, illetve legnagyobb átmérőhöz tudunk viszonyítani.

A statisztikai értékeléseket a Past program segítségével készítettük el. Az adatok eloszlásának normalitásvizsgálatát Kolmogorov-Szmirnov-tesztel végeztük el. Normális eloszlás esetén az átlagokat t-próbával, ettől eltérő esetekben Mann-Whitney U-teszt alkalmazásával vetettük össze.

EREDMÉNYEK

Abban az erdőrészletben, melyben nagymértékű vadkárt írtak le, egyértelműen kimutatható volt annak hatása a jelenlegi állapotra.

A vadkáros területen hektáronként 3570 ± 330 csemetét számítottunk, míg a kontroll területen 4660 ± 542 -at. A különbség szignifikáns volt ($p=0,000$, $df=18$). Mivel a kiinduló állapot csemeteszáma nem ismert, messzemenő következtetést ebből levonni nem kívánunk, de tény, hogy a vadkáros területen helyenként elszórtan nagyobb tőtávolság látszott, ami utalhat a vadragás hatására.

A mért mellmagassági törzsátmérő tekintetében ugyan valamivel alacsonyabb átlagot kaptunk a vadkáros területen, de ez statisztikailag nem volt igazolható ($p>0,05$). Ezzel szemben a vadkáros területen szignifikánsan alacsonyabb faegyedeket mértünk, mint a kontrollterületen ($p<0,01$). Mivel sem a két mintaterület élőhelyi és termőhelyi adottságaiban, sem a felújítás módjában, sem az erdészeti beavatkozásokban nem találtunk lényeges értékelhető különbséget, így az eltérés oka a vadragásban keresendő (1. táblázat).

1. táblázat: A kocsánytalan tölgyesek növekedésének összehasonlítása

(* $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$; NS nem szignifikáns).

Table 1: Comparison of the growth characteristics of the sessile oak stands

(* $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$; NS not significant).

| | Törzsátmérő _{1,3} (cm) | Magasság (m) | Villás (%) | Görbe (%) |
|-------------------|---------------------------------|--------------|------------|-----------|
| Vadkáros | 5,7 | 6,5 | 27,23 | 39,79 |
| SD | 2,33 | 1,1456 | 5,6202 | 12,6941 |
| Összes megmért fa | 357 | 357 | 357 | 357 |
| Kontroll | 5,9 | 7 | 8,1 | 37,33 |
| SD | 2,4117 | 1,4185 | 4,0057 | 8,9233 |
| Összes megmért fa | 466 | 466 | 466 | 466 |
| df | 821 | 821 | 18 | 18 |
| p | 0,0996 NS | 0,0001 *** | 0,0001 *** | 0,6171 NS |

A hibás, vagyis villás és görbe törzsalakokat felmérve a vadragás által érintett területen igazolhatóan ($p<0,01$) magasabb volt a 2 m alatt elágazó villás faegyedek aránya, ami szintén az erős vadragásnak tudható be. A villás törzsnövekedés kimutatását lehetővé tette az, hogy ezek egy szátra metszése nem történt meg. A rágott területen belül a villás növekedésű törzsek átlagmagassága $6,0 \pm 1,35$ m, a nem villásoké $6,6 \pm 1,0$ m volt.

Nem volt viszont kimutatható a hajtáskárosodásból származó különbség, a 2 m alatti görbe törzsalak százalékos előfordulását tekintve a vadkáros és a kontrollterületek között ($p>0,05$).

AZ EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA

A csülkösvad által okozott vadkár objektív felmérésének számottevő nehézségei vannak (Gill 1992, Reimoser és mtsai 1997). A vadragás hatása függ a fafajtól, termőhelytől, a rágás idejétől, intenzitásától (Canham és mtsai 1994, Náhlík és Walter-IIIés 1998), a csemete korától, fejlettségétől, valamint attól, hogy a vezérhajtást érte-e rágás vagy nem (Náhlík und Walter-IIIés 1998, Hammer 2001, Jones és mtsai 2009). Bár a termőhelyi feltételek és az erdők felújításának módja nem mindenben volt egyező a tölgy korábban vadragott és kontrollterülete esetében, eredményeink óvatos értékelésre módot adnak.

Ami a tőszámot illeti, mesterséges felújításról lévén szó, mindkét esetben 10000 körüli lehetett az induló csemeteszám, konkrét adatok azonban nem találhatóak erről. Tény, hogy a felvételkor a tőszám szignifikáns különbséget mutatott a vadragott terület hátrányára, akárcsak más lombos fafajok esetében egy korábbi vizsgálatban (Van Hees és mtsai 1996). A csemeték mortalitását a vadragással érintett területen valószínűsíthetjük egy korábbi, szimulált visszarágásos vizsgálatunk alapján is, amikor a kocsánytalantölgy-csemeték négy éven át történő, a csúcshajtást nem is feltétlenül érintő visszavágására, a visszavágás mértékétől függően 30-60%-os mortalitással reagáltak (Náhlík és Walter-IIIés 1998). Mostani vizsgálatunk során 6 éven keresztül erős és további 1 évben gyengébb visszarágást írtak le az erdőrésztlet esetében. Ha figyelembe vesszük, hogy az egyszer már megrágott csemeték a következő években bizonyítottan erősebben vannak kitéve a vadragásnak (Kinnaird 1974, Kullberg és Welander 2003, Pepin és mtsai 2006), akkor okkal feltételezhetjük, hogy a minta- és a kontrollterület csemeteszámának különbsége a vadragás számlájára írható.

Megállapítható, hogy mindkét kocsánytalantölgy-erdőrészletben a tényleges tőszám elmarad a kívánatostól, bár a vadkáros területen a különbség jóval nagyobb (Béky 1981). A vadkáros tölgyerdőrészletben a tőszám 3570 db/ha volt a kívánatos 7000 helyett, míg a kontrollterületen 4660, a kívánatos 6000 helyett.

A mellmagassági átmérő tekintetében nem tudunk igazolható visszaesést kimutatni a korábban rágott tölgyfák esetében. A vadkáros tölgyerdőterületen a felújítás 2005-ös felvételezés-kor, valamint az időskorú állomány a III. fatermési osztályba tartoztak. Ezzel szemben a legfrissebb, általunk gyűjtött adatok alapján a felújítás az I. fatermési osztályba sorolandó Béky (1981) nomogramja segítségével a kor és az átlagmagasság alapján. Az erdőrésztlet az átmérő tekintetében (5,7 cm) magasabb értéket produkált a nomogram 4,8 cm-énél.

Hasonló a helyzet a tölgykontrollterület esetében is, amely 2003-ban, akárcsak a korábbi idős állományok a IV. fatermési osztályba kerültek az erdészet adatbázisa alapján. Az általunk elvégzett méréseket felhasználva Béky (1981) nomogramja segítségével az I. fatermési osztályba soroltuk be. Ebben az esetben szintén nagyobb az általunk mért 5,9 cm-es mellmagassági törzs-átmérő, mint a nomogramról leolvasható érték (5 cm). A nomogramban megadottnál nagyobb átmérők értékelésekor mindkét területen figyelembe kell venni, hogy a csemeték növényterea a kívánatosnál kisebb csemeteszám miatt nagyobb volt, ami eredményezhette az átmérő növekedést. Ezzel együtt is összességében megállapítható, hogy a vadragás a tölgy mellmagassági átmérőjének alakulását sem érdemben, sem pedig statisztikailag kimutathatóan nem befolyásolta.

Vizsgálataink során nem túl nagy, de szignifikáns hatását állapítottuk meg a vadragásnak a kocsánytalan tölgy magassági növekedésére. Elvileg a két terület klímája közötti különbség

befolyásolhatta ezt az eredményt. Azt azonban mindenképpen kijelenthetjük, hogy ha a vadragott terület fának magassága azért nem különbözött nagyobb mértékben a kontrollterületétől (akár pozitív akár negatív irányban), mert a klímák közötti különbség azt befolyásolta, akkor a klímahatás hasonló jelentőségű, mint a vadragás hatása, vagyis elfedte ez utóbbit. Ez pedig erősen relativizálná a vadragás csemeték magasságára gyakorolt hatásának jelentőségét. Mindenesetre korábbi szimulált visszarágási vizsgálataink azt mutatták, hogy 2 éves ismételt visszavágást a csemeték fokozott magassági növekedéssel még kompenzálni tudnak, azonban a kocsánytalan tölgy már a harmadik évtől érzékenyen reagál a csúcshajtás visszavágására, magasságbeli elmaradást produkálva (Náhlík és Walter-IIIés 1998). A jelek szerint a vadragás intenzitása az adott vizsgálatban, az erdőrészletben leírt jelentős vadragás ellenére sem volt olyan mértékű, vagy a rágott csemetéket ismétlődően nem érintette olyan erősen, hogy az a csemeték magassági növekedését az említett kísérletünkhöz hasonló mértékben vetette volna vissza.

Hasonló következtetésekre jutottak más olyan vizsgálatok is, amelyek hosszú távon, 12-13 éven keresztül vizsgálták különböző fafajok rágásának hatását. Szélsőségesen intenzív rágás következtében a csemeték a 20-30 cm-es magasságot sem tudják meghaladni (Gill és Beardall 2001, Horsley és mtsai 2003, Kumar és mtsai 2006). Esetünkben ilyen intenzív rágást nem regisztráltunk, azonban a csemeték hossza a rágott területen így is elmaradt a kontrollterület csemetéitől.

A görbe törzsek arányát tekintve nem volt igazolható eltérés a rágott és a kontrollterületek között. A villás törzsnövekedés tekintetében azonban jelentős, szignifikáns eltérés mutatkozott. Ismert, hogy a vadragás megváltoztatja a fák morfológiai jellemzőit, ami befolyásolja nemcsak a fák növekedését, de csökkentve versenyképességüket, befolyással van a túlélésükre is (Peinetti és Menezes 2001). A kérdés az, hogy egy viszonylag intenzív, több éven át ismétlődő vadragás a vágásérettségi korban okoz-e gazdasági kárt akár a törzsek kedvezőtlenebb alakján és minőségén, akár a kitermelhető fatömeg csökkenésén keresztül.

A vadragással érintett tölgy esetében a várható vágásérettségi kor 80 évben állapítható meg (Sali 1975, Béky 1989). Az időskorú állományok fatermési osztálya (III.) alapján ebben a korban 459 db/ha tőszám az optimális. Az általunk számított 3570 db/ha tőszámból kivonva a villás és görbe törzsalakú fákat, eredményül 1177 db/ha tőszámot kapunk, amely több mint kétszerese a 80 éves korban kívánatos hektáronkénti számnak.

A kocsánytalan tölgyesek magassága között ugyan statisztikailag is alátámasztott különbség volt, de ennek mértéke nem tűnik túlzottan nagyknak. Figyelembe véve a villás törzsnövekedésű fák viszonylag egyenletes térbeli elhelyezkedését, az előzőekben feltett kérdésre tehát a válasz az, hogy a kocsánytalan tölgy mesterségesen felújított állományában a viszonylag erős és évenként ismétlődő rágás a törzsalak és a minőség tekintetében nem eredményezett gazdasági kárt, és a fatömeg magasságkülönbségből adódó csökkenése is jelentéktelen. Sőt, ha figyelembe vesszük azt, hogy a vágásérettségi korig csak a legjobb növekedésű egyedek maradnak az állományban, a fatömegveszteség gyakorlatilag elhanyagolható.

Ennek ellenére párosulva a kisebb tőszámmal, illetve a tőszám jelentős elmaradása a Béky (1981) által meghatározott kívánatostól, a befejezett minősítés 2 évvel későbbre tolódását eredményezte a kontrollterülethez viszonyítva. A kisebb tőszám és átlagmagasság a záródás későbbre tolódását eredményezheti, ami az ápolási költségek növekedésével járhat.



Mindezekeken felül a költségeket növeli a vadragás elleni védekezés költsége, amely az olcsóbb, vegyszeres védekezés esetében csemetemérettől és tőszámtól függően hektáronként és alkalmanként (4 éven keresztül, évente 1-1 alkalommal) 3,5-7e Ft költséggel jár. Ilyenkor az erdőgazdálkodónak mérlegelni kell, hogy a védekezés költségei megtérülnek-e a gyorsabb záródással, illetve ennek következtében az ápolási költségek csökkenése révén. Az adott vizsgálatunk esetében a vadragás miatt később bekövetkező záródás a tölgynél egy befejezett erdősítés-ápolással több ráfordítást igényelt.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 „Szellemi, szervezeti és K+F infrastruktúra-fejlesztés a Nyugat-magyarországi Egyetemen” pályázatkeretén belül valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Béky A. 1981: Mag eredetű kocsánytalan tölgyesek fatermése. Erdészeti Kutatások, 74: 309-320.
- Béky A. (szerk.) 1989: A tölgy természetése és hasznosítása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Bergstrom, R.; Skarpe, C. and Danell, K. 2000: Plant responses and herbivory following simulated browsing and stem cutting of *Combretum apiculatum*. Journal of Vegetation Science, 11: 409-414.
- Canham, C.D.; McAninch, J.B. and Wood, D.W. 1994. Effects of the frequency, timing, and intensity of simulated browsing on growth and mortality of the tree seedlings. Canadian Journal of Forest Research, 24(4): 817-825.
- Čermák, P.; Horsák, P.; Špirík, M. and Mrkva, R. 2009: Relationship between browsing damage and woody species dominance. Journal of Forest Science, 55(1): 23-31.
- Coté, S.D.; Rooney, T.P.; Tremblay, J-P.; Dussault, C. and Waller, D.M. 2004: Ecological impacts of deer overabundance. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 35: 113-147.
- Danell, K.; Niemelä, P.; Varvikko, T. and Vuorisalo, T. 1991: Moose browsing on scots pine along a gradient of plant productivity. Ecology, 72(5): 1624-1633.
- Didion, M.; Kupferschmid, A.D. and Bugmann, H. 2009: Long-term effects of ungulate browsing on forest composition and structure. Forest Ecology and Management, 258: s44-s55.
- Eiberle, K. 1975: Ergebnisse einer Simulation des Wildverbisses durch den Triebchnitt. Schweiz. Z. Forstwesen, 126(11):821-839.
- Fekete Z. 1951: Erdőbecslés tan a faállományszerkezet-tan és a fatermés tan vázlatával, Akadémiai Kiadó, Budapest
- Gill, R.M.A. 1992: A review of damage by mammals in North Temperate forests: 3. Impact on trees and forests. Forestry, 74(3): 209-218.
- Gill, R.M.A. and Beardall, V. 2001: The impact of deer on woodlands: the effects of browsing and seed dispersal on vegetation structure and composition. Forestry, 74: 209-218.
- Hammer, R. 2001: The effect of plant competition and simulated summer browsing by deer on tree regeneration. Journal of Applied Ecology, 38: 1094-1103.
- Hjältén, J. 1999: Willow response onto pruning: the effect of plant growth, survival and susceptibility to leaf galls. Ecoscience, 6: 62-67.

- Hjältén, J. and Price, P.V. 1996: The effect of pruning on willow growth and sawfly population densities. *Oikos*, 77: 549-555.
- Hobbs, N.T. 1996: Modifications of ecosystems by ungulates. *Journal of Wildlife Management*, 60(4): 695-713.
- Hoogester, J. and Karlsson, P.S. 1992: Effects of defoliation on radial stem growth and photosynthesis in the mountain birch (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*). *Functional Ecology*, 6: 317-323.
- Horsley, S.B.; Stout, S.L. and deCalesta, D.S. 2003: White-tailed deer impact on the vegetation dynamics of a northern hardwood forest. *Journal of Applied Ecology*, 13: 98-118.
- Jones, B.E.; Lile, D.F. and Tate, K.W. 2009: Effect of simulated browsing on aspen regeneration: implications for restoration. *Rangeland Ecology and Management*, 62: 557-563
- Kinnaird, J.W. 1974: Effect of site conditions on the regeneration of birch (*Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh.). *Journal of Ecology*, 62: 467-472.
- Kullberg, Y. and Welander, N.T. 2003. Effects of simulated winter browsing and drought on growth of *Quercus robur* L. seedlings during establishment. *Forest Ecology and Management*, 173: 125-133.
- Kumar, S.; Takeda, A. and Shibata, E. 2006: Effects of 13-year fencing on browsing by sika deer on seedlings on Mt. Ohdaigahara, central Japan. *Journal of Forest Research*, 11: 337-342.
- Murányi J. 1988: Az erdőművelés és az eredményszámítás néhány kapcsolata. *Erdészeti Lapok*, 123(1): 3-8.
- Náhlík A. 2012: Nagyvadgazdálkodásunk helyzete és gondjai napjainkban. In: Faragó S. és Fáczyányi Ö. (szerk): Régi dicsőségünk – a Magyar Tudományos Akadémia Erdészeti Bizottságának és az Országos Magyar Vadászkamara Kulturális Bizottságának tudományos konferenciája a Vadászati Világkiállítás 40. évfordulóján. Országos Magyar Vadászkamara, Budapest. p. 59-74.
- Náhlík A.; Tari T. és Sándor Gy. 2007: Az erdei vadkár keletkezésének okai és következményei, a vadgazdálkodás időszzerű kérdései, 7.-Vadkár
- Náhlík, A. und Walter-IIIés, W. 1998: Die Einwirkung des Wildverbisses auf die Mortalität und das Höhenwachstum der Pflanzen verschiedener Baumarten – ein simuliertes Experiment. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung*, Halle/Saale, Deutschland, 23: 95-105
- Olofsson, J. and Strengbom, J. 2000: Responses of galling invertebrates on *Salix lanata* to reindeer herbivory. *Oikos*, 91: 493-498.
- Peinetti, H. R. and Menezes, R. S. C.. 2001. Changes induced by elk browsing in the aboveground biomass production and distribution of willow (*Salix monticola* Bebb.): Their relationships with plant water, carbon, and nitrogen dynamics. *Oecologia*, 127: 334-342.
- Pepin, D.; Renaud, P-C.; Boscardin, Y.; Goulard, M.; Mallet, C.; Anglard, F. and Ballon, P. 2006. Relative impact of browsing by red deer on mixed coniferous and broad-leaved seedlings – An enclosure-based experiment. *Forest Ecology and Management*, 222: 302-313.
- Pollanschütz, J. 1988: Ergebnisse aus Untersuchungen über die Auswirkungen simulierten Verbisses an Fichte. *Zeitschrift des Tiroler Jagdverband*, 40: 13-17.
- Putman, R.J. 1996: Ungulates in temperate forest ecosystems: perspectives and recommendations for future research. *Forest Ecology and Management*, 88(1-2): 205-214.
- Reimoser, F.; Odermatt, O.; Roth, R. und Suchant, R. 1997: Die Beurteilung von Wildverbiß durch SOLL-IST-Vergleich. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 168(11-12): 214-227.
- Reimoser, F; Armstrong, A. and Suchant, R. 1999. Measuring forest damage of ungulates: what should be considered. *Forest Ecology and Management*, 120: 47-58.
- Sali E. (szerk.) 1975: Az egyes termőhelytípusokon alkalmazható célállományok és azok várható növekedése. Kézirat. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium Erdőrendezési Főosztály, Budapest
- Sopp L. 1974: Fatömegszámítási táblázatok – fatermési táblázatokkal. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest



- Van Hees, F.M.; Kuiters, L.A.T. and Slim, P.A. 1996: Growth and development of silver birch, pedunculate oak and beech as affected by deer browsing. *Forest Ecology and Management*, 88: 55-63.
- Veperdi G. 2002: *Faterméstan*. Oktatási segédanyag, Sopron

Érkezett: 2012. április 12.

Elfogadva: 2012. szeptember 3.

A GYÖKÉRRONTÓ TAPLÓ (*HETEROBASIDION ANNOSUM*) ELLEN ALKALMAZOTT BIOLÓGIAI VÉDEKEZÉSI TECHNOLOGIA ERDEIFENYŐ ÁLLOMÁNYOKBAN

Koltay András¹, Lakatos Tamás², Tóth Tímea² és André Zoltán³

¹Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály,

²Nemaform Kutató és Szolgáltató Kft.

³NEFAG Zrt., Monori Erdészet

Kivonat

Az erdei ökoszisztémákban kiemelten nagy jelentőségük van a szelektív és biológiai védekezési technológiáknak. Ilyen lehetőség az erdészetben a különféle kórokozók ellen felhasznált antagonistá gombafajok vagy más mikroorganizmusok alkalmazása. A hazai fenyvesek egyik legveszélyesebb kórokozója, a gyökérrontó tapló (*Heterobasidion annosum*) ellen korábban már Pagony Hubert alkalmazott hatékony biológiai védekezést erdeifenyő (*Pinus sylvestris*) állományokban. Ezek a kutatási eredmények azonban feledésbe merültek, de a probléma továbbra is jelen van fenyveseinkben. Az elmúlt évek során az óriás terülőgomba (*Phlebiopsis gigantea*) felhasználásával ezt az eljárást újra kifejlesztettük, a mai követelményekhez igazítottuk, és létrehoztuk a nagyüzemi felhasználásra is alkalmas oltóanyagot. Az eddigi vizsgálatok eredményei egyértelműen bizonyították, hogy a hazai erdeifenyő-állományokban ez az eljárás új távlatokat nyithat meg a gyökérrontó tapló elleni védekezésekben.

Kulcsszavak: erdeifenyő, biológiai védekezés, gyökérrontó tapló, *Heterobasidion annosum*, *Phlebiopsis gigantea*, *Pinus sylvestris*

BIOLOGICAL CONTROL TECHNOLOGY AGAINST *HETEROBASIDION ANNOSUM* ROOT ROT IN SCOTS PINE STANDS

Abstract

In forest-ecosystems it is very important to apply selective and biological control technologies against pests and pathogens. Such method in forestry is the usage of antagonistic fungi or other micro-organisms. One of the most dangerous pathogens of conifers in Hungary is the *Heterobasidion annosum* root rot. Formerly Hubert Pagony applied successfully a biological control agent against it in Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands. However, these research achievements fell into oblivion, although the pathogen is still present in our forests. In the past few years we re-developed this method, by the usage of *Phlebiopsis gigantea*



and rearranged it according to present-day requirements. We were able to produce an inoculum, which is suitable for industrial-scale usage and manufacturing. Our experiments so far evidently claimed that this method can open new perspectives in root rot control in Scots pine forests.

Keywords: Scots pine, biological control, root rot, *Heterobasidion annosum*, *Phlebiopsis gigantea*, *Pinus sylvestris*

BEVEZETÉS

Az erdővédelmi eljárásokban, az utóbbi évek szemléletváltozása nyomán, elsődleges szemponttá vált az integrált növényvédelem. Ennek során olyan védekezési technológiákat keresünk és alkalmazunk, amelyekkel a legkisebb változást idézzük elő a környezetben, ugyanakkor a veszélyesnek ítélt károsítók, kórokozók populációméretét a gazdaságilag még elfogadható szintre tudjuk csökkenteni. Ez különösen nehéz az erdei ökoszisztémákban, ahol a különböző élőlények populációi közötti bonyolult kölcsönhatások tartják egyensúlyban a rendszert. Itt kiemelten nagy jelentőségük van a szelektív vagy biológiai védekezési technológiáknak.

Ilyen növényvédelmi technológia a kórokozók ellen alkalmazott antagonista gombafajok vagy más mikroorganizmusok alkalmazása. A megfelelően kiválasztott organizmusok csak az adott károsítót, illetve kórokozót gátolják, míg a többi élőlényre nézve semleges hatásúak (Campbel 1989). Az antagonista gombafajokkal hatékonyan csökkenthető egyes kórokozók megtelepedése és az általuk okozott károk mértéke a gazdanövényeken, így a fenyőkön is (Cook és Rayner 1984; Renvall 1995, Nicoletti 2005). Ezt az alap gondolatot felhasználva végeztünk fejlesztési kísérleteket a hazai fenyvesek egyik legveszélyesebb kórokozója, a gyökérrontó tapló *Heterobasidion (Fomes) annosum* Fr.(Bref) ellen az óriás területgomba *Phlebiopsis (Peniophora) gigantea* /Fr./Jülich alkalmazásával.

Az alap gondolat nem új, külföldi kutatók régen is kutatták, és jelenleg is vizsgálják a kérdést a hatékony védekezési eljárások kialakítása érdekében (Risbeth 1963, 1979; Kallio 1979; Froelich és mtsai 1977; Annesi és mtsai 2005; Tubby és mtsai 2008). Ezek a vizsgálatok azonban hazánktól jelentősen eltérő ökológiai viszonyok között folynak, így a kifejlesztett technológiák a hazai körülmények között nem elég hatékonyak, ennek megfelelően közvetlen adaptálásuk nem eredményes. Így például a Nagy-Britanniában és Finnországban alkalmazott eljárás a jóval hűvösebb és csapadékosabb klímán működik elfogadhatóan, viszont ennek direkt alkalmazása Magyarországon nem hozott megfelelő eredményeket (Pagony 1981). Korábban, az 1980-as évek elején Pagony Hubert kutatásai nyomán hazai izolálású antagonista gombák felhasználásával születtek eredmények (Pagony 1985). Ezek azonban feledésbe merültek, mivel az oltóanyag előállítás a rendszerváltás során megszűnt, és az alkalmazásához nyújtott támogatás jogi háttere is megváltozott. Ugyanakkor a fenyvesekben továbbra is jelentős problémát jelent a tapló kártétele, ami arra késztetett minket, hogy újra létrehozzuk ezt a mai elvárásoknak is messzemenően megfelelő környezetbarát védekezési technológiát.

A gyökérrontó tapló az erdei- és a feketefenyő esetében a szíjácstól támadja, és ezzel gyors pusztulást idéz elő, míg a többi fenyőnél a gesztben telepedik meg, így elsősorban a legértékesebb vastag faanyag műszaki károsításával, illetve gyengítésével idéz elő szintén nem elhanya-

golható károkat. Mivel a tapló spórái elsősorban a friss tuskók vágáslapján keresztül fertőznek, a nevelővágásokat követően jelentősen nő a gyökérrontótapló-fertőzés veszélye. Ennek megelőzésre alkalmas a *P. gigantea* antagonista gomba spóraszuszpenziója, amellyel a nevelővágásokkal egyidejűleg kezelni lehet a tuskókat, megakadályozva a tapló fertőzését.

Magyarország összes erdőterületének 12,6%-át (225784 ha) fenyőerdők teszik ki. Ebből erdeifenyő 7,4% (132243 ha), feketefenyő 3,7% (67167 ha), lucfenyő 1,1% (20022 ha) és 0,3% (6352 ha) egyéb fenyő, tehát még jelenleg is nagy területeket foglalnak el fenyveseink (MgSZH 2008).

Mivel hazánkban az erdei- és feketefenyő van túlnyomó többségben, ezek védelme igen komoly feladatot jelent. Az ERTI Erdővédelmi Osztályának korábbi vizsgálatai szerint a fenyvesek 20-30 százalékában jelen van a kórokozó, és a megtámadott állományokban a fertőzés mértéke eléri a 20-40%-ot. A hazai fenyvesek tervezett véghasználati kora 70-80 év, amely a gyökérrontó tapló elterjedése következtében 30-40 évre csökken, és így jelentős veszteséget okoz a gazdálkodók számára (Pagony 1983, Tóth 1986).

Ha figyelembe vesszük, hogy az erdei- és feketefenyő élőfakészlete 30-40 éves korban, közepes fatermési csoportot tekintve, átlagosan 200-220 m³, amely a tapló támadása miatt átlagosan 160-180 m³-re csökken, és összevetjük a várt 70-80 éves állományok élőfakészletével, amely 320-350 m³, akkor a különbség (azaz a csökkenés) a valós és tervezett értékek között hektáronként 140-160 m³. Mindezek csak a m³-ben mérhető veszteségek, ugyanakkor jelentősen növeli a károkat, hogy a tervezettnél korábban kivágott fák felhasználhatósága, műszaki paraméterei is jelentősen csökkennek, és így a sokkal jövedelmezőbb ipariválaszték-kihozatal szinte lehetetlenné válik. A fakészletvesztés mellett a letermelt állomány felújítási költsége is jelentős anyagi kárt jelent a gazdálkodóknak, mivel a károsodott állományból származó árbevétel többnyire nem fedezi a felújítás költségeit. Ezeket a veszteségeket jelentősen csökkenthetjük az antagonista gomba felhasználásán alapuló biológiai védekezési technológia alkalmazásával, mivel ennek segítségével növelhető a vágásérettségi kor és az ezzel összefüggő valamennyi gazdasági paraméter.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az eljáráshoz szükséges megfelelő oltóanyag előállításának első lépése volt a hazai fenyvesekben természetes módon előforduló gombafajok termőtesteinek begyűjtése, és a termőtestekből izolátumok és törzstenyészetek előállítása a további vizsgálatokhoz.

A gyűjtéseket 2009 nyarán végeztük a konzorciumi erdőgazdaságok erdeifenyő-állományában. (Kezdetben a Nyírerdő Zrt. és a Nagykunsági Erdészeti Zrt. vett részt a munkában, de később technikai okok miatt a Nyírerdő Zrt. kilépett a konzorciumból.) A *Heterobasidion annosum* és *Phlebiopsis gigantea* termőtesteket különféle korú, gyökérrontó taplóval fertőzött fenyvesekben gyűjtöttük. Összesen 25 erdőrészletből sikerült termőtesteket gyűjteni. A begyűjtött minták erdőrészlet szintű adatait, GPS koordinátáit egyaránt rögzítettük. A laboratóriumi munkák során a Monori Erdészet területéről származó termőtestekből 4, a Nyírerdő fenyveseiből 12 *H. annosum* törzset sikerült izolálni. Egy termőtest lucfenyőtuskóról, míg a többi erdeifenyő-tuskóról származott. A *P. gigantea* gombából összesen 4 új törzstenyészetet tudtunk létrehozni, mivel a kérdéses

időszakban csak igen kevés termőtestet találtunk. A termőtestek mindegyike kidőlt erdeifenyő-törzsről származott.

A területbejárások során a már korábban elhalt fák gyökfőjében a felszín közelében vagy az avartakaróval fedett gyökfőben lehet a gyökérrontó tapló jellegzetes vöröses szegélyű, piszkosfehér termőrétegű termőtesteit begyűjteni (1. ábra). A termőtesteket laboratóriumban, nedves kamrában steril tárgylemezre helyeztük, majd 24 órát hagytuk sporulálni. A tárgylemezről a spórákat petricsészében, szélesztéses módszerrel vittük fel a gomba tenyésztésére általánosan használt 1%-os Difco maláta kivonatot tartalmazó 1,5%-os agar táptalajra. Az így nyert heterokarióta tenyészeteket használtuk a további vizsgálatokhoz.

A *Heterobasidium annosum*nak több biotípusa létezik. Korhonen (1978) kutatásai szerint ezek a biotípusok rendszerint különböző fenyőféléken fordulnak elő. A „P” csoport elsősorban *Pinus*okon, míg az „S” csoport főleg lucfenyőn (*Spruce*) található (Korhonen és mtsai 1998). Később Olaszországban azonosítottak egy harmadik „F” jelzésű csoportot, amely jegenyefenyőn jellemző (Capretti és mtsai 1990). Magyarországon mindhárom biotípust sikerült kimutatni, de a „P” típust csak *Pinus* fajokról, míg lucfenyőn a „P” és „S” típust, jegenyefenyőn az „S” és „F” típust (Pagony és Szántó 1995). Az általunk begyűjtött heterokarióta *Heterobasidium annosum* törzset Pagony és Szántó (1995) módszere szerint vizsgáltuk, és megállapítottuk, hogy valamennyi tenyészetünk a „P” biotípusba tartozik.



1. ábra: *Heterobasidium annosum* termőtest erdeifenyő gyökfőjében
Figure 1: Fruiting body of *Heterobasidium annosum* on root swelling of Scots pine

Az óriás terülőgomba, *Phlebiopsis gigantea* termőtestei elsősorban kidőlt, elhalt faanyagon gyűjthetők. A *P. gigantea* termőtestekből ugyancsak szélesztéses módszerrel készítettünk törzstenyészeteket. A tenyészeteket 24 °C-on tároltuk, de a hosszabb idejű megőrzésre desztillált vizet eprűvattákba tenyészetkorongokat helyeztünk, melyet hűtőszekrényben tárolunk 4-5 °C-on. Ebben a formában a tenyészetek több évig életképesek maradnak. A további vizsgálatokhoz az általunk begyűjtött 4 gombatorzs mellett az ERTI törzsgyűjteményében lévő *P. gigantea* tenyészetek közül két törzset is felhasználtunk. (A törzstenyészeteket 15.N számmal jelöltük.)

A kutatások következő lépéseként antagonista vizsgálatokat végeztünk. Ennek során felmértük, hogy a vizsgálatba bevont hat *P. gigantea* gombatörzs antagonista hatása milyen mértékű a *H. annosum* tenyészetekkel szemben. Az antagonista hatás mértékét petricsészés konfrontációs módszerrel vizsgáltuk (Kallio 1979; Korhonen 1998). Ennek során a két gomba tenyészeiből 5 mm átmérőjű agar korongokat helyeztünk egymástól 3 cm távolságra, majd háromheti inkubáció után vizsgáltuk a konfrontációs zóna jellegzetességeit, nevezetesen: milyen mértékben volt képes ránőni az egyik gomba micéliuma a másikra (2. ábra). A kísérletek során hat *P. gigantea* gombatörzset vizsgáltunk (négy begyűjtöttet és kettőt a törzsarchívumból). *H. annosum* tenyészetek közül szintén hat törzset vontunk be a vizsgálatokba, mégpedig az előzetes vizsgálatok során kiválasztott legjobb növekedésűeket. Valamennyi *P. gigantea* gombatörzset összeoltottuk valamennyi *H. annosum* tenyészettel, háromszoros ismétlésben. A háromheti inkubációt követően lemértük mindkét gomba *micéliumnövekedését* az ellentétes korong irányába. A növekedés mértéke alapján határoztuk meg az egyes *P. gigantea* törzsek antagonista hatását. A további vizsgálatokhoz azokat az ígéretes *P. gigantea* törzseket választottuk, amelyek az inkubálást követően legerőteljesebben ránőttek a *Heterobasidion annosum* micéliumaira, megakadályozva annak további növekedését. A tapasztalatok szerint ugyanis ezek mutatják a legerősebb antagonista hatást a gyökérrontó taplóval szemben, és így alkalmasak a további vizsgálatokhoz, tömegszaporításhoz.



2. ábra: *H. annosum* és *P. gigantea* kompetíciós vizsgálata során jellegzetes konfrontációs zónák alakulnak ki
Figure 2: Typical confrontational zones in the *H. annosum* — *P. gigantea* competition experiment

Következő lépésként öt kiválasztott *Phlebiopsis* törzstenyészettel tömegszaporítási kísérleteket állítottunk be. Az izolátumokat folyadékfázisú bioreaktorban szaporítottuk fel. A tömeges oltóanyag előállítását BR021 típusú (INEL Kft.), belső fordítóhengeres laboratóriumi bioreaktorban végeztük.

A továbbiakban fő feladatunk volt a laboratóriumban tesztelt oltóanyag szabadföldi alkalmazási technológiájának kidolgozása, valamint a kiválasztott *P. gigantea* törzsek megeredési erélyének, hatékonyságának vizsgálata a friss tuskókon. A gyakorlati alkalmazáshoz elenged-



hetetlenül szükséges volt tisztázni a kijuttatandó oltóanyag optimális mennyiségét, továbbá a gyakorlati alkalmazás számára legmegfelelőbb kijuttatási technológiát.

A kísérleti oltóanyaggal az előzetes szabadföldi vizsgálatokat 2009 októberében kezdtük meg. A Monori Erdészet területén lévő Csévharaszt 109/D, 28 éves erdeifenyő-állományban szabadföldi tuskókezelési kísérletet állítottunk be, három (15.24; 15.31; 15.33 jelű), a tömegszaporítás során legalkalmasabbnak tűnő *P. gigantea* törzssel. Mindhárom törzs esetén három különböző inokulumsűrűséget használtunk: 1 000, 10 000 ill. 100 000 CFU/ml (jelölésük a továbbiakban 10^3 , 10^4 ill. 10^5 CFU/ml). A kezelések során 10-10 db frissen kivágott fa tuskóját kezeltük, valamennyi változat esetében 10 ml oltóanyagot kijuttatva egy-egy tuskóra. A tuskókra juttatott oltóanyag megeredési vizsgálatát 6 hónappal később, 2010 áprilisában végeztük korongvágásos módszerrel. Ebben az esetben valamennyi beoltott tuskóról mintakorongot vágunk.

2010. május 6-án a Monori Erdészet területén lévő Csévharaszt 109/D, 28 éves erdeifenyő-állományban (a korábbi kisparcellás kísérletbe bevont erdőrészletben) az erdészet elvégezte a teljes állományban az üzemtervben előírt növedékfokozó gyérítést. Ezt követően, másnap végrehajtottuk a friss tuskók kezelését az egész erdőrészletben, ami a korábban kezelt részek nélkül mintegy 2 ha területet jelentett. A kísérleti kezeléshez a korábban is alkalmazott három *P. gigantea* törzset használtuk, de az oltóanyag spóraszámát mindhárom törzs esetében 10^4 CFU/ml töménységű volt. Az oltóanyagot hāti permetezővel juttattuk ki, tuskónként körülbelül 10 ml inokulummal. A kezelések során mindhárom *P. gigantea* törzs esetében átlagosan 1000 db tuskót kezeltünk.

Az oltóanyag megeredésének és hatékonyságának vizsgálata hat hónappal később, ismételen korongvágásos módszerrel történt. Valamennyi kezelési változathoz 25-25 db mintakorongot vágunk véletlenszerűen kiválasztva a tuskókat az állományban. A korongokat a laboratóriumban 5 perces áztatás után papírzacskóba majd műanyag zsákba helyeztük, és így inkubáltuk 2 hétig. Ezt követően mikroszkópos vizsgálattal megállapítottuk a beoltott gomba megeredési intenzitását és borítási %-át a korongokon.

Az általános állománykezelési kísérleteket kiegészítettük az idősebb állományokban kialakult fertőzött foltok szegélyeinek kezelésével. Két *H. annosum* által fertőzött foltban elvégeztük a foltszegélyek kezelését is. Ennek során az elhalt fákat határoló egészséges egyedeket két fasszélességben kivágtuk, és a tuskókat *P. gigantea* szuszpenzióval kezeltük. Mivel a kórokozó a gyökereken keresztül fertőzi a még egészséges fákat, reményeink szerint ezzel a kezeléssel a foltok további növekedése, azaz a tapló terjedése gátolható. A későbbi vizsgálatokhoz a szegélyeken álló egészséges fákat megjelöltük, így lehetőség nyílik a pusztuló foltot övező egészséges fák utólagos azonosítására.

EREDMÉNYEK

Az oltóanyag előállítás

A *P. gigantea* és a *H. annosum* törzstenyészetekkel végzett petricsészés konfrontációs vizsgálati eredmények igazolták, hogy a kísérletbe bevont *P. gigantea* gombatorzsek a vizsgált „P”

biotípusú *H. annosum* törzsekre nézve antagonista hatást gyakorolnak, így alkalmasak lehetnek a biológiai védekezési eljárásához.

A konfrontációs vizsgálatok során az öt legerőteljesebben növekedő *P. gigantea* törzset választottunk ki. Az így kiválasztott törzsekkel kezdtük meg a tömegszaporítási vizsgálatokat. Ennek eredményeként három törzset szelektáltunk, amelyek leginkább megfeleltek a tömegszaporítás céljára. Ezt követően kezdtük meg ezzel a három gombatörzssel a tömeges oltóanyag előállítását. A *P. gigantea* előállítása szilárd fázisú fermentációval jól megoldható (Virtanen és mtsai 2008), ugyanakkor a módszer ipari alkalmazhatóságát korlátozza, hogy a léptéknövelés nehézkes, nem automatizálható, ill. a léptéknövelés után az inokulum-kihozatal egységnyi szubsztrátra vonatkoztatva jelentősen csökken (Swanwick 2007). Éppen ezért vizsgálataink során folyadékfázisú előállítási módszert alkalmaztunk, mivel a folyadékfázisú bioreaktorok automatizálása és a folyamatok léptéknövelése jobban megoldható.

A *P. gigantea* izolátumok folyadékfázisú szaporíthatóságának két kritériuma volt. Egyrészt a gomba növekedése kellően intenzív-e, viszonylag rövid idő alatt megindul-e a spórázás, vagy kialakulnak-e olyan hifaelfűződések, amelyek propagulumként szolgálhatnak. Másrészt a gomba növekedése megfelel-e a folyadékfázisú fermentorok követelményeinek. Ebből a szempontból a laza fonalas vagy az erősen tömörödő növekedési formák a berendezések mozgó alkatrészeinek akadályozása miatt nem előnyösek.

A vizsgált izolátumok már agarlemezen is igen eltérő növekedési képet mutattak, s rázatott lombikban is különbözőek voltak. Egyes esetekben erősen tömörödő gombócok alakultak ki, más esetekben szabályos apró gyöngyszerű képletek voltak megfigyelhetők, illetve előfordultak olyan izolátumok, amelyeknél a gyöngyszerű képletek lazák voltak, a fermentfolyadék pedig zavarosodó. Mikroszkópos vizsgálattal az első típusnál a fermentfolyadékban csak néhány letöredező hifadarabot lehetett találni, a második csoportba tartozónál valamivel több ilyen hifaág volt megfigyelhető, míg a harmadik típusú izolátumoknál rendkívül sok lefűződő hifafragmentum mellett spórák is előfordultak, esetenként igen nagy mennyiségben. Nyilvánvaló, hogy az ipari léptékű előállítás szempontjából ez utóbbi csoport a leginkább kedvező. Ebbe a csoportba három gombatörzs tartozott, így a további kísérletekbe ezeket a törzseket vontuk be.

A bioreaktorban végzett tenyésztési kísérletekben a kiválasztott gombatörzsek növekedése rendkívül gyorsnak bizonyult, 96 óra múltán a hifatömeg csaknem teljesen meggátolta a folyadék áramlását a fermentortestben. Egyik izolátum sem sporulált az adott körülmények között, de a fermentlében rendkívül sok lefűződött hifadarabkát lehetett találni. A fermentlé inokulumkoncentrációja jellemzően a 10^6 CFU/ml tartományban volt. A folyamat végére max. 2 mm átmérőjű pellettömeget kaptunk, amelynek roncsolásával $5,5 \times 10^5$ – $6,5 \times 10^6$ CFU/ml homogenizátumot állítottunk elő. A hígítatlan fermentlével 4 C°-on végzett tárolási kísérlet eredménye szerint a CFU érték a fermentálást követő 4 hónap során sem csökkent érdemben, így az előállítás és felhasználás között az oltóanyag biztonságosan tárolható.

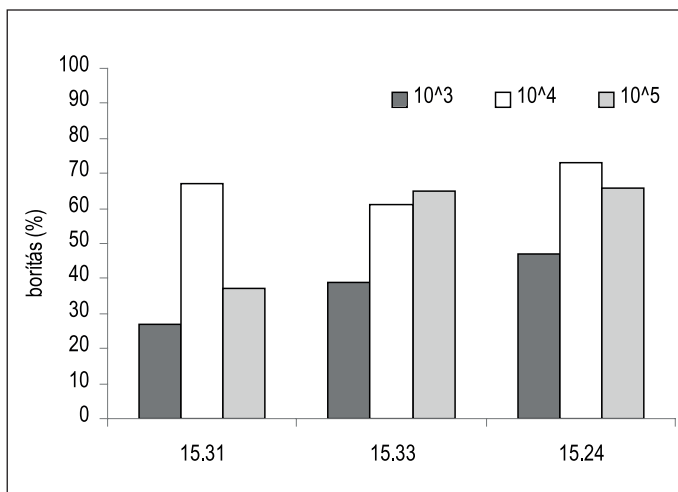
A nagyüzemi felhasználást segítő az oltóanyagot folyékony ételfesték (6 ml/liter Maxcolor 'Málnapiros', Szilas Kft., színanyag: azorubin) felhasználásával színeztük. Ennek eredményeként az eredetileg szintelen oltóanyag tetszőleges intenzív színűre festhető, így a kezelések során egyértelműen elkülöníthető a kezelt és kezeletlen tuskó. Ezzel hatékonyabbá és egyben ellenőrizhetővé válik az oltóanyag kijuttatása.

Szabadföldi kezelések

Az első, előzetes szabadföldi vizsgálatokat 2009 októberében kezdtük. Ekkor három *P. gigantea* izolátum különböző töménységűre beállított spóraszuszpenzióját alkalmaztuk, 10 ml oltóanyagot kijuttatva egy-egy tuskóra. A tuskókra juttatott oltóanyag megeredési vizsgálatát hat hónappal később, 2010 áprilisában végeztük korongvágásos módszerrel. A megeredési és kolonizációs vizsgálatok elvégzéséhez az oltást követően 3-6 hónap szükséges, mivel a gombának a tuskó megfelelő mértékű átszövéséhez minimálisan ennyi időre van szüksége.



3-4. ábra: A *P. gigantea* hifái kéthetes inkubálást követően megjelennek a mintakorongokon
Figure 3-4: Hyphae of *P. gigantea* appear after two weeks incubation



5. ábra: A kísérleti kezeléseknél az eltérő *P. gigantea* izolátumok (15.31; 15.33; 15.24) különböző koncentrációjú inokuláival kezelt tuskók vágáslapján a gomba átlagos borítási értékei (n=5)
Jelölések: 10³=10³ CFU/ml, 10⁴=10⁴ CFU/ml, 10⁵=10⁵ CFU/ml

Figure 5: Average coverage of fungi (15.31; 15.33; 15.24) on the surface of experimental stumps, after treatment with inoculi of different concentrations of different *P. gigantea* isolates (n=5).
Labels: 10³=10³ CFU/ml, 10⁴=10⁴ CFU/ml, 10⁵=10⁵ CFU/ml

A mintakorongok vizsgálatának laboratóriumi eredményei azt mutatták, hogy mindhárom, a szabadföldi kísérletbe bevont *P. gigantea* törzs 100%-os megeredésű, azaz hatékonyan meglepedett a tuskókon (3-4. ábra).

E mellett valamennyi gombatörzs esetében elegendőnek bizonyult mindhárom töménység a *P. gigantea* sikeres inokulációjához. A különböző koncentrációjú inokulumoknál a gomba borítási értéke eltérő volt ugyan, de nem minden izolátum esetén, ill. nem mindig következetesen (5. ábra).

Ez azt is jelenti, hogy a legalacsonyabb töménységű inokulumszuszpenzió is megfelelő lehet a kívánt növényvédelmi hatás eléréséhez, de legalábbis nem indokolható 10^4 CFU/ml-nél nagyobb töménység alkalmazása. Ez a potenciális készítmény területegységre jutó költsége szempontjából kiemelt jelentőségű.



6. ábra: Kedvező, csapadékos időjárás esetén az oltást követő 3-6 hónapban megjelennek a *P. gigantea* termőteste a beoltott tuskókon

Figure 6: In case of favourable wet weather fruiting body of *P. gigantea* appears on inoculated stumps after 3-6 months of inoculation

Az üzemi jellegű kezeléseket erdefenyő-állományban 2010 májusában végeztük, aminek során ismételten ugyanazt a három gombatörzset alkalmaztuk (15.31; 15.33; 15.24), valamennyit 10^4 CFU/ml töménységre beállítva. A korongvágásos, laboratóriumi vizsgálatok mellett a kezelt állományokban a területbejárás során a beoltott tuskókat is megvizsgáltuk. Megfelelő csapadékos időjárás esetén ugyanis a beoltott tuskók felületén megjelenik a *P. gigantea* jellegzetes, viaszos, szürkésfehér szétterülő termőteste (6. ábra).

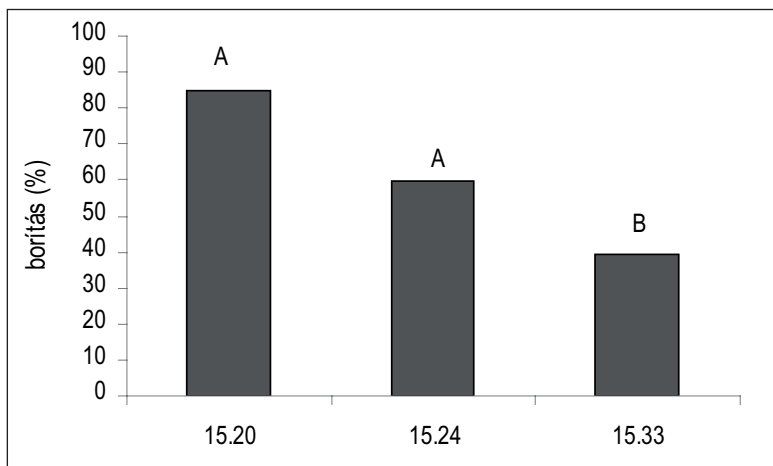
Ennek alapján már a helyszínen egyértelműen meghatározható volt az oltások eredményessége, mivel a beoltott tuskók 37%-án találtunk termőtestet. E mellett azonban a korongvágásos, laboratóriumi precíz eredményességi vizsgálatokat is elvégeztük, mert csak ezek adhatnak egyértelmű eredményeket a megeredésre vonatkozóan, mivel nem minden esetben és nem minden tuskón jelennek meg markánsan a termőtestek. Kedvezőtlen csapadékszegény időszakban egyáltalán nem fejlődnek ki a beoltott gomba termőteste, így csak a tuskókból vágott korongok

laboratóriumi inkubálását követően megjelenő hifákból és a lefűződő jellegzetes téglalap alakú konídiumokból lehet mikroszkóppal meghatározni a megeredés tényét és mértékét (7. ábra).



7. ábra: A *P. gigantea* jellegzetes téglalap alakú konídiumai
Figure 7: Typical rectangle conidia of *P. gigantea*

Az erdőfenyő-állományokban az üzemi oltások eredményei valamennyi gombatorzs esetében igazolták a kezelések sikerességét (8. ábra).



8. ábra: Üzemi kezelések eredményei. Az eltérő *P. gigantea* izolátumok (15.31; 15.33; 15.24) 10^4 CFU/ml koncentrációjú inokulumával kezelt tuskók vágáslapján a gomba átlagos borítási értéke ($n=10$). (Az oszlopok feletti betűjelzés a statisztikai különbségre utal, $p<0,05$ szignifikancia szinten, egyutas varianciaanalízissel tesztelve.

A varianciaanalízishez - a varianciák inhomogenitása miatt- $\arcsin(x)$ transzformált adatokat használtunk.)

Figure 8: The results of treatments in managed forests. Average coverage of fungi (15.31; 15.33; 15.24) on the surface of experimental stumps, after treatment with inoculi of 10^4 CFU/ml concentration of different *P. gigantea* isolates ($n=10$). (The letters above the columns are standing for statistical differences, on $p<0.01$ significance level, tested with one-a-way analysis of variance. For the analysis of variance

– due to the inhomogeneity of variances – $\arcsin(x)$ transformed data were used.)

Az idősebb állományban végzett szegélykezelések tuskóvizsgálati eredményei is azt mutatják, hogy a ráoltott gomba sikeresen megtelepedett a tuskókön. Ennek eredményeként a gyöke-
rekbe való bejutása is bekövetkezik a jövőben, így a pusztult foltok terjedése reményeink szerint megállítható. A kezelések ez irányú eredményeit azonban csak néhány év múlva lehet egyértelműen megállapítani, amikor visszatérve a területre az adott folt méretét és az állományszegélyek fáinak állapotát megvizsgáltuk.

A szabadföldi kísérletek gyakorlati eredményei egyértelműen bizonyították, hogy a korábbiakban Pagony által alkalmazott eljárás ismételt kifejlesztésével és alkalmazásával a technológia hatékonyan felhasználható a gyökérrontó tapló elleni védekezésekben. Az egyre fogyatkozó, de még mindig jelentős térfoglalású erdei- és feketefenyő állományokban a kezelések segíthetnek a jövedelem megtartásában, ezért javasoljuk a gyökérrontó tapló elleni biológiai védekezési eljárást az erdészeti potenciál helyreállítási támogatások körébe felvenni.

ÖSSZEFOGLALÁS

A gyökérrontó tapló elleni biológiai védekezési technológia kifejlesztése során első lépésként *H. annosum* és *P. gigantea* termőtesteket gyűjtöttünk fertőzött erdeifenyő-állományokból, és ezekből tisztatenyészeteket állítottunk elő a további vizsgálatokhoz. A két gombafaj tenyésztésével laboratóriumi körülmények között petricsészés konfrontációs vizsgálatokat végeztünk az általunk begyűjtött négy, illetve az ERTI törzsgyűjteményéből származó két *P. gigantea* gomba törzssel az antagonista hatás mértékének megállapítására. Az eredmények igazolták, hogy a begyűjtött „P” biotípusú *H. annosum* törzsekkel szemben jelentős antagonista hatása van a *P. gigantea* gombának. A további szabadföldi kísérletekhez kiválasztottuk a konfrontációs vizsgálatok alapján leghatékonyabbnak tűnő *P. gigantea* gombatörzseket, és ezeket vontuk be a tömegszaporítási kísérletekbe. A bioreaktorban végzett tenyésztési kísérletekben három izolátum tűnt megfelelőnek a kiválasztott gombatörzsek közül. E három gombatörzsből előállított oltóanyaggal végeztük a szabadföldi oltási kísérleteket. A kezeléseket gyérítési korú erdeifenyő-állományokban az oltóanyag különböző spórakoncentrációjával állítottuk be. A kezeléseket követő megeredési vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a *P. gigantea* inokuluma 10^4 CFU/ml koncentrációban 10 ml/tuskó oltóanyag-mennyiséggel eredményesen elvégezhető a tuskók kezelése, a *P. gigantea* gomba mesterséges megtelepítése. A kísérleti eredmények igazolták, hogy a kifejlesztett környezetbarát, biológiai védekezési eljárás hatékonyan alkalmazható a gyökérrontó tapló elleni megelőző védelemben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani a NYÍRERDŐ Zrt. munkatársainak, Juhász Lajosnak és Pályi Zoltánnak, akik közvetlenül segítettek a terepi munkánkat. Ugyancsak köszönet illeti Sulyok Csabát, aki a Monori Erdészetről támogatta a terepi munkálatokat. A laboratóriumi kísérletekben Majsai Erika segítette a munkánkat, köszönjük!



A technológiai fejlesztésre a 2009-2011 közötti időszakra elnyert Baross Gábor-pályázat (azonosító szám: nf081010) támogatásával került sor.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Annesi, T.; Curcio, G.; D. Amico, L. and Motta, E. 2005: Biological control of *Heterobasidion annosum* on *Pinus pinea* by *Phlebiopsis gigantea*. *Forest Pathology*, 35: 127-134.
- Campbel, R. 1989: Biological control of microbial plant pathogens. Cambridge University Press, Cambridge, 218 pp.
- Capretti, P.; Korhonen, K.; Mugnai, L. and Romagnoli, C. 1990: An intersterility group of *Heterobasidion annosum* specialized to *Abies alba*. *European Journal of Forest Pathology*, 20: 231-240.
- Cook, R.C.; and Rayner, A.D.M. 1984: Ecology of saprotrophic fungi. Longman, London, 415 pp.
- Froelich, R.C.; Kuhlman, E.G.; Hodges, C.S.; Weiss, M.J. and Nichols, J.D. 1977: *Fomes annosus* Root Rot in the South, Guidelines for Prevention. Southeastern Area, State and Private Forestry, Forest Service, U. S. Department of Agriculture.
- Kallio, T. and Hallaksela, A.M., 1979: Biological control of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (*Fomes annosus*) in Finland. *European Journal of Forest Pathology*, 9: 298-308.
- Korhonen, K. 1978: Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 94(6): 25 pp.
- Korhonen, K. and Stenlid, J. 1998: Biology of *Heterobasidion annosum*. In: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and control*. Ed. By Woodward, S.; Stenlid, J.; Karjalainen, R.; Hüttermann, A.; Wallingford, New York: CAB International. 43-71.
- MgSzH 2008: Magyarország erdőállományai 2006. Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ Erdészeti Igazgatósága, Budapest 2008. http://www.mgszh.gov.hu/erdeszeti_cd/htm/5__5_1_1_1_fejezet.htm#5_1_1
- Nicoletti, G. and Gonthier, P. 2005: Stump treatment against *Heterobasidion* with *Phlebiopsis gigantea* and some chemicals in *Picea abies* stands in Western Alps. *Forest Pathology*, 35: 365-374.
- Pagony H. 1981: Az erdeifenyő fontosabb kórokozó gombái és az ellenük való védekezés. Doktori értekezés, Budapest, 1981.
- Pagony H. 1983: Fenyőtermesztésünk erdővédelmi problémái, különös tekintettel a határtermőhelyekre. *Az Erdő*, 32 (4): 155-162.
- Pagony H. 1985: Az óriás terülőgomba (*Peniophora (Phlebia) gigantea* (Fr.) Masse) alkalmazási lehetősége a gyökérrontó tapló (*Fomes annosus* (Fr.) Cooke) leküzdésére erdei- és feketefenyvesekben. *Erdészeti Kutatások*, 76-77: 279-286.
- Pagony H. és Szántó M. 1995: Előzetes adatok a gyökérrontó tapló (*Heterobasidion annosum*/Fr./Bref.) magyarországi intersteril csoportjairól. *Erdészeti Kutatások*, 85: 151-167.
- Renvall, P. 1995: Community structure and dynamics of wood-rotting Basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. *Karstenia*, 35: 1-51.
- Risbeth, J. 1963: Stump protection against *Fomes annosus*. III. Inoculation with *Peniophora gigantea*. *Annals of Applied Biology*, 52: 63-77.
- Risbeth, J. 1979: Modern aspects of biological control of *Fomes* and *Armillaria*. *European Journal of Forest Pathology*, 9: 331-340.
- Swanwick, S. 2007: Ecophysiology and production of the biocontrol agent *Phlebiopsis gigantea*. PhD Thesis, Cranfield University, UK, pp. 192-199.
- Tóth J. 1986: Az alföldi fenyvesek egészségi állapota. *Erdészeti Kutatások*, 78: 339-344.

- Tubby, K.V.; Scott, D. and Webber, J.F. 2008: Relationship between stump treatment coverage using the biological controlproduct PG Suspension, and control of *Heterobasidion annosum* on Corsican pine ssp. Laricio. Forest Pathology, 38: 37-46.
- Virtanen, V.; Nyssölä, A.; Vuolanto, A.; Leisola, M. and Seiskari P. 2008: Bioreactor for solid-state cultivation of *Phlebiopsis gigantea*. Biotechnology Letters, 30: 253-258.

Érkezett: 2011. május 9.
Elfogadva: 2012. szeptember 3.



Fenyőpusztulás a Mátrában

2012 kora áprilisától kezdődően az EGERERDŐ Zrt. Mátrafüredi Erdészetének területén gyors lefolyású, feltűnő és fokozódó mértékű pusztulás jelentkezett erdei- és feketefenyő állományokban. Az elpusztult faegyedek április végi első vizsgálatok a pusztulást közvetlenül kiváltó biotikus okot (rovar, kórokozó) még nem lehetett azonosítani, de a június közepén végzett mintavételezések alkalmával már sikerült meghatározni az elhalásokat közvetlenül előidéző kórokozót. Az elhalt ágakon tömegesen jelent meg a *Cenangium ferruginosum* (Fr.) apotéciumos gomba, amely közvetlen kiváltója volt a fenyők pusztulásának, hasonlóan a korábbi években Pécs környékén és a Bakony hegység déli részén tapasztalt fenyőpusztulásokhoz.

Kép és szöveg: Koltay András

ROVARGLOBALIZÁCIÓ A MAGYAR ERDŐKBEN

Csóka György, Hirka Anikó és Szócs Levente

Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály

Kivonat

Magyarországon 1881 és 2010 között 108 valós, illetve potenciális erdészeti jelentőségű jövevény rovarfaj megjelenését észlelték. A megtelepedő erdei rovarfajok száma meredeken növekszik az utóbbi 2-3 évtizedben. Az utóbbi 30 évben (1981-2010) több faj jelent meg erdeinkben, mint az azt megelőző 100 évben (1881-1980). A Hemiptera rend, ezen belül is a levéltetvek adják az összes faj 2/3-át. A fajok 46%-a Ázsiából, 31%-a Észak-Amerikából, 21%-a Európán belülről, 2%-a pedig Afrikából származik. A fajok 2/3 részének nem őshonos fa-, illetve cserjefaj a tápnövénye (35% tűlevelű, 31% lombos). A jövevény rovarfajok megjelenése és terjeszkedése a jövőben is folytatódni fog. Csak korai felismerésük, valamint a velük kapcsolatos ismeretek bővítése és terjesztése segíthet terjedésük lassításában, illetve kártételük mérséklésében.

Kulcsszavak: jövevény erdei rovarok, Magyarország, növekvő betelepülési ráta

INSECT GLOBALIZATION IN THE HUNGARIAN FORESTS

Abstract

108 alien insect species with real or potential importance for forestry have been recorded in Hungary between 1881 and 2010. The colonization rate steeply increased in the last 2-3 decades. More new species were recorded in the last 30 years (1981-2010) than in the previous 100 years (1881-1980). Order Hemiptera (particularly aphids) represent the 2/3 of the species. 46% of the species have Asian, 31% North American, 21% European, 2% African origin. 2/3 of the alien species have non native woody plants (35% conifers, 31% broadleaves) as host plant. It is quite evident that accidental introductions, spread and colonization will continue in the future. Only early recognition, increasing and disseminating the knowledge concerning them may help to slow their spread and decrease the damage caused by them.

Key words: alien forest insects, Hungary, increasing rate of colonization



BEVEZETÉS

A globalizációnak számos megnyilvánulási formájával találkozunk nap mint nap. Talán kevésbé kézenfekvő, de a biológiai inváziók is sok esetben ennek a jelenségnek a másodlagos következményei. A megnövekedett kontinensen belüli és kontinensek közötti kereskedelmi forgalom ugyanis nagyban növeli a kórokozók és kártevők behurcolásának esélyét. Legnagyobb kockázatot általában a fa alapú csomagolóanyagok, illetve az ültetési anyagok nemzetközi kereskedelme jelenti. Ugyanakkor egyes fajok behurcolása esetenként egészen abszurd módokon is végbemehet. Retteggett cincérfaj, a *Monochamus alternatus* (Hope, 1842) kelt ki Ázsiából importált, Németországban forgalmazott gyerekbútorból (Benker 2012), de Magyarországon előkerült már egzotikus cincér szintén ázsiai eredetű sétatálcából is (Kovács 2010).

Ezzel párhuzamosan az egyre gyakoribb időjárás anomáliák (aszályok, enyhe telek, stb.) növelik a behurcolt fajok megtelepedésének és terjeszkedésének, illetve kártételének esélyeit. Ezek az inváziók ökológiai és ökonómiai szempontból egyaránt drámai hatást gyakorolhatnak a kultúr és természetes ökoszisztémákra, így erdeinkre is. Friss példaként említhető az ázsiai eredetű kőris karcsúdíszbogár, *Agrilus planipennis* (Fairmaire, 1888) észak-amerikai megtelepedése és terjeszkedése. Egyedül Ohio államban milliárdos nagyságrendűre (US dollárban) teszik a faj károkozásának potenciális kihatásait (Sydnor és mtsai 2007).

Ehelyütt jövevény fajnak nevezzük azokat a fajokat, melyek tudomásunk szerint korábban nem fordultak elő Magyarország területén, de a dolgozatban tárgyalt időszakban (1881-2010) megjelentek nálunk. Ezek lehetnek idegenhonos fajok, melyek természetes elterjedése Magyarországra nem terjed ki, illetve a természetes úton való terjeszkedéssel sem érhetek el bennünket. Azaz ezek esetében az emberi közreműködés kikerülhetetlenül szükséges volt. Az emberi közreműködés lehet szándékos (betelepítés), illetve nem szándékos (behurcolás). Számos faj elterjedési területe változhat emberi közreműködés nélkül, ezeket önerős terjeszkedőnek vagy önerős jövevényeknek is nevezhetjük. Az utóbbi évtizedekben egész Európában, így Magyarországon is egyre gyakrabban észlelünk ilyen folyamatokat, illetve fajokat. Ezeket az adott faj számára kedvezőbbé váló környezeti tényezők hatására megvalósuló természetes area expanzióknak tekinthetjük. Az önerős expanzióknak (és a megtelepedésnek is) egyik alapvető feltétele a faj számára alkalmas tápnövény megfelelő koncentrációban való jelenléte.

A jövevény fajt általában akkor nevezzük inváziósnak (invazívznak), ha az hatékonyan terjeszkedik, és környezetére számottevő hatást képes gyakorolni. Ez a hatás meglehetősen sokféle lehet (humán-egészségügyi, növényvédelmi, kompetíciós stb.). Megjegyzendő, hogy a fentebb vázolt kifejezéseket sokan, sokféleképpen, korántsem egységesen használják. Ugyanakkor azt is el kell ismerni, hogy a kategorizálás, illetve a kifejezések maradéktalanul következetes használata nem is egyszerű, hiszen a vázolt alapesetek számos különböző kombinációja elképzelhető, illetve meg is valósulhat.

Európa-szerte és Magyarországon is számos tanulmány foglalkozik a jövevény rovarfajok megtelepedésével, terjedésével és életmódjával. Ezek többsége azonban általában egy-egy fajra, illetve egy-egy kisebb-nagyobb rendszertani csoportra koncentrálnak (Csóka 2006, Véték és mtsai 2010, Ripka 2010, Kondorosy 2012, Szőke és Csóka 2012 stb.). A legjelentősebb teljesítményre törekvő munka a 27 EU-tagország közreműködésével létrehozott „DASIE” (The European Alien Species Database – Európai jövevény fajok adatbázisa). A hazai fás szárú növények vonat-

kozásában Tuba és mtsai (2012a) adnak jó összefoglalást a legjelentősebb fajokkal kapcsolatos főbb ismeretekről.

Tanulmányunk 130 évre visszamenőleg (1881-2010) áttekinti az erdészeti jelentőségű rovarfajok magyarországi megjelenésének trendjét, jellemzőit, illetve néhány kiemelt példát is bemutat. A közlemény végén példaként ismertetünk két, az utóbbi évtizedben megjelent inváziós fajt, melyeknek számottevő jelentőséget tulajdonítunk.

A FELHASZNÁLT ADATOK FORRÁSAI

Közleményünk a rendelkezésre álló szakirodalmi forrásmunkák feldolgozását, illetve az ezekben foglalt információk adatbázisba rendezését követően jött létre. Az adatbázisba azokat a fajokat vettük be, melyek erdei fa- és cserjefajokon előfordulnak, illetve jövőbeni előfordulásuk nem zárható ki. Az alapadatokat szolgáltató forrásmunkákat a közlemény végén tételiesen felsoroltuk. Az utóbbi két évtized vonatkozásában jelentős súlyt képeznek az eredeti saját adatok (Blank és mtsai 2010; Csóka 1992, 2001, 2006; Csóka és Hirka 2011; Csóka és mtsai 2009; Szabóky 1994, 2004; Szabóky és Csóka 1997, 2003; Skuhravá és mtsai 2007, Véték és mtsai 2010). A teljes adatbázist terjedelmi korlátok miatt nem közöljük, de elérhető az Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztályán.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

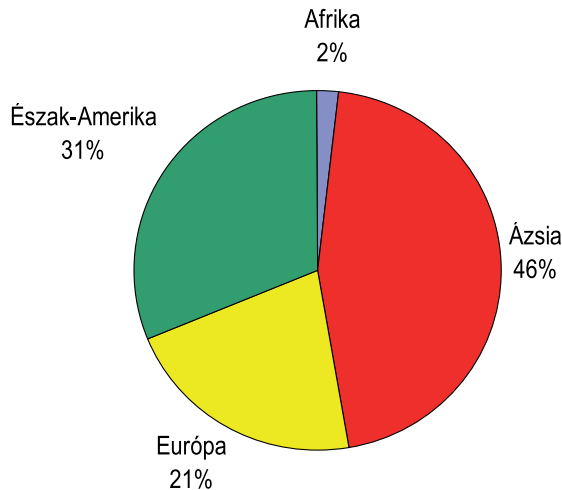
1881 és 2010 között 108, fa- és cserjefajokon élő rovarfaj magyarországi megjelenéséről van tudomásunk. Megjegyzendő, hogy 2011-ben ezeken túl már több új rovarfaj is megjelent Magyarországon, amit jelen elemzésben már nem vettünk figyelembe (Sáfián és Horváth 2011; Tuba és mtsai 2012b). Biztosra vehető az is, hogy a jövevény rovarfajok megjelenése Európában és Magyarországon is folytatódni fog. Ez már csak azért is biztonsággal kijelenthető, mert jónéhány rovarfaj már határainkhoz közel is megtelepedett és terjeszkedik is (Csóka és mtsai 2010, Kondorosy 2012).

Mattson és mtsai (2007) európai viszonylatban fásszárú növényeken 109 jövevény fajról tesznek említést. Közleményünkben több olyan faj is szerepel, amelyet Magyarországon még nem regisztráltak (Pl. *Corythucha arcuata* (Say, 1832), *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky, 1853) stb.)). Ugyanakkor számos, hazánkban megtalált faj hiányzik az általuk megadott felsorolásból (Pl. *Prociophilus fraxinifolii* (Riley, 1879), *Archaria stimulea* (Clemens, 1860)).

Az általuk listázott fajok közül 57 amerikai és 52 ázsiai eredetű. Ez az arány egyébként helyesen 58/51 kellene, hogy legyen, mivel az akác gubacsszünnyogot (*Obolodiplosis robiniae* (Haldemann, 1847)) minden bizonnyal tévedésből ázsiai eredetű fajként említik.

Hazai viszonylatban az ázsiai és amerikai eredetű jövevény fajok aránya fordított. 46% Ázsiából, 31% Észak-Amerikából, 21% Európán belülről, 2% pedig Afrikából származik (1. ábra). Ezek az adatok hozzávetőlegesen visszatükrözik a kontinensek közötti kereskedelmi forgalom volumenét. Amíg az ázsiai eredetű fajok esetében area-expanszió is lehetséges, az amerikai eredetű fajok Európába történő bejutása kizárólag emberi közreműködéssel lehetséges.

Érdekességként megjegyezhető, hogy Mattson és mtsai (2007) szerint Észak-Amerikában több mint 5-ször annyi európai faj (310) telepedett meg, mint amennyi észak-amerikai Európában (58).



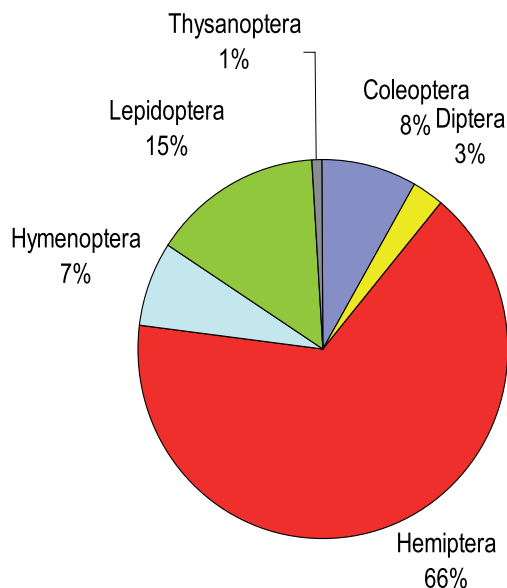
1. ábra: A Magyarországon megtelepedett idegenhonos fajok megoszlása származási kontinensek szerint
Figure 1: The alien forest insects recorded from Hungary, divided by their continents of origin

A 130 év alatt regisztrált 108 jövevény faj 96%-a négy rovarrendből kerül ki (2. ábra). Ezen belül is a Hemiptera rend adja az összes faj 66%-át. Bár közöttük a poloskák (korábban Heteroptera rend) is számos fajjal képviseltetik magukat, legnagyobb számban a korábbi Homoptera rendbe sorolt tetvek, közülük is leginkább a levéltetvek (*Aphididae*) vannak nagy számban. Az általában kistermetű rovarok, különösen a parányi peteként telelő fajok a még viszonylag tüzetes növényegészségügyi ellenőrzéseken is könnyen észrevétlenek maradnak, így a szaporítóanyaggal való behurcolásuk kockázata még a vegetációs időn kívül is igen nagy.

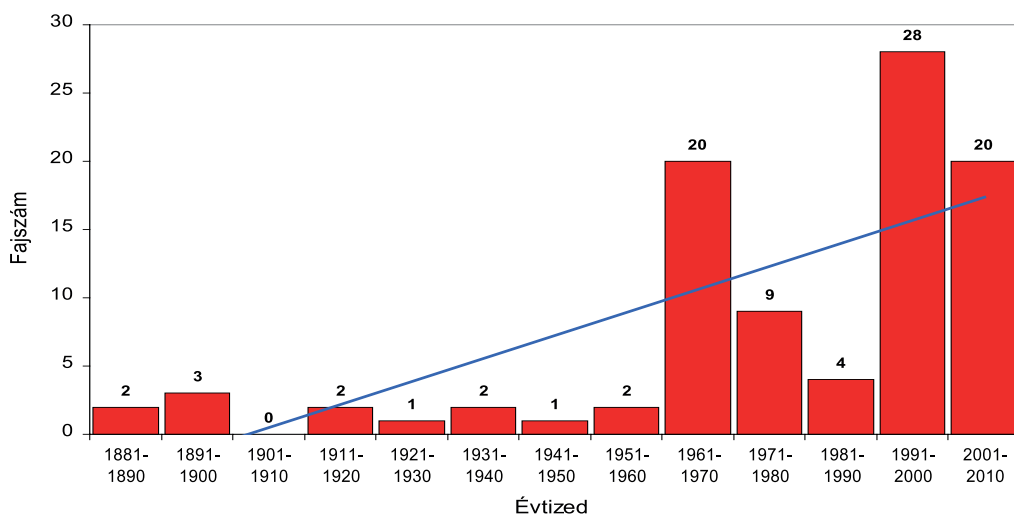
A monofág és oligofág fajok közül legtöbb a *Picea* és *Pinus* nemzetségeken jelent meg. Ennek egyik oka, hogy a 20. század 2. felében Magyarországon végbement jelentős fenyvesítési program eredményeként nagykiterjedésű, monokultúra jellegű, szuboptimális termőhelyen álló fenyvesek jöttek létre Magyarországon. Ezek pedig eleve fokozottan ki vannak téve a jövevény fajok megtelepedésének. A másik, nem kevésbé lényeges szempont, hogy tőlünk nem túl nagy távolságra *Picea* és *Pinus* fajok őshonos állományokban tenyésznek, így a rajtuk élő fogyasztó szervezetek megjelenésének esélye emberi közreműködés nélkül is viszonylag nagy.

A jövevény rovarfajok magyarországi megjelenésének és megtelepedésének üteme különösen az utóbbi fél évszázadban gyorsult fel (3. ábra). Az 1961 és 2010 között eltelt fél évszázadban éves átlagban 1,6 faj megjelenését regisztrálták, míg az 1881 és 1960 közötti 80 éves időszakban ez az érték csupán az előző 1/10-e, 0,16 faj/év volt. A meredeken növekvő trendet érzékeltető másik megfogalmazás: az utóbbi 20 évben több jövevény faj jelent meg, mint az azt megelőző 110 esztendőben. A meredeken növekvő trend még akkor is egyértelmű, ha azt feltételezzük, hogy számos faj a korábbi időszakokban (pl. 1960 előtt) hosszabb ideig „észrevétlen” maradt. Ez a meredeken növekvő trend egyébként egész Európára jellemző (Tuba és mtsai 2012).

A növekvő trend egyik alapvető oka az utóbbi 50 évben jelentősen megnövekedett áruforgalom. Ugyanakkor vitathatatlan tény, hogy a gyakoribbá váló időjárási anomáliák (pl. enyhe telek, aszályok) kifejezetten kedveznek számos jövevény rovarfaj terjeszkedésének, megtelepedésének, illetve akár tömeges elszaporodásának is (Kozár és Nagy 1986, Stollár és mtsai 1993, Kozár és mtsai 2004).

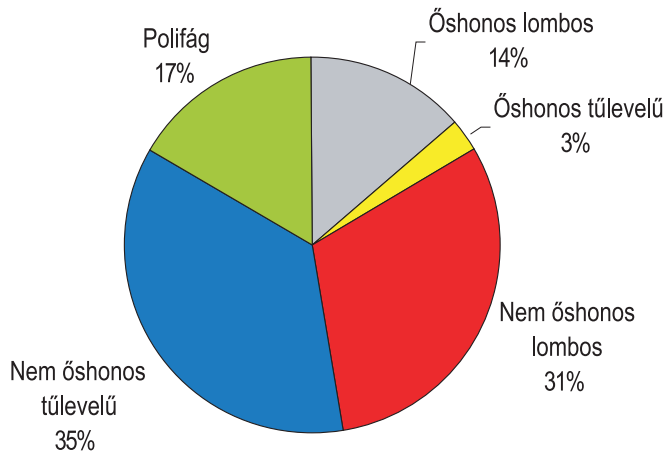


2. ábra: A Magyarországon megtelepedett idegenhonos erdei rovarfajok megoszlása rovarrendekként
Figure 2: The alien forest insects recorded from Hungary, divided by insect orders



3. ábra: Idegenhonos rovarfajok megjelenése dekádanként, Magyarországon, 1881 és 2010 között
Figure 3: First records of alien insects by decades in Hungary between 1881 and 2010

Megjegyzendő, hogy a 13 oszlop felett szereplő számértékek összege nem adja ki a 108-as összes fajszámot. Ennek oka, hogy a 3. ábrán csak azokat a fajokat szerepeltettük, amelyeknek magyarországi megjelenésének időpontját viszonylag pontosan regisztrálták.



4. ábra: Idegenhonos és inváziós erdei rovarfajok megoszlása tápnövény csoportjaik szerint
 Figure 4: Distribution of alien insects by the groups of their hostplants (non native conifers: 35%, non native broadleaves: 31%, native conifers: 3%, native broadleaves 14%, polyphagous: 17%)

A 4. ábrán jól látható, hogy a 130 év alatt megtelepedett fajok pontosan 2/3-ának nem őshonos tűlevelű (35%), illetve lombos (31%) faj a tápnövénye. Azaz ezek esetében a tápnövény korábbi meghonosítása alapfeltétele a jövevény rovarfaj megtelepedésének is. Másfelől viszont az is megállapítható, hogy a kiterjedten természetelt idegenhonos tápnövényt rövidebb-hosszabb idő elteltével „utoléri” az eredeti elterjedési területén honos fogyasztó szervezetek is (rovarok és kórokozók egyaránt). Az egykoron „kártévőmentesnek” tartott akácokon az utóbbi évtizedekben egyre több specialista jövevény rovarfaj jelenik meg. Megjegyzendő, hogy ezzel párhuzamosan a honos herbivor rovarfauna számos faja is megtelepszik rajta.

Kanyargós szillevéldarázs (Aproceros leucopoda Takeuchi, 1939)

Ezt a fajt eredetileg Japánban írták le (Takeuchi 1939), később Kínából is jelezték előfordulását (Wu és Xin 2006). A fajt Lengyelországgal nagyjából egy időben Magyarországon, Dejtár mellett észlelték először Európában, 2003 nyarán. Azonban csak 2009-ben sikerült megnyugtató módon azonosítani (Blank és mtsai 2010, Véték és mtsai 2010). Mára már Közép-Európa számos országában, így többek között Szlovákiában, Ausztriában (Blank és mtsai 2010), Olaszországban (Zandigiacomo és mtsai 2011), Horvátországban (Matošević 2012) és Németországban is előkerült (Zeitler 2012). Terjeszkedésének módját, illetve útvonalát csak részben lehet rekonstruálni. Valószínűleg „önerőből” terjeszkedett, de nem zárható ki a szaporítóanyaggal való behurcolás lehetősége sem.



5. ábra: A kanyargós szillevéldarázs (*Aproceros leucopoda*) peterakó nőtényei a szillevel élén
Figure 5: Ovipositing female zig-zagging elm sawfly (*Aproceros leucopoda*) on the edge of an elm leaf

A faj parthenogenetikus úton szaporodik, csak nőtényei ismertek (5. ábra). Évente akár 4 nemzedéke is lehet. Fő tápnövénye az *Ulmus pumila*, de más szilfajokon is kifejlődik. Útszéli turkesztáni szil fasorokon, illetve telepített állományokban az utóbbi években már tarrágást is okoz (6. ábra).



6. ábra: Erős lombvesztés egy Bugac környéki turkesztáni szil állományban
Figure 6: Severe defoliation in an *Ulmus pumila* stand in vicinity of Bugac

Amerikai lepkekabóca (*Metcalfa pruinosa* Say, 1830)

Észak-amerikai származású egynemzedékes, pete alakban telelő faj, Európában először Olaszországban, 1979-ben találták meg. Magyarországon először 2004-ben Budapesten került elő. Rendkívül polifág, több száz tápnövénye ismert (többségében fásszárú, de néhány lágyszárú is). Európában elsősorban városi díszfákon és cserjéken gyakori. 2011 őszén a Pilisi Parkerdő Zrt. Budapesti Erdészetének munkatársai már Budapest környéki erdőkből is jelezték előfordulását. Itt gyalogakácon, akácon, kései meggyen, mezei szilen, celtiszen, házi dión és orgonán jelent meg tömegesen. Arborétumokban (Budapest és Szarvas) tölgyfajokon is megtaláltuk. Souliotis és mtsai (2008) számos további tápnövényét (*Ligustrum*, *Platanus*, *Pyrus*, *Corylus*, stb.) is említik. Ma már az ország számos pontján előfordul, az erdészeti fénycsapdák közül a kecskeméti és a sumonyi egyaránt fogja.



7. ábra (balra): Az amerikai lepkekabóca (*Metcalfa pruinosa*) imágója
Figure 7 (left): Adult of *Metcalfa pruinosa*



8. ábra (jobbra): Fehér viaszos bevonat és a levedlett lárvabőrök szilvéjén
Figure 8 (right): Whitish waxy cover and the larval skins on an elm leaf

A kifejlett rovar 5-8 mm hosszú, teste és szárnyai viaszos bevonattal fedettek (7. ábra). Lárvai az áttelelt petékből május/június hónapban kelnek ki, és 2-3 hónap alatt a leveleken, hajtásokon szivogatva fejlődnek ki. 5 lárvastádiumon mennek keresztül. Levedlett lárvabőrök, a testüket fedő fehér szálak és szemcsék feltűnő, mésszerű bevonatot képeznek (8. ábra). A megtámadott

levelek, hajtások torzulnak, esetenként el is pusztulnak. A lárvák által kiválasztott mézharmaton korompenész telepszik meg.

Terjeszkedésének és tömeges fellépésének valószínűleg időjárási korlátai is vannak, de számára kedvező időszakokban (enyhe telek, csapadékszegény vegetációs időszak) tömeges megjelenésére is számítani lehet.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Jelen tanulmány elkészítését a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV pályázat támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bakó Zs. és Seprős I. 1987: Új kártevő Magyarországon az akác aknázómoly *Parectopa robiniella* (Lep., Gracillariidae). *Növényvédelem*, 23 (5): 236-239.
- Beenen, R. and Roques, A. 2010: Leaf and Seed Beetles (Coleoptera, Chrysomelidae). Chapter 8.3. In: Roques, A. et al. (eds): Alien terrestrial arthropods of Europe. *BioRisk*, 4 (1): 267–292.
- Benker, U. 2012: *Monochamus alternatus* – the Next Alien Causing Trouble. *Forstschutz Aktuell*, 56: 34-37.
- Bezsilva L. 1951: A gyapottok bagolylepke megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem*, 3 (4): 8-11.
- Blank, S.; Hara, H.; Mikulás, J.; Csóka, Gy.; Ciornei, C., Constantineanu, I.; Roller, L.; Altenhofer, E.; Hufleit, T. and Véték, G. 2010: *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae): An East Asian pest of elms (*Ulmus* spp.) invading Europe. *European Journal of Entomology*, 107: 357–367.
- Csóka Gy. 1992: *Phyllonorycter leucographella* Zeller, 1850: új aknázómoly a magyar faunában (Lepidoptera: Gracillariidae). *Folia Entomologica Hungarica*, 52: 222.
- Csóka, Gy. 2001: Recent invasions of five species of leafmining lepidoptera in Hungary. *Proceedings „Integrated Management of Forest Defoliating Insects”*. USDA General Technical Reports NE-277: 31-36.
- Csóka Gy. 2006: Az akác-gubacsszúnyog (*Obolodiplosis robiniae* (Haldeman, 1847)) megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem*, 42 (12): 663-664.
- Csóka, Gy. and Hirka, A. 2011: Alien and invasive forest insects in Hungary (a review). *Proceedings of the „Biotic Risks and Climate Change in Forests” 10th IUFRO Workshop of WP 7.03.10 “Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe”, September 20-23, 2010, Freiburg, Germany. Berichte Freiburger Forstliche Forschung*, 89: 54-60.
- Csóka Gy.; Hirka A. és Lakatos F. 2010: Már a spájzban vannak... *Növényvédelem*, 46 (11): 547-550.
- Csóka Gy.; Wittmann F. és Melika G. 2009: A szelídgesztenye gubacsdarázs (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951) megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem*, 45 (7): 359-360.
- Gál T-né. és Szeőke, K. 2000: A tujaaknázó ezüstmoly kártételének, életmódjának és a védekezés lehetőségének vizsgálata ciprusfélékben. *Erdészeti Lapok*, 135 (3): 73-74.
- Gyulainé G.A. és Gyulai P. 2008: *Acharia(=Sibine=Stibine) stimulea* (Clemens) kártevő csigalepke faj megjelenése hazánkban (Lepidoptera: Limacodidae). Az 54. Növényvédelmi Tudományos Napok előadásainak összefoglalója, p. 1.
- Halmágyi L. 1975: Az amerikai lucfenyőtű-aknázómoly (*Pulvicalvaria piceaella* Lep. Gelechiidae), új fenyő-kártevő hazánkban. *Növényvédelem*, 11 (2): 57-63.



- Haris A. 2010: Sawfly fauna of the Vértes Mountains (Hymenoptera: Symphyta). *Natura Somogyiensis*, 17: 221-250.
- Harmat B.; Kondorosy E. és Rédei D. 2006: A nyugati levéllábú poloska (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann) első magyarországi megjelenése (Heteroptera: Coreidae). *Növényvédelem*, 42 (9): 491-494.
- Kondorosy E. 1995: Az *Oxycarenus lavaterae* bodobácsfaj (Heteroptera: Lygaeidae) hazai megjelenése. *Folia Entomologica Hungarica*, 56: 237-238.
- Kondorosy E. 2012: Adventív poloskafajok Magyarországon. *Növényvédelem*, 48 (3): 97-104.
- Kondorosy E. és Szeőke K. 1998: A platánbodobács (*Arocatus longiceps* Stal, 1872) a hazai poloskafauna új tagja. *Növényvédelem*, 34 (4): 191.
- Kovács T. 2010: A *Chlorophorus annularis* (Fabricius, 1787) Magyarországon (Coleoptera: Cerambycidae). *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis*, 34: 131-132.
- Kovács T. és Hegyessy G. 1992: Új és ritka fajok Magyarország cincérfaunájában (Coleoptera, Cerambycidae). *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis*, 17: 181-188.
- Kozár F. 1984: Újabb adatok Magyarország pajzstetű faunájának ismeretéhez (Homoptera: Coccoidea) - Kiegészítések a faunafüzethez I. *Állattani Közlemények*, LXXI: 119-131
- Kozár F. 1985: Újabb adatok Magyarország pajzstetű faunájának ismeretéhez (Homoptera: Coccoidea). *Folia Entomologica Hungarica*, XLVII(1-2): 171-181.
- Kozár, F. and Nagy, D.A. 1986: The unexpected northward migration of some species of insects in Central Europe and the climatic changes. *Anzeiger für Schädlingkunde*, 59(5): 90-94, DOI: 10.1007/BF01903456
- Kozár F. és Segrős I. 2001: Újabb kártevő pajzstetűfajok (Homoptera, Coccoidea, Coccidae) a városi dísznövényeken. *Növényvédelem*, 37 (9): 441-444.
- Kozár F., Szentkirályi F., Kádár F. és Bernáth B. 2004: Éghajlatváltozás és a rovarok. *AGRO-21 Füzetek*, 33: 49-64.
- Lakatos F. és Kajimura H. 2007: Egy új szűfaj – *Xylosandrus germanus* (Blanford, 1894) – megjelenése hazánkban. *Növényvédelem*, 43 (8): 359-363.
- Lakatos, F. and Kajimura, H. 2007: Occurrence of the introduced *Xylosandrus germanus* (Blanford, 1894) in Hungary – a genetic evidence (Coleoptera, Scolytidae). *Folia Entomologica Hungarica*, 68: 97-104.
- Lakatos, F. and Kovács, Z. 2003: The Genetic Background of Three Introduced Leaf Miner Moth Species - *Parectopa robinella* Clemens 1863, *Phyllonorycter robinella* Clemens, 1859 and *Cameraria ohridella*, Deschka et Dimic 1986. *Proceedings: IUFRO Kanazawa 2003 „Forest Insect Population Dynamics and Host Influences”* pp. 67-71.
- Matošević, D. 2012: Prvi nalaz brijestove ose listarice (*Aproceros leucopoda*), nove invazivne vrste u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 136 (1–2): 57-61
- Matošević, D. and Pernek, M. 2011: Strane i invazivne vrste fitofagnih kukaca sumama Hrvatske i procjenanjihove stetnosti. *Šumarski list – Posebni broj* (2011): 264-271.
- Mattson, W.; Vanhanen, H.; Veteli, T.; Sivonen, S. and Niemela, P. 2007: Few immigrant phytophagous insects on woody plants in Europe: legacy of the European crucible? *Biological Invasions*, 9: 957–974.
- Pénzes B. 2004: Újabb kártevő kabóca Magyarországon. *Kertészet és szőlészet*, 53 (35): 16-17.
- Rasplus, J-Y et al. 2010: Hymenoptera. Chapter 12. In: Roques A et al. (Eds): *Arthropod invasions in Europe*. *BioRisk*, 4 (2): 669–776.
- Remaudière, G. and Ripka, G. 2003: Arrivée en Europe (Budapest, Hongrie) du puceron des frenes américains, *Prociphilus (Meliarhizophagus) fraxinifolii* (Hemiptera, Aphididae, Eriosomatinae, Pemphigini). *Revue française d'Entomologie (N.S.)*, 25 (3): 152.

- Rédei D. és Péntes B. 2006: A selyemakác levélbolha, *Acizzia jamatonica* (Kuwayama, 1908) (Sternorrhyncha: Psyllidae: Acizzinae) megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem*, 42 (3): 153-157.
- Ripka, G. 2009: Additional data to the aphid and psyllid fauna of Hungary (Hemiptera: Sternorrhyncha). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 44 (2): 397-417.
- Ripka G. 2010: Egy újabb jövevény levéltetűfaj, a *Drepanaphis acerifoliae* megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem*, 46 (9): 413-415.
- Ripka G. 2010: Jövevény kártevő izeltlábúak áttekintése Magyarországon (I.). *Növényvédelem*, 46 (2): 45-58.
- Ripka, G., Reider, K. and Szalay-Marzsó, L. 1998: New Data to the Knowledge of the Aphid Fauna (Homoptera:Aphidoidea) on Ornamental Trees and Shrubs in Hungary. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 33 (1-2): 153-171.
- Sauvard, D.; Branco, M.; Lakatos, F.; Faccoli, M. and Kirkendall, L. R. 2010: Weevils and Bark Beetles (Coleoptera, Curculionoidea). Chapter 8.2. In: Roques A. et al. (eds): Alien terrestrial arthropods of Europe. *BioRisk*, 4 (1): 219-266.
- Sáfián Sz. és Horváth B. 2011: A selyemfényű puszpángmoly - *Cydalima perspectalis* (Walker, 1895) (Lepidoptera: Crambidae), egy potenciális kertészeti kártevő megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem*, 47(10): 437-438.
- Skuhravá, M.; Skuhravý, V. and Csóka, Gy 2007: The invasive spread of the gall midge *Obolodiplosis robiniae* in Europe. *Cecidology*, 22: 84-90.
- Skuhravá M.; Martinez, M. an Roques, A. 2010: Diptera. Chapter 10. In: Roques, A. et al. (eds.) Alien terrestrial arthropods of Europe. *BioRisk*, 4 (2): 553-602.
- Soulotis, C.; Papanikolaou, N.E.; Papachristos, D. and Fatouros, N. 2008: Host plants of the planthopper *Metcalfa pruinosa* (Say) (Hemiptera: Flatidae) and observations on its phenology in Greece. *Hellenic Plant Protection Journal*, 1: 39-41.
- Stollár, A.; Dunkel, Z.; Kozár, F.; and Sheble, D.A.F. 1993: The effects of winter temperature on the migration of insects. *Időjárás*, 97 (2): 113-119.
- Surányi P. 1946: A fehér medveszövőlepke és életmódja. *Folia Entomologica Hungarica*, 1 (3-4): 87-90.
- Sydnor, T.D.; Bumgardner, M. and Todd, A. 2007: The Potential Economic Impacts of Emerald Ash Borer (*Agrilus planipennis*) on Ohio, U.S., Communities. *Arboriculture & Urban Forestry*, 33(1): 48-54.
- Szabóky Cs. és Csóka Gy. 1997: A *Phyllonorycter robinella* Clemens, 1859 akáclevél- aknázómoly megtelepedése Magyarországon. *Növényvédelem*, 33 (11): 569-571.
- Szabóky Cs. és Csóka Gy. 2003: A hárslevél sátorosmoly (*Phyllonorycter issikii* Kumata, 1963, Lep. Gracillariidae) előfordulása Magyarországon. *Növényvédelem*, 39 (1): 23-24.
- Szeőke K. és Csóka Gy. 2012: Jövevény kártevő izeltlábúak áttekintése Magyarországon - Lepkék (Lepidoptera). *Növényvédelem*, 48 (3): 105-115.
- Takeuchi, K. 1939: A systematic study on the suborder Symphyta (Hymenoptera) of the Japanese Empire (II). *Tenthredo*, 2 (4): 393-439.
- Tuba K.; Horváth B. és Lakatos F. 2012a: Inváziós rovarok fás növényeken. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 122 oldal, ISBN 978-963-334-049-3
- Tuba K. és Lakatos F. 2009: Inváziós rovarfajok. *Természet Világa*, 140 (4): 181-184.
- Tuba K.; Schuler H.; Stauffer, C. és Lakatos F. 2012b: A nyugati dióburok-fúrólégy (*Rhagoletis completa* Cresson, 1929 – Diptera - Tephritidae) megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem*, 48 (9): 419-424.
- Valade, R.; Kenis, M.; Hernandez-Lopez, A.; Augustin, S.; Mena, NM.; Magnoux, E.; Rougerie, R.; Lakatos, F.; Roques, A.; Lopez-Vaamonde, C. 2009: Mitochondrial and microsatellite DNA markers reveal



- a Balkan origin for the highly invasive horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae). *Molecular Ecology*, 18 (16): 3458-3470.
- Vétek G.; Mikulás J.; Csóka Gy. és Blank, S.M. 2010: A kanyargós szillevéldarázs (*Aproceros leucopoda* Takeuchi, 1939) Magyarországon. *Növényvédelem*, 46 (11): 519-521.
- Vinis G. 1977: Az *Unaspis euonymi* (Comst.) – Kecskerágó pajzstetűről. *Növényvédelem*, 13 (1): 5-10.
- Vinis, G. 1981: *Acanthomytilus hungaricus* sp. n. and some new scale insects in the Hungarian fauna (Homoptera: Coccoidea). *Folia Entomologica Hungarica*, XLII (1): 203-207.
- Wu, X. Y. and Xin, H. 2006: [A New Record Species of the Genus *Aproceros* Malaise (Hymenoptera: Argidae) from China.] (kínai nyelven). *Entomotaxonomia*, 28: 279–280.
- Zandigiacomo, P.; Cargnus, E. and Villani, A. 2011: First record of the invasive sawfly *Aproceros leucopoda* infesting elms in Italy. *Bulletin of Insectology*, 64 (1): 145-149.
- Zeitler, J. 2012: Asiatische Ulmenblattwespe erstmals in Bayern nachgewiesen Sind die eingeschleppten Blattwespenraupen eine Bedrohung für Ulmenbestände? *LWF aktuell*, 88/2012: 12-13.

Érkezett: 2012. április 23.

Közlésre elfogadva: 2012. szeptember 3.



Szokatlan „károsítók”

Az idős erdefenyvesben megtelepedett kormorán (*Phalacrocorax carbo*) kolónia által termelt nagymennyiségű ürülék elpusztítja a fákat (felső kép - Curonian Spit Nemzeti Park, Litvánia). A hódok (*Castor fiber*) által elárasztott, mocsarasodó területeken gyakran jelentős fapusztulás léphet fel (alsó kép - Bialowieza Nemzeti Park, Lengyelország). Ugyanakkor az elpusztult fák mindkét esetben számtalan, holtfához kötődő élőlény - köztük ritka és védett fajok - számára teremtik meg a szükséges életfeltételeket, jelentősen növelve ezzel a terület fajgazdagságát.

Kép és szöveg: Csóka György



Hangyás pajzstetű

A tölgyeken élő, 6-8 mm-es *Kermes roboris* nőtényi pajzstetűn fekete hangyák (*Lasius niger*) hadakoznak az általa kiválasztott mézharmat megszerzéséért. A nem túlzottan tömeges pajzstetű populáció jelenléte akár még előnyös is lehet a tölgy szempontjából, mert a mézharmatot gyűjtögető hangyák elpusztítják, illetve elűzik a lombfogyasztó lárvákat (lepkehernyók, álhernyók, stb.).

Kép és szöveg: Csóka György

ÚTMUTATÓ A SZERZŐK SZÁMÁRA

Az Erdészettudományi Közlemények évente legalább egy alkalommal megjelenő tudományos lap. Lektorált **magyar nyelvű, hazai, illetve közép-európai vonatkozású** tudományos publikációkat közöl a **tágabban értelmezett erdészettudomány** témaköréből. A lapban való megjelenés szükséges minimális feltételei:

- A lap profiljához illeszkedő témájú kézirat,
- a formai előírásoknak megfelelő kézirat,
- magyar és angol nyelvű összefoglalók,
- magyar és angol nyelvű kulcsszavak,
- magyar és angol nyelvű ábraalírások,
- szabályszerű szövegközi szakirodalmi hivatkozások,
- a hivatkozott szakirodalom szabályszerű felsorolása.

A kéziratok formai követelményeire vonatkozó részletes útmutató a **www.erdtudkoz.hu** honlapról letölthető.

A kéziratokat kizárólag elektronikus formában,
a **szerkesztoseg@erdtudkoz.hu** e-mail címre kérjük.

TARTALOMJEGYZÉK

- 5 **Magyarul és nyomtatásban?** – Csóka György és Lakatos Ferenc
- 7 **A folyamatos erdőborítás ökonómiai értékelésének elvi kérdései** – Schiberna Endre, Lett Béla és Juhász István
- 21 **Élőfakészlet- és növedékmeghatározás a száraló, illetve átalakító üzemmódú erdőkben egyváltozós fatérfogatfüggvény alkalmazásával** – Kolozs László és Veperdi Gábor
- 35 **Az erdőtelepítés szerepe a klímaváltozás hatásának mérséklésében** – Gálos Borbála, Mátyás Csaba és Jacob Daniela
- 47 **A termőhelyi tényezők és a faállományviszonyok kapcsolatának jelenlegi és jövőbeni alakulása a noszlopi erdőtömbben I. – Termőhelyi tényezők változása a noszlopi erdőtömbben** – Kovács Gábor, Illés Gábor, Mészáros Diána, Szabó Orsolya, Vigh Andrea és Heil Bálint
- 61 **Homoki Leuce-nyárák természetési technológiai modelljei** – Keserű Zsolt és Rédei Károly
- 73 **Az ezüsthárs fatermési táblájának módosítása** – Peszlen Roland József és Veperdi Gábor
- 81 **A nevelővágások hatása az akácok fatermésének és minőségének változására** – Rédei Károly, Csiha Imre, Kamandiné Végh Ágnes és Rásó János
- 89 **Erdészeti utak szubjektív állapotfelvétele és értékelése** – Kísfaludi Balázs, Primusz Péter, Péterfalvi József és Markó Gergely
- 107 **Erdészeti utak teherbírásának mérése a továbbfejlesztett kézi behajlasmérővel** – Markó Gergely, Primusz Péter és Péterfalvi József
- 123 **A gépesítést befolyásoló talajellenállás meghatározása erdővel borított területen „3T System” réteginдикátorral** – Major Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin és Horváth Attila László
- 135 **Fahasználati munkarendszerek a XXI. században** – Szakálosné Mátyás Katalin, Horváth Attila László és Major Tamás
- 151 **Hó- és szélfogó erdősávok minősítése szélesebesség-csökkentő hatásuk alapján** – Frank Norbert és Takács Viktor
- 163 **A csemetekori vadrágás következményeinek vizsgálata rudas állományokban** – Náhlik András, Dremmel László, Sándor Gyula és Tari Tamás
- 173 **A gyökérrontó tapló (*Heterobasidion annosum*) ellen alkalmazott biológiai védekezési technológia erdeifenyő állományokban** – Koltay András, Lakatos Tamás, Tóth Tímea és André Zoltán
- 187 **Rovarglobalizáció a magyar erdőkben** – Csóka György, Hirka Anikó és Szócs Levente

English table of contents can be found on page 4.

www.ertudkoz.hu

HU ISSN 2062-6711



1 1 0 0 1

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszechenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

9 772062 671009