



Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar

VII. KARI TUDOMÁNYOS KONFERENCIA

konferencia kiadvány

2019. február 12.

A konferenciát és a konferenciakötet megjelenését az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerep-vállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatta.

A kötet publikációit lektorálták: Bartha Dénes, Bidló András, Brolly Gábor, Czímber Kornél, Czupy Imre, Faragó Sándor, Frank Norbert, Pájet-Gálos Borbála, Gribovszki Zoltán, Heil Bálint, Hofmann Tamás, Horváth Adrienn, Horváth Tamás, Jánoska Ferenc, Kalicz Péter, Király Angéla, Király Gergely, Kovács Gábor, Lakatos Ferenc, László Richárd, Mátyás Csaba, Szakálosné Mátyás Katalin, Rétfalvi Tamás, Tuba Katalin, Veperdi Gábor, Vityi Andrea, Winkler Dániel

A kötet szakmai előkészítését az MTA VEAB Erdészettudományi Munkabizottsága támogatta.



Soproni Egyetem Kiadó 2019

ISBN978-963-334-322-7 (nyomtatott verzió)

978-963-334-323-4 (on-line verzió)

On-line verzió elérhetősége: http://emk.uni-sopron.hu/images/dekani_hivatal/Kiadvanyok/KariTudomanyosKonferencia/KariTudomanyosKonferencia2019.pdf

Szerkesztette: Király Gergely
Facskó Ferenc

Ajánlott hivatkozás:

KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) (2019): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia. Soproni Egyetem Kiadó Sopron.

Tartalomjegyzék

Gribovszki Zoltán, Csáki Péter, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin: Erdő és víz – Kutatások az Erdőmérnöki Karon.....	5
Bende Attila, László Richárd: Erdei szalonka (<i>Scolopax rusticola</i> L.) színváltozatok és kuroriumok Magyarországon.....	9
Polgár András, Kovács Zoltán, Elekné Fodor Veronika: Szántóföldi növénytermesztés környezeti életciklus elemzése	16
Rákóczi Attila: A zöldítés és a tájhasználat összefüggései Békés megyében.....	25
Tari Tamás, Sándor Gyula, Heffenträger Gábor, Náhlik András: A gímszarvas élőhelyhasználatának jellemzői a Soproni-hegyvidéken	30
Szalay László: The amazing world of Fibonacci sequence.....	37
Barton Iván, Czimber Kornél, Király Géza, Moskal L. Monika: Faállomány típusok térképezése Sentinel-2 ürfelvétel idősorozaton deep learning osztályozóval	41
Brolly Gábor, Primusz Péter, Bazsó Tamás, Király Géza: Több műszerállásból készített lézerszkennelések tájékozása erdőállományok felmérése során	48
Horváth Tamás, Gál János: Nelder kísérlet Magyarországon.....	54
Gálos Borbála, Csáki Péter, Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Zagyvai Gergely, Tiborcz Viktor, Bartha Dénes, Hofmann Tamás, Visi Rajczi Eszter, Balázs Pál, Bidló András, Horváth Adrienn: Multidiszciplináris adatbázis és oktatási segédanyag fejlesztés komplex erdészeti klímahatás elemzések végzéséhez	58
Heilig Dávid, Heil Bálint, Kovács Gábor: A vízellátottság és a tápanyag-utánpótlás hatása egy midi rotációs nemesnyárültetvény növekedésére.	64
Horváth Attila László, Sudár Ferenc János, Szakálosné Mátyás Katalin: Folyamatgépesített fakitermelések vizsgálata	71
Kollár Tamás: Új adatok a magyarországi bükkösök faterméséről	76
Molnár Tamás, Birinyi Mátyás, Somogyi Zoltán, Király Géza: A 2017. áprilisi bükki hókarak felmérése és elemzése ürfelvételek alapján	81
Kiss Péter Áron, Rákosa Rita, Németh Zsolt István: Spektrumelőkészítési eljárások hatása biodegradált faanyag FT_IR spektrumainak értékelésében	88
Balázs Balázs, Tuba Katalin, Lakatos Ferenc: Kékülést okozó gombák és a szúbogarak kapcsolata.....	92
Bende Attila, László Richárd: Az erdei szalonka (<i>Scolopax rusticola</i> L.) színváltozatok előfordulása 2017-ben Magyarországon	96
Csáki Péter, Czimber Kornél, Király Géza, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: A CREMAP párolgástérkép leskálázása erdőállományok vízháztartásának vizsgálatához.....	102
Horváth Attila László, Horváth Béla, Szakálosné Mátyás Katalin: Harveszterek munkamínőségének vizsgálata	107
Kalicz Péter, Csáki Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: A lombkoronán áthulló csapadék mérésnek automatizálási lehetőségei.....	113
Komán Szabolcs, Németh Róbert, Fehér Sándor: <i>Paulownia</i> -fajok faanyagának tulajdonságai.....	117
Komán Szabolcs, Varga Dávid: Nyártermesztés Magyarországon	121
Major Tamás, Pintér Tamás: Mag- és sarjeredetű akác állományok választék-összetételének vizsgálata a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. területén	126
Palkó Ákos, Winkler Dániel: Patakmenti égerligetek talajlakó faunájának (<i>Collembola</i>) vizsgálata a Soproni-hegységben	131
Papp Viktória: Ipari melléktermékek és faanyag keverék pelletek előállítása és energetikai értékelése.....	135

Polgár András: A környezetközpontú irányítás gyakorlatának helyzetértékelése Sopron városában	141
Polgár András, Elekné Fodor Veronika: Környezeti vonatkozású helyi sajtóinformációk vizsgálata Sopronban	149
Rákosa Rita, Vargovics Máté, Németh Zsolt István: FT-IR-ATR spektrometria alkalmazhatósága gomba tenyészetek fajspecifikus megkülönböztetésére.....	156
Stofa Krisztián, Virág Szabolcsné, Gálos Borbála: A kitettség napi hőmérséklet menetre gyakorolt hatásának számszerűsítése a Harkai kúpon	161
Szalay Dóra: RED II. – A generációk találkozása	164
Szóke Előd, Csáki Péter, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Vízpótlási rendszerek hatásai egy somogyi erdőtömbön belül a vízfolyás menti zónák vízforgalmára	169
Vágvölgyi Andrea, Kovács Gábor: Energetikai faültetvények értékelő pontrendszere..	174
Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente, Hofmann Tamás: Tobozok antioxidáns polifenol tartalmának felmérése.....	178
Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Csáki Péter, Kalicz Péter, Szóke Előd, Gribovszki Zoltán: Agrárerdészeti rendszerek hidrológiai jellemzői	182

ERDŐ ÉS VÍZ – KUTATÁSOK AZ ERDŐMÉRNÖKI KARON

Gribovszki Zoltán – Csáki Péter – Kalicz Péter – Zagyvainé Kiss Katalin
Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet
gribovszki.zoltan@uni-sopron.hu

Karunkon már kezdetektől nagy figyelmet kapott az erdő és víz kapcsolatának elemzése, azonban a tématerület vizsgálatára mintavízgyűjtő szinten csak az 1980 évektől volt lehetőség. A vízforgalomra jelentős befolyással bíró erdei ökoszisztéma hidrológiai jellemzőinek ismerete sok szempontból fontos. Vízkészletgazdálkodási szempontból a felszín alatti utánpótlódás számításánál és a csapadék-lefolyás modellezésénél éppúgy lényeges, mint a klímaváltozás vízforgalomra gyakorolt hatásainak értékelésénél vagy akár az agro-erdészeti rendszerek hidrológia jellemzőinek számszerűsítésénél. Különösen kiemelt ez a tématerület azért is hiszen a rendelkezésre álló vízkészletek mennyisége és minősége lesz a jövőben az egyik szűk keresztmetszet az emberiség számára. Más oldalról megközelítve a problémát, mivel erdőink sok esetben a szárazsági erdőhatáron helyezkednek el, így a vízigényes, ökológiai szempontból értékes erdőtársulások fennmaradása, vagy a nagy hozamú gazdasági erdők és faültvények megfelelő biológiai produkciója is vízkérdés. Az előbbieket alapján mindenképpen szükségszerű a tématerület alaposabb vizsgálata.

Az erdő vízháztartása

Az erdő és a víz tématerülettel kapcsolatos kutatások általában az erdei vízháztartás elmeinek számszerűsítésére törekednek, így először az erdő vízkörforgalmát ismertetjük röviden.

Az erdőterületre hulló csapadék egy része a vegetáció benedvesedésére fordítódik, és visszapárolog a légkörbe. Ezt a mennyiséget nevezzük intercepciónak (koronaintercepció). A koronán áthulló és a törzseken lefolyó csapadék állományi csapadékként eléri az avarfelszínt, itt részben az avar benedvesedésére fordítódik és avarintercepcióként csökkenti a talajba szivárgó vizet. Az így fennmaradó vízmennyiség beszivárog az erdőtalajba, ennek legnagyobb részét a növények veszik fel és párologtatják el (transzspiráció). A maradék a talaj nedvességtartalmát növeli vagy az esetlegesen jelenlévő felszínközeli vízzáró réteg hatására felszín közeli lefolyásként jelenik meg, ill. a telített zóna vízkészletéhez járul, mint talajvízútánpótlódás. A telített zóna vízkészlete adja a források, ill. szivárgók vízhozamát, így a vízfolyások alapvízhozamát is. Amennyiben a leérkező csapadék nem tud teljes egészében a talajba szivárogni, akkor felszíni lefolyás alakul ki, bár ez a jelenség a hazai erdőben ritka.

Az erdő vízháztartását az érkező, ideiglenesen tárolt és távozó vízmennyiségek összevetésével, az ún. vízháztartási egyenlettel jellemezhetjük.

$$P + p + Rin_{s,g} - I - T_{soil} - T_{gw} - Rout_{s,g} = \frac{dS}{dt}, \quad (1)$$

hol: P : a folyékony és szilárd makrocsapadék; p : a folyékony és szilárd mikrocsapadék; $Rin_{s,g}$: hozzáfolyás a felszínen és talajban (ez utóbbi elsősorban vízfolyások mentén és talajvíz feláramlási zónákban lehet jelentős tétel); I : intercepció (lomkorona és avar); T_{soil} : a telítetlen zónából történő párologtatás; T_{gw} : a talajvízből történő párologtatás (ha a talajvíz elérhető mélységben van); $Rout_{s,g}$: az elfolyás a felszínen és a talajban; dS/dt : a területen tárolt vízkészlet változása.

Az erdő vízháztartásával kapcsolatos komplex hosszútávú kutatásokat az Erdőmérnöki Karon az 1980-as évektől kezdődően a Hidegvíz-völgy kísérleti vízgyűjtőjében végezzük (CSÁFORDI *et al.* 2012). Ehhez a vizsgálathoz, a kezdetek óta már több tanszék, intézet is kapcsolódott. Egy-egy célzott pályázat kapcsán azonban nemcsak itt, hanem az ország számos részén folynak kutatásaink, jelenleg kiemelten az agro-erdészeti rendszerek hidrológiai jellemzőit vizsgáljuk. A tanulmány további részében a vízháztartási elemekre vonatkozóan összegzem a tématerülettel kapcsolatos kutatásokat.

A csapadék

A makrocspadék az erdő fő vízbevételi formája, a mikrocspadék, mint lényeges bevételi elem inkább a magashegyvidéki területeken fontos. A csapadék tér és időbeli eloszlása közvetlen hatással lehet egyes erdőtípusok biológiai produkciójára. A szárazsági erdőhatáron esetleg magának az erdőnek a fennmaradása is kérdéses lehet. Az erdő, mint felszínborítási forma makrocspadék generáló hatása még vitatott. Amikor az erdő vízkörforgalmát vizsgáljuk a makrocspadék mérése az egyik kiinduló legfontosabb elem.

Intercepció

Koronaintercepció

A csapadék egy hányada a lomkoronán marad, onnan elpárolog, illetve egy jelentéktelen - ma még nem ismert - részét az élő levelek fölveszik. A csapadéknak ezt a felfogott részét intercepciónak nevezzük, ami az a csapadéknagyság, amit az erdő koronája vagy más föld feletti vegetáció visszatart és elpárologtat.

Az intercepciós veszteség általában 10-40% között változik a különböző erdei ökoszisztémákban (DINGMAN 2001), vagyis egy nagyon jelentős tényező, ráadásul az első láncszem az erdők hidrológiai ciklusában. Általában intercepció alatt a korona intercepcióját szokták érteni. A teljes intercepciós veszteség azonban a korona intercepciójának és az avar intercepciójának összege.

A hazai kutatók vizsgálatait összegezve (JÁRÓ 1980, FÜHRER 1984, 1992, 1994, KOLOSZÁR 1981, KUCSARA 1996, 1998 és SZABÓ 1979) a koronaintercepciós vesztesége a Magyarországi erdőtársulásoknak az éves csapadék 20-45%-a között mozog. A fenyőknél általában a koronaintercepció magasabb, mint a lombosoknál és a többszintű állományok esetében nagyobb, mint egyszintűnél. Az állományjellemzők közül a legszorosabb összefüggést a koronaintercepciós veszteség a levélfelületi indexel mutatja.

Avarintercepció

Az erdei avar intercepciója nem feltétlenül fogható fel veszteségként, hiszen ez a felszint borító réteg jelentősen csökkenti az alatta lévő talajrétegek párolgását. Az Egyesült Államok keleti részén történt mérések alapján az avarintercepció az éves csapadék 1-5%-a körül mozog. Hazai körülmények között FÜHRER (1994) egy kocsánytalan tölgyes állományra a vegetációs és nyugalmi időszakot külön kezelve, nyáron 8, télen 16%-os avarintercepciós értéket közölt. ZAGYVAINÉ *et al.* (2014) egy Sopron környéki kocsánytalan tölgyes esetében 5-7%-os körül határozták meg az avarintercepció értékét. Az erdei avar vízraktározási kapacitása közel arányosnak vehető a lehullott avar tömegével (PUTUHENA – CORDERY 1996, ZAGYVAINÉ *et al.* 2013).

Transzspiráció

A transzspiráció tulajdonképpen egy evaporációs folyamat, hasonló tényezők által szabályozva. De ebben az esetben az evaporáció által hasznosított felület más (általában nagyobb) és a felületi ellenállás jóval lényegesebb szerep játszik a folyamat során (LEE 1980). Más vegetáció típusokhoz képest, az érdesség és a levélfelületi index, mint meghatározó paraméterek a transzspirációban lényegesen jelentősebbek az erdő esetében.

JÁRÓ (1981) az erdőállományok évi vízfelhasználását a szervesanyag-produkcióval összefüggésben határozta meg. Megállapította, hogy a párás klímában tenyészők (bükkös) vízfelhasználása kisebb, mint a száraz termőhelyeken (kocsányos tölgyes, hazai nyáras) élőké. A klimatikus adottságokból adódóan a legnagyobb vízigényűek az alföldi, illetve az alföld peremi erdőállományok, melyek transzspirációs vízfelhasználása, tehát vízigénye is nagyobb. Ugyanakkor vannak olyan fafajok (pl. erdei, fekete fenyő és akác), amelyek a száraz alföldi klímában nagyon alacsony vízfelhasználással rendelkeznek.

Az erdei vegetáció kiterjedt gyökérrendszere mélyebb talajrétegek is feltár, így az erdőtalajnak nagyobb vízraktározó képessége és maga az erdei ökoszisztéma kevésbé érzékeny a hosszabb száraz periódusokra (HERCEG *et al.* 2016).

Az erdők és a talajvíz

A jellemzően ún. erdős-sztyep klímájú magyar Alföld esetében, pusztán a csapadékmennyiség nem lenne elegendő az erdő vízigényének kielégítésére (IJÁSZ 1938), így a fák a fokozott párologtatáshoz szükséges vizet csak a talajvízből pótolhatják.

Hazai síkvidéki területeinken az erdők alatt a talajvízszint általában 0,4-0,6 m-el alacsonyabban található, mint a szomszédos mezőgazdasági kultúrák alatt és a különbség a vegetációs időszakban jelentősebb (GRIBOVSZKI *et al.* 2014, 2017). Ez az erdők alatti alacsonyabb talajvíztükör (a talajvízben található lokális depresszió) egy talajvíz hozzááramlási folyamatot indukál, ami csökkenti az adott erdőterület vízhiányát.

MAJOR (2002) vizsgálatai szerint egy a Kiskunságban található főként fenyőkből álló erdőtömb alatt a talajvíz szintje maximálisan 0,8–1,1 m-rel mélyebben helyezkedett el, mint az erdőn kívüli területeken. A vizsgált erdőréz mérések alapján számított, tényleges évi párolgásának (transzspiráció, intercepció együttesen) értéke (712 mm/év) az erdő 15–20 éves korától kezdődően kb. 130 mm-el meghaladta az évi csapadékösszeget.

Az erdő és a lágyszárú felszínborítás vízfelhasználását MÓRICZ *et al.* (2012) hasonlították össze a Nyírségben. Eredményeik alapján a vizsgált 2007–2009 időszakban egy talajvízfüggő kocsányos tölgyes erdőterület evapotranszpirációja (785 mm) kb. 30%-kal volt nagyobb, mint a közelben fekvő parlagé (623 mm). A különböző földhasználati változatok talajvíz-felhasználása között pedig közel háromszoros volt a különbség (erdő: 243 mm, parlag: 85 mm).

Ugyancsak nagyobb mértékű talajvízfelhasználásról számol be az erdők esetében CSÁFORDI *et al.* (2017) a Nagyalföldön több, mint 20 talajvízkút adatainak elemzése alapján. A kutakat különböző erdőtársulásokban és szomszédos mezőgazdasági kontrolterületeken létesítették. A vizsgált erdők közül az akácoknak viszonylag alacsony volt a talajvízfelhasználása (átlag: 0,4-1,0 mm/nap), míg a nyárasoké magasabb értéket képviselt (1,7-6,0 mm/nap). Ehhez képest a kontrol területek lágyszárú vegetáció formái nem, vagy alig használták fel talajvizet.

Az erdők mélyeb gyökérzete és nagyobb vízfelhasználása nemcsak a talajvízszint csökkenést okoz, hanem felszínalatti sófelhalmozódást is indukálhat. TÓTH *et al.* (2014) 31 párosított erdő és kontrol terület talaj és talajvíz adatait értékelte a Nagyalföldön homokos szövetű talajokon. A sók, mind a talajban, mind a talajvízben nagyobb koncentrációban voltak mérhetőek az erdőterületek alatt. Az erdők biomasszája pozitív összefüggést mutatott a talajban mérhető sófelhalmozódással, de ennek mértéke fafajcsoportonként különbözött (nyár > tölgy > akác).

Lefolyás

Az erdő, a szárazföldi ökoszisztémák közül az egyik legmagasabb vízfogyasztású, így jelentős vízigénye miatt csökkenti a hosszú távú átlagos lefolyást (ANDRÉASSIAN 2004), de nagyobb tározási kapacitása és talajának szinte korlátlan beszívárogtató képessége miatt csökkenti az árhullám csúcsokat és időben elnyújtja a közvetlen lefolyást.

A kisvízfolyások vízjárására vonatkozó klímaváltozással kapcsolatos tanulmányok, amelyek erdősült és nem erdősült vízgyűjtők lefolyási viszonyait hasonlítják össze viszonylag ritkák. HEWLETT – HIBBERT (1967) 15 erdővel borított vízgyűjtőre számoltak átlagos lefolyási tényezőt az USA keleti részén. Az árhullámok vízhozama, ezeknél a vízgyűjtőknél, az éves csapadék 4-18%-a között változott, és 7–33%-át adta az éves vízhozamnak. Egy Sopron környékén végzett lefolyási vizsgálat eredményeként megállapítható, hogy egy zavartalan

erdővel borított kisvízgyűjtő esetében az éves lefolyás 7-15% körül van, és az árhullámok lefolyása csak durván 1%-a az éves csapadéknak (GRIBOVSZKI *et al.* 2006, KOVÁCS 2011).

KALICZ *et al.* (2012) Sopron környékén vizsgálták eltérő felszínborítású részvízgyűjtők (teljesen mértékben erdősült, erdősült kistelepülésekkel, urbanizált) nagycsapadékokra adott válaszát. Eredményeik szerint a városi részvízgyűjtőről származó fajlagos (egységnyi vízgyűjtő területre vonatkoztatott) árhullámcsúcsok akár két nagyságrenddel is meghaladták az erdősült vízgyűjtők fajlagos csúcsvízhozamait.

Összefoglalás

Az erdő vízkörforgalmának vizsgálata mind vízkészletgazdálkodási, mind árvízvédelmi, mind erdőgazdálkodási szempontból lényeges kérdés.

A témakör komplexitása miatt sok esetben csak vízgyűjtőszintű mérésekkel vizsgálható, de nem nélkülözhetjük az erdőrézlet szintű vízfogalmi elemzéseket sem. A két nagyságrend összekapcsolására jó példa a Hidegvíz-völgyi kísérleti vízgyűjtő, ahol jellemző erdőtársulás típusokban kialakított hidrológiai mérőkertekben, de vízgyűjtőszintű lefolyásmérésekkel kapcsoltan elemezzük a kérdéskört. A dolgozat az erdő vízkörforgalmának számszerűsítésére tett hazai kísérletek eredményeit igyekezett összefoglalni, nemzetközi kontextusba is helyezve a kérdéskört.

Összegezve a hazai erdők hidrológiai szerepe elsősorban a felszíni lefolyás mértékének tompításában, a vízkészletek időbeli kiegyenlítésében, valamint a szélsőségek tompításában nyilvánul meg.

Köszönetnyilvánítás: Jelen publikáció az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerep-vállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- ANDRÉASSIAN, V. (2004): Waters and forests: from historical controversy to scientific debate, *Journal of Hydrology*, 291:1-27
- CSÁFORDI P. – ÉREDICS A. – GRIBOVSZKI Z. – KALICZ P. – KOPPÁN A. – KUCSARA M. – MORICZ N. – RASZTOVITS E. – VÍG P. (2012): Hidegvíz Valley Experimental Watershed, edited by GRIBOVSZKI Z. - KALICZ P. Hidegvíz Valley Experimental Watershed, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, p. 27, ISBN 978-963-334-080-6
- CSÁFORDI P. – SZABÓ A. – BALOG K. – GRIBOVSZKI Z. – BIDLÓ A. – TÓTH T. (2017): Factors controlling the daily change in groundwater level during the growing season on the Great Hungarian Plain: a statistical approach. *Environ. Earth. Sci.* 76: 675-690. DOI:10.1007/s12665-017-7002-1.
- DINGMAN, S. L. (2002): *Physical Hydrology* (2nd edition), Prentice Hall.
- FÜHRER E. (1992): Intercepció meghatározása bükk, kocsánytalan tölgy és lucfenyő erdőben. *Vízügyi közlemények*. 3: 281-294.
- FÜHRER E. (1984): A csapadék megoszlása és az intercepció különböző hazai erdőtársulásokban, doktori értekezés, Sopron.
- FÜHRER E. (1994): Csapadékmérések bükkös-, kocsánytalantölgyes és lucfenyves ökoszisztémában. *Erdészeti Kutatások*, 84: 11-35.
- GRIBOVSZKI Z. – KALICZ P. – BALOG K. – SZABÓ A. – TÓTH T. (2014): Comparison of groundwater uptake and salt dynamics of an oak forest and of a pasture on the Hungarian Great Plain. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 10.1: 103-114.
- GRIBOVSZKI Z. – KALICZ P. – KUCSARA M. (2006): Streamflow Characteristics of Two Forested Catchments in Sopron Hills. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 2: 81-92.
- GRIBOVSZKI Z. – KALICZ P. – BALOG K. – SZABÓ A. – TÓTH T. – METWALY, M. – SZALAI S. (2017): Groundwater uptake of different surface cover and its consequences in great Hungarian plain. *Ecological Processes* 2017, 6: 39-47. DOI:10.1186/s13717-017-0106-4.

- HERCEG A. – KALICZ P. – KISFALUDI B. – GRIBOVSZKI Z. (2016): A monthly-step water balance model to evaluate the hydrological effects of climate change on a regional scale for irrigation design. *Slovak Journal of Civil Engineering*, Vol. 24, 4: 27 – 35, DOI: 10.1515/sjce-2016-0019
- HEWLETT, J. D. – HIBBERT A. R. (1967): Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. In W. E. Sopper and H. W. Lull, eds., *International Symposium on Forest Hydrology*. Pergamon Press, New York. 275-291.
- IJJÁSZ E. (1939): A fatenyészet és az altalajvíz, különös tekintettel a nagyalföldi viszonyokra. *Erdészeti Kísérletek*. 42: 1–107.
- JÁRÓ Z. (1980): Intercepció a gödöllői kultúrerdei ökoszisztémában, *Erdészeti kutatások*, 73: 7-17.
- JÁRÓ Z. (1981): A hazai erdők vízfogyasztása. *Agrártudományi közlemények*, 40: 353-356.
- KALICZ P. – ERŐS M. – GRIBOVSZKI Z. – MARKÓ G. – PRIMUSZ P. (2012): A soproni Rák-patak egy városi szakaszának hidrológiai és hidrodinamikai vizsgálata. In: ALBERT L. - BIDLÓ A. – JANCSÓ T. – GRIBOVSZKI Z. (eds). *Városok öko-környezetének komplex vizsgálata a nyugat-dunántúli régióban*, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, p. 261, ISBN 978-963-334-084-4.
- KOLOSZÁR J. (1981): Természetes erdei ökoszisztémák és a csapadék, *Erdő és víz*, VEAB kiadvány: 75-88.
- KOVÁCS Á. D. (2011): Tó-és területi párolgás becslésének pontosítása és magyarországi alkalmazásai. PhD Thesis, BME, Budapest, p. 101.
- KUCSARA M. (1966): Csapadék és lefolyás erdészeti kisvízgyűjtőn, doktori értekezés, Sopron.
- KUCSARA M. (1998): Az erdő csapadékviszonyainak vizsgálata, *Vízügyi Közlemények*, 3.füzet: 456-475.
- LEE, R. (1980): *Forest hydrology*. Columbia University Press.
- MAJOR P. (2002): Síkvidéki erdők hatása a vízháztartásra. *Hidrológiai Közlöny* 82. 6: 319–324.
- PUTUHENA, W. – CORDERY, I. (1996): Estimation of interception capacity of the forest floor, *Journal of Hydrology*, 180: 283–299.
- SZABÓ M. (1979): Egy cseres-tölgyes erdő ("síkfőkut project") víz- és ásványianyag forgalma. Kandidátusi értekezés. Budapest.
- TÓTH T. – BALOG K. – SZABÓ A. – PÁSZTOR L. – JOBBÁGY E.G. – NOSETTO, M.D. – GRIBOVSZKI Z. (2014) Influence of lowland forests on subsurface salt accumulation in shallow groundwater areas. *AoB PLANTS*, 6, plu054. DOI:10.1093/aobpla/plu054
- ZAGYVAINÉ KISS K. A. – KALICZ P. – GRIBOVSZKI Z. (2013): Az erdei avar tömege és víztartó képessége közötti összefüggés. *Erdészettudományi közlemények*, Vol. III., 1: 79-88.
- ZAGYVAINÉ KISS K., A. – KALICZ P. – CSÁFORDI P. – GRIBOVSZKI Z. (2014): Forest litter interception model for a sessile oak forest. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 1: 91–101.

ERDEI SZALONKA (*SCOLOPAX RUSTICOLA* L.) SZÍNVÁLTOZATOK ÉS KURIÓZUMOK MAGYARORSZÁGON

BENDE ATTILA¹ – LÁSZLÓ RICHÁRD²

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézet

¹bende.attila.tibor@uni-sopron.hu

²laszlo.richard@uni-sopron.hu

Bevezetés

Azokban az országokban, ahol szalonkavadászat tradíciója évszázados múltra tekint vissza, mindenkor nagy érdeklődésre tartottak számot a különleges színezetű erdei szalonkák. Magyarországon a rendellenes színezetű példányokról csupán néhány történeti közlés lelhető fel a vadászati és természettudományi szaksajtóban, ami nem véletlen, hiszen csak nagyon ritkán fordulnak elő ilyen unikális példányok a hazai területekben. Néhány országból ismerünk kuriózumokra vonatkozó szakirodalmi utalásokat, ugyanakkor mégsem állíthatjuk,

hogy e téma szakirodalma gazdag. A különleges színezet és a rendellenes mintázat vizsgálatának lehetőségére egy – a 2012-es évben elejtett – részlegesen pigmenthiányos egyed irányította rá a figyelmünket. Az erdei szalonkával kapcsolatos kutatások a Soproni Egyetem Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézetében több évtizedes múltra tekintenek vissza, hiszen a fajjal kapcsolatos kutatómunka már az 1980-as években kezdetét vette a Magyar Erdei Szalonka Teríték Monitoring keretén belül, azonban a 2010-es évig a szín- és mintázatbeli változatosság országos léptékű, nagy mintaszámokon alapuló vizsgálatára nem nyílt lehetőség. Az Országos Magyar Vadászati Védegyelet koordinálásával 2009-ben induló Erdei Szalonka Monitoring biometriai vizsgálati modulja 2010-től széleskörű szárnymintagyűjtési lehetőséggel alapozta meg az ilyen irányú vizsgálatokat.

Történeti szakirodalmi áttekintés

A nemzetközi és a magyar ornitológiai szakirodalomban egyaránt kevés utalást lelhető fel a szín- és mintázatbeli változatosságra vonatkozóan, ami nem véletlen, hiszen nagyon ritkán fordulnak elő különleges színezetű példányok az erdei szalonka esetében. A különleges színezetű madarakra vonatkozó első utalásokat a XIX. század második felének vadászati szakirodalomban találtuk. Ezek főként fehéresszürke, sárgásfehér tollazatot (kevés sötét mintázattal), szalmasárga, halványan mintázott egyedeket, illetve foltosan pigmenthiányos „tarka” erdei szalonkákat említenek a pigmenthiányos jellegek mellett. Angliából ismerjük az egyik első unikális színezetű – csaknem teljesen fehér –, példányról szóló közlést

1825-ből, amelyet a „*The Natural History of British Birds*” című ornitológiai szakműnyvben adtak közre. Az itt közölt színes grafika egy csaknem teljesen pigmenthiányos erdei szalonkát ábrázol (URL. 1). Az 1842-es évben a Regélő Pesti Divatlap hasábjain tájékoztatják a lap olvasóit egy igazi kuriózum megfigyeléséről és kézre kerüléséről: „A „*Mirror*“ mint természettörténeti ritkaságot említi, hogy Torrington mellett, Devonshirben, fehér tollas szalonka telepedett meg, és öt éven át ugyan azon fészekbe járt, mi e' madárfajnál eddig nem igen tapasztaltatott. Azon aggályból, hogy ezen ornitológiai ritkaság a' legközelebbi vándorlat után nem találna többé vissza térni, agyon lövetett 's kitömetvén eltételezt.” (ANONYMUS 1842). Az 1864-es Vadász-Lap egy Németországban, Duisburg mellett terítékre került kuriózumról számol be. A madarat SPEE gróf egyik vadásza esti szalonkalesen ejtette el (ANONYMUS 1864).

Magyar vadász tollából indiai szalonkavadászon, 1897-ben terítékre került 5 különleges színezetű példányról ismerünk híradást (ANONYMUS, 1897). FREDERICK WILLIAM FROHAWK brit természettudós 1900-ban tanulmányrajzot közöl egy erősen pigmenthiányos példányról „*Study of a white Woodcock*” címmel (URL. 2).

Hazai vonatkozásokban az egyik első szín- és mintázatbeli változatosságra is utaló tanulmányt LAKATOS (1880) közli. „*Az erdei szalonka természetrajzi leírása*” című cikkében: „Végül meg kell még emlékeznünk azon különféle színeltérésekről, melyek mint a természet játéka, nem ritkán föltűnnek az erdei szalonkáknál. A leggyakoribb, minden szalonkavadász által ismert változat: a tarka, melynek rendesen színezett tollazata egyes egészen fehér tollak által van tarkázva. Ritkábbak ennél az egészen fehérek sötétbarna szemekkel: a szalmasárgák, alig észrevehető sötét rajzokkal; az ún. átjátszó színű fehér, vagy sárgások, melyeknél az alapszín csak leheletszerű és csakis ferdén ráeső világosságnál észrevehető: a tarka szárnyak, melyeknél csak a szárnyak rendes színezetűek, egyébként pedig egészen fehérek rozsdásvörös fejjel. Olyan példányok is említést tesz, melyek a rendes tollszínezet mellett rozsdásárga. minden mintázatot nélkülöző altesttel bírnak, továbbá olyanok, melyeknek rendes a színezete, azonban fehér feje, szárnya, vagy pedig fehér kormánytollai vannak.”

DONÁSZY (1907) is említést tesz tanulmányában a színezet változatosságáról. A színváltozatok között külön tárgyalja a „színelváltozást” és az „albinizmust”. Legritkább szín-

ként a fehér, sárgás-fehér és az egészen szalma vagy zsemlyesárga színeket írja le, míg gyakoribb elváltozásként a fehéren tarkázott és a fehérszárnyú vagy fehér farkú változatot említi. Az 1920-as években CSÍK ISTVÁN is utal a színbeli változatosságra, miszerint az erdei szalonka esetében: „*Vannak fehér (albinismus) és fekete (melanismus) árnyalatú példányok.*” (CSÍK 1924).

A színbeli változatosság élettani háttere-Pigmentációs zavarok

A színváltozatok azonosításához és azok helyes megnevezéséhez szükségszerűen ismernünk kell a normál pigmentáció folyamatát, továbbá azt, hogy mely pigmentek határozzák meg a tollak fajra jellemző színét. BODNÁR BERTALAN az általa „*teljes vagy részleges albinismusként*” aposztrofált jelenség fiziológiai hátterét illetően 1908-ban a következőt írja: „*Hogy mi okozza ezt a jól felismerhető inklinálást a tollak festőanyagának rendellenes fejlődésére – nem tudja ma még megmagyarázni a fiziológia. Bizonyos azonban, hogy nem a szegényes táplálkozási viszonyokban kell keresnünk az okot, – mint némelyek vitatják – inkább a színfejlesztő mirigyek atrophijában vagy a felszívódást végző csatornák veleszületett tökéletlenségében*” (BODNÁR 1908).

A folyamatok hátterének megismerésére az 1950-es évekig várni kellett, ugyanis ekkor publikálták a melaninok biokémiájáról, a melanizáció folyamatáról, valamint a színanyag szintézis genetikai hátteréről szóló alapismeretek többségét pl.: MASON 1953; RAWLES 1953; LUBNOW 1963. A melaninok normális képződése már a megtermékenyített tojás első sejtosztódása utána kezdetét veszi, így már az embriófejlődés korai szakaszában kialakultak az alapvető színsejtek, amik tartalmazzák az amino-acid-tirozin aminosavat, ami a melanin termelés egyik központi vegyülete. A folyamatot a tirozináz enzim vezérli. A melanin két típusa létezik a madarakban: az eumelanin és a feomelanin. A tollon belüli koncentrációtól és az eloszlástól függően az eumelanin felelős a fekete, szürke és a sötétbarna színekért. A feomelanin nagy koncentrációban vörösesbarna színt eredményez, míg alacsonyabb koncentrációban ez a szín eltűnik, a toll sárgásbarna, majd csaknem fehér lesz. Mindkét melanin együttes jelenléte e színek kombinációját eredményezhet, például szürkésbarna. A melanin képződés számos kémiai reakciót foglal magában, ezek közül az egyik legfontosabb a tirozin oxidációja, amit a tirozináz katalizál. Az oxidáció mértéke változó, így a szín intenzitása is. A fekete a legerősebb oxidációs forma, a barna egy gyengébb forma. A pigment sejtek biztosítják a színanyagokat a tollsejtek számára. A melanin képződés genetikailag determinált, a folyamat bármilyen rendellenessége potenciálisan befolyásolja a madár színeit.

Az erdei szalonka klasszikus színváltozatai

A színváltozatokkal kapcsolatos leggazdagabb ismeretanyag Franciaországban került közreadásra, amelyekről a Club National Des Bécassiers „*La Mordorée*” című periodikájában rendszeresen beszámolnak a francia szakemberek. Az eltérő mértékű pigmentáltság alapján négy klasszikus színváltozatot (fekete, barna, agate, izabella) különítenek el az erdei szalonkák esetében, melyeket tovább differenciálnak a pasztell színárnyalatok segítségével (BOIDOT 2012).

1. Fekete (sötét) tollazat

A melanizmus a melaninok mennyiségének növekedése.

- Eumelanizmus

Az eumelanizmus az eumelanin mennyiség növekedése. Ebben a mutációban a madár teljes megjelenése feketetés. Az erdei szalonka esetében mintázat nélküli fekete példány eddig nem ismert.

- Feomelanizmus

A feomelanizmus a feomelanin mennyiség növekedése. E mutáció esetén a madár teljes megjelenése vörösesbarna.

2. Barna tollazat

A barna, mint színelváltozás az eumelanin minőségi redukciója, tehát a pigment mennyisége változatlan marad, de az eumelanin megjelenése megváltozik (KOPF 1986). Az eumelanin öröklődő, hiányos oxidációjának eredményeként a fekete toll sötétbarna lesz. Az eumelanin minőségi csökkenésével jellemezhető toll nagyon érzékeny a napfényre, ami gyorsan és erősen fakítja, így a régi tollazat gyakran erősen kifakul, ezért ezt a mutációt néha nehéz egyértelműen beazonosítani egyszerű szemrevételezéssel (VAN GROUW 2006).

Melanin hígulással járó elváltozások az erdei szalonka tollazatában

E jelenséget KOPF (1986) mennyiségi melanin redukcióként definiálja, tehát a mutáció során a pigment maga nem változik, de a pigmentkoncentráció csökken. Az eredeti színhez képest „hígított”, halványabb színt figyelhetünk meg. A francia szakemberek a melanin hígulásos színelváltozások két típusát klasszikus színekategóriaként definiálják az erdei szalonka esetében.

3. Agate (achát) tollazat

A barna azínért felelős színanyagok redukciója eredményezi (BOIDOT 2012).

4. Izabella tollazat

Az izabella az eumelanin mennyiségi redukciója útján jön létre, így a fekete toll szürke színű lesz.

Pasztell árnyalatok

A pasztell mutáció az eumelanin és a feomelanin kvantitatív csökkenése során alakul ki. A fekete tollak szürke színűek, míg a vörösesbarna tollak sárgásbarna színűek lesznek. A koncentrációcsökkenés mértéke a szalonka esetében rendkívül változatos lehet. Ez azt jelenti, hogy a pasztell erdei szalonka, tulajdonképpen egy fakó, normál mintázatú madár. Az erdei szalonka színváltozataival foglalkozó francia szakemberek a fő – ún. klasszikus – színekategóriák mindegyikét tovább differenciálják a pasztell árnyalatok segítségével – úgymint: fekete pasztell, agate pasztell, barna (klasszikus barna és vörösbarna) pasztell, valamint az izabella pasztell (BOIDOT, 2008). Az izabella és az agate esetében ez a színváltozat leírás megítélésünk szerint megkérdőjelezhető.

Pigmenthiányos tollazatú erdei szalonkák

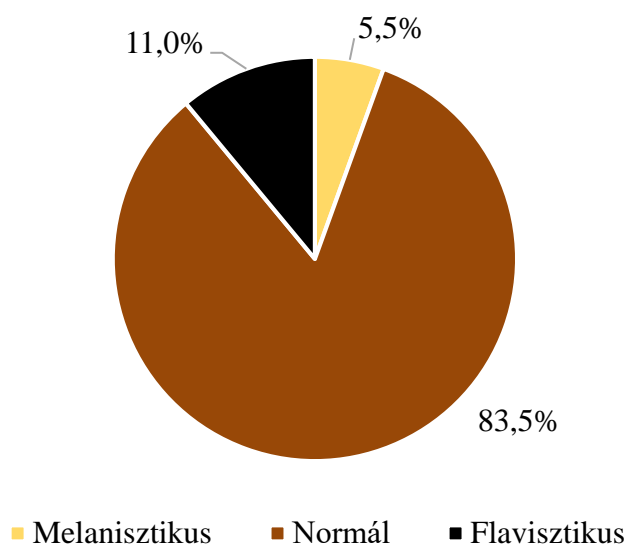
Az erdei szalonkánál a leggyakoribb rendellenes színezet a pigmentek részleges hiánya, ami összetett genetikai és biokémiai mechanizmusok diszfunkciójaként alakul ki. A melanin képződése genetikailag determinált, így a melanizációs folyamatokat vezérlő sejtek és vegyületek (tirozináz, amino-acid-tirozin) bármilyen rendellenessége potenciálisan befolyásolja a madár színét (VAN GROUW 2006). A szakirodalomban napjainkban is gyakori hibás terminológia a „részleges albinizmus”, ami „contradictio in terminis” nem létezik, ugyanis az albinizmus jelensége FOX és VEVERS (1960) közlése szerint mindkét melanin teljes hiánya nyomán alakul ki, amit a tirozináz öröklött hiánya okoz. A tirozináz hiánya miatt egy albínó egyáltalán nem képes melanint termelni. Fontos megjegyezni, hogy az erdei szalonka esetében ez idáig az albinizmus jelenségét nem figyelték meg. Ennek megfelelően ezek az egyedek helyes terminológiával nem albínók, hanem leucisztikus tollazatúak, tehát fehérek, sötét szemekkel, némi pigmentációval. A leucisztikus madaraknál ugyanis a tirozináz enzim jelen van, így a melanin termelése az alap pigmentsejtekben megtörténik és a színsejtekké való átalakulás is. A pigmentek lerakódásának öröklődött defektusa miatt az eumelanin és a feomelanin részleges vagy teljes hiánya csak a tollakban jelentkezik, így a szemek, a bőr és a csupasz szaruképletek általában színesek maradnak (VAN GROUW 2006).

A francia szakemberek az eltérő mértékű pigmenthiány alapján három kategóriát különítenek el az erdei szalonkák esetében (BOIDOT 2012):

1. kategória: A tollazat kevesebb, mint 10%-a fehér.
2. kategória: A tollazat 10-50%-a fehér.
3. kategória: A tollazat több mint 50%-a fehér.

Magyar színosztályozás

A nagyobb mintavételei lehetőséggel rendelkező francia szakemberek alapvetően négy színváltozatot – úgymint: fekete (sötét), barna, achát és az izabella tollazat – különítenek el az erdei szalonkák esetében (BOIDOT 2012). A fenti fő kategóriákon belül számos további színváltozatot írtak le (pl.: a feketén belül: a szürkét, a vöröset és a rigófeketét) (BOIDOT 2012), amelyeket még tovább differenciálnak a pasztell árnyalatok segítségével. E meglehetősen bonyolult – és a szubjektív megítélés esetleges hibáival terhelt – kategorizálás helyett egy lényegesen egyszerűbb osztályozási rendszert dolgoztunk ki. A beérkező szárnymintákat három – egymástól jól elkülöníthető – kategóriába soroltuk: *normál* (klasszikus vad színű), *flavisztikus* (világos, pasztell árnyalatokkal jellemezhető) és a *melanisztikus* (sötét, erőteljesebben pigmentált). Ezek mellett természetesen az egyértelműen azonosítható ritka kuriózumokat – úgymint a részleges pigmenthiány, mintázathiány, melanin hígulásos mutáció jeleit mutató egyedeket –, külön csoportba soroltuk. Az elmúlt években az Erdei Szalonka Teríték Monitoring keretében 8925 szárnymintát vizsgáltunk meg és soroltunk be a fenti kategóriák valamelyikébe. A besorolás eredményeképpen megállapítottuk, hogy az egyes években országosan gyűjtött, vizsgálatra alkalmas szárnyminták (n=8 925 pld) több mint háromnegyede (83,5%-a) normál színezetű volt. Az további két színváltozat közül a melanisztikus jellegűek alacsonyabb részarányt képviseltek (5,5%) a mintában, mint a flavisztikus sajátságokat hordozó világos színezetű példányok szárnymintái (11,0%) (1 ábra).



1. ábra: Erdei szalonka szárnyminták szín szerinti megoszlása Magyarországon

A klasszikus színváltozatok mellett – még a nagy terítékekkel rendelkező országok esetében is kuriózumnak tekinthető – részben vagy teljesen pigmenthiányos –, fehér tollakkal rendelkező és pasztell erdei szalonkákkal is találkoztunk a megvizsgált hazai minták között.

A monitoring keretében az intézetünkbe beérkezett szárnyminták között mindösszesen három részlegesen pigmenthiányos kuriózum fordult elő. A 2010-es évben Bács-Kiskun megyében került terítékre egy olyan erdei szalonka, amelynél a karevezők fedői közül egyetlen toll vége fehér, valamint a tollzászló mintázathiányos volt (BENDE – LÁSZLÓ 2017a,b; 2018). A 2012-ben gyűjtött mintákkal Pest megyéből érkezett be egy fehér első kézevezővel rendelkező példány szárnymintája (FARAGÓ *et al.* 2013; LÁSZLÓ *et al.* 2014). A kis számú ismert fehér erdei szalonka elejtésére vonatkozó értékes adatot gazdagítja a 2018-as év tavaszán – a mintavételes monitoring keretében – Noszlop község (Veszprém megye) határában terítékre került fehér szalonka. A MARTON ZSOLT által elejtett ornitológiai ritkaság szinte

teljesen pigmenthiányos, csak a hátoldalán, valamint a kormánytollakon és részben azok fedőtollai esetében találunk pigmentált foltokat.

A kuriózumok sorában említésre méltó a 2014-ben KÁLMÁN SZILÁRD által Csapod község (Győr-Moson-Sopron megye) határában elejtett két barna pasztell erdei szalonka. A március 14-én terítékre került példány esetében a melanin hígulás elsősorban a kézevezőkön és azok fedőtollain jelentkezett markánsan, míg a március 20-án elejtett példány esetében a karevezők és azok fedőtollai esetében is látható volt a csökkent melanin koncentráció eredményeképpen megjelenő fakó színezet. A 2017-es évben beküldött minták között egy igazán különleges melanin hígulásos mutáció jeleit mutató példány szárnyára lettünk figyelmesek. A madár kézevezőinél, továbbá azok fedőtollainál, valamint részlegesen a karevezők esetében tapasztaltunk egyenlőtlen melanin koncentrációt, ami az egyes tollak középső részén szürkés-fakó tónust eredményezett.

Összegzés

A magyar elejtési adatokat nagyságrenddel meghaladó szalonka terítékekkel rendelkező országokban (pl.: Franciaország, Olaszország) is nagyon ritkán találkoznak a vadászok rendellenes színezetű erdei szalonkákkal, így az irodalmi adatok sorában értékes adalékként szolgálnak a fajjal kapcsolatos ismeretek bővítéséhez a monitoring során gyűjtött kuriózumok. A nemzetközi és a hazai kuriózumokkal kapcsolatos fontosabb irodalmi adatok, továbbá az Erdei Szalonka Teríték Monitoring eredményeinek segítségével bemutattuk az erdei szalonka esetében jelentkező főbb színváltozatokat, továbbá azok osztályozásának lehetőségeit. Az osztályozás kapcsán szeretnénk megjegyezni, hogy e fajnál előforduló mutációk helyes leírása pusztán szemrevételezés alapján bizonytalansággal terhelt. Az egyértelmű besorolás érdekében a Magyarországon gyűjtött szárnymintákat három, általunk meghatározott kategória szerint osztályoztuk. A 8925 besorolt szárnyminta alapján megállapítottuk, hogy gyűjtött minták több mint háromnegyede (83,5%-a) normál színezetű volt, a fennmaradó nagyobb hányad világos (11,0%) és mindösszesen 5,5% volt az erősebben pigmentált részarány. A fehér és a pasztell mutációval jellemezhető kuriózumok részesedése a teljes mintában mindösszesen 0,06% volt. Az elmúlt 150 évben alig több mint húsz pigmenthiányos (fehéres/fehértarka) és néhány pasztell elváltozásra utaló jellegzetességeket mutató erdei szalonka, valamint egy fekete példány elejtését publikálták Magyarországról. Az általunk közölt madarak unikális jellegét az is jól tükrözi, hogy a hazai mintavételi lehetőséget nagyságrenddel meghaladó – évente akár egy milliót is meghaladó terítéket regisztráló – országokban is csak elvétve bukkan fel egy-egy különleges színezetű példány, így a monitoring során kézre került különleges színezetű erdei szalonkák valóban értékes adatokkal gazdagítják a fajjal kapcsolatos ismereteket.

Irodalomjegyzék

- ANONYMUS (1842): Fehér szalonka. Regélő Pesti Hírlap. 83. szám. p. 912.
- ANONYMUS (1864): Fehér szalonka. Vadász és Verseny-Lap. pp. 375-376.
- ANONYMUS (1897): Az erdei szalonka Indiában. Vadász Lap. pp. 360-362.
- BENDE A. – LÁSZLÓ R. (2017a): Erdei szalonka (*Scolopax rusticola* L.) színváltozatok előfordulása 2011-ben Magyarországon. Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia. In: A konferencia előadásainak és posztereinek kivonata (Szerk.: BIDLÓ, A. – FACSKÓ, F.). Soproni Egyetem Kiadó, 2017. p. 38.
- BENDE A. – LÁSZLÓ R. (2017b): Az erdei szalonka (*Scolopax rusticola* L.) szárnyminták szín- és mintázatbeli változatossága 2010-ben Magyarországon. XVI. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia = International Conference on Application of Natural-, Technological- and Economic Sciences. In: Az előadások összefoglalói = Abstracts of the Presentations (Szerk.: FÜZESI I. – KOVÁCS E. – PUSKÁS J.). Szombathely: ELTE, 2017. p. 23.

- BENDE A. – LÁSZLÓ R. (2018): Woodcock (*Scolopax rusticola* L.) diversity of wing sample colors and patterns in 2013 in Hungary. XVII. International Conference on Application of Natural-, Technological- and Economic Sciences. Szombathely, Hungary, Szombathely: ELTE (megjelenés alatt).
- BOIDOT, J-P. (2008): Bécasse des bois à plumage inhabituel. La Mordorée. No, 246. pp. 92-93.
- BOIDOT, J-P. (2012): Bécasse des bois à plumage inhabituel. La Mordorée, No. 261. pp. 29-38.
- BODNÁR B. (1908): A Maros-Tisza-közének madárvilága. Vadászat és Állatvilág. pp.167-175.
- CSÍK I. (1924): Az erdei szalonkáról. Nimród 12. évf. 18. sz. p. 279.
- DONÁSZY F. (1907): Az erdei szalonka és vadászata. Vadászat és Állatvilág 7. évf. 6. sz. pp. 77.
- FARAGÓ S.– LÁSZLÓ R. – BENDE A. (2013): Szín és mintázatbeli eltérések a magyarországi erdei szalonka szárnyminták között. Kari Tudományos Konferencia Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar. In: A konferencia előadásainak és posztereinek kivonata (Szerk.: BIDLÓ, A., SZABÓ, Z.). Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, p. 95.
- FOX, H. M. – VEVERS, G. (1960): The nature of animal colours. London. In VAN GROUW, H. (2006): Not every white bird is an albino: Sense and nonsense about colour aberrations in birds. In Dutch Birding - International journal on Palearctic birds, January 2006.
- KOPF, F. H. M. (1986): Het kweken van kanaries, Best. In VAN GROUW, H. (2006): Not every white bird is an albino: Sense and nonsense about colour aberrations in birds. In Dutch Birding - International journal on Palearctic birds, January 2006.
- LÁSZLÓ R. – BENDE A. – FARAGÓ S. (2014): Szín és mintázatbeli eltérések a magyarországi erdei szalonka szárnyminták között. IV. Kari Tudományos Konferencia. In: Konferencia kiadvány (Szerk.: BIDLÓ A., – HORVÁTH A. – SZÜCS P. szerk.). p. 407. Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, 2014. pp. 265-268.
- LAKATOS K. (1880): Az erdei szalonka természetrajzi leírása. Vadász-Lap. 8. évf. p.7.
- LUBNOW, E. (1963): Melanine bei Vögeln und Säugetieren. In J Ornithol. 104. pp. 69-81.
- MASON, H. S. (1953): The structure of melanins. In: Pigment Cell Growth – Proc 3rd Conf on the biology of normal and atypical pigment cell growth (Ed.: GORDON, M.), New York, pp 277-303.
- RAWLES, M. E. (1953): Origin of the mammalian pigment cell and its role in the pigmentation of hair. In: Pigment Cell Growth – Proc. 3rd Conf. on the biology of normal and atypical pigment cell growth (Ed. GORDON, M), New York. pp.1-15.
- VAN GROUW, H. (2006): Not every white bird is an albino: Sense and nonsense about colour aberrations in birds. In Dutch Birding - International journal on Palearctic birds, January 2006. pp. 79-88.

Internetes források

- URL. 1.: <https://www.alamy.com/stock-photo-color-engraving-of-the-woodcock-bird-scolopax-rusticola-in-its-natural-170790086.html>
Letöltés ideje: 2018.10.30.
- URL. 2.: <https://bidtoart.com/en/fine-art/woodcock-white-variety/942499>
Letöltés ideje: 2018.10.30.

SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYTERMESZTÉS KÖRNYEZETI ÉLETCIKLUS ELEMZÉSE

POLGÁR ANDRÁS¹ – KOVÁCS ZOLTÁN² – ELEKNÉ FODOR VERONIKA¹

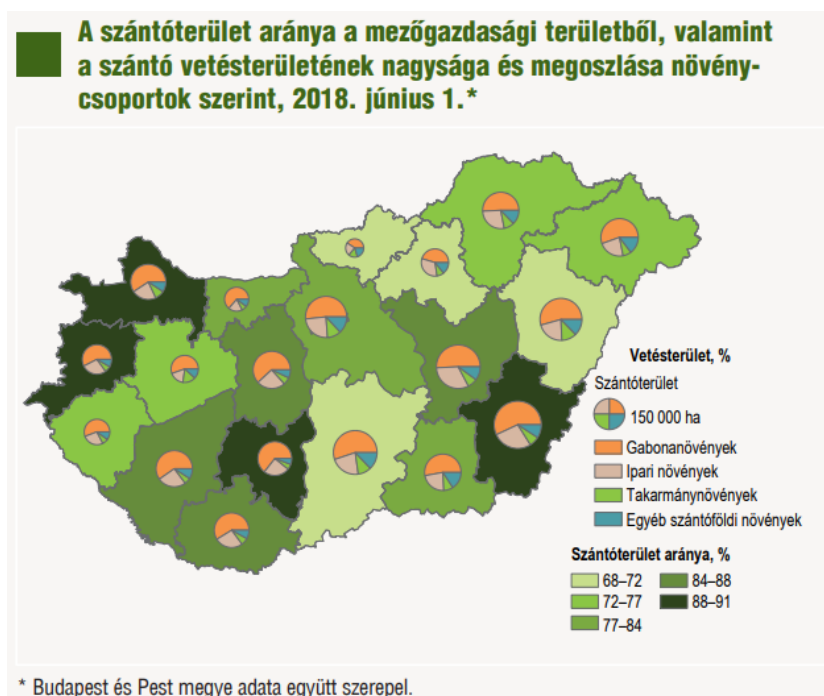
¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

²NAIK, Erdészeti Tudományos Intézet

polgar.andras@uni-sopron.hu

A gazdaság (termelő szektor) működésének alapvető jellegbeli megváltozása az ipari forradalom óta a környezeti problémák egyik fontos kiváltója. Ez a terület (beleértve az agrárágazatot is) egyben azonban a legkönnyebben szabályozható részelem is. Számos már kidolgozott szabályozási elv közül az önkéntes szabályozások (köztük az életciklus elemzés, ISO 14040-44:2006) nyújthatnak hatékony, proaktív megközelítést a problémák kezelésére (RÉDEY 2011).

Magyarország területének mintegy felén, kb. 4,5 millió hektáron folyik szántóföldi növénytermesztés, melynek országos területi megoszlását jól mutatja az alábbi ábra gabona-, ipari, takarmány- és egyéb szántóföldi növények esetében (KSH 2018).



1. ábra: A szántóterület aránya a mezőgazdasági területből, valamint a szántó vetésterületének nagysága és megoszlása növénycsoportok szerint, 2018. június 1. (KSH 2018)

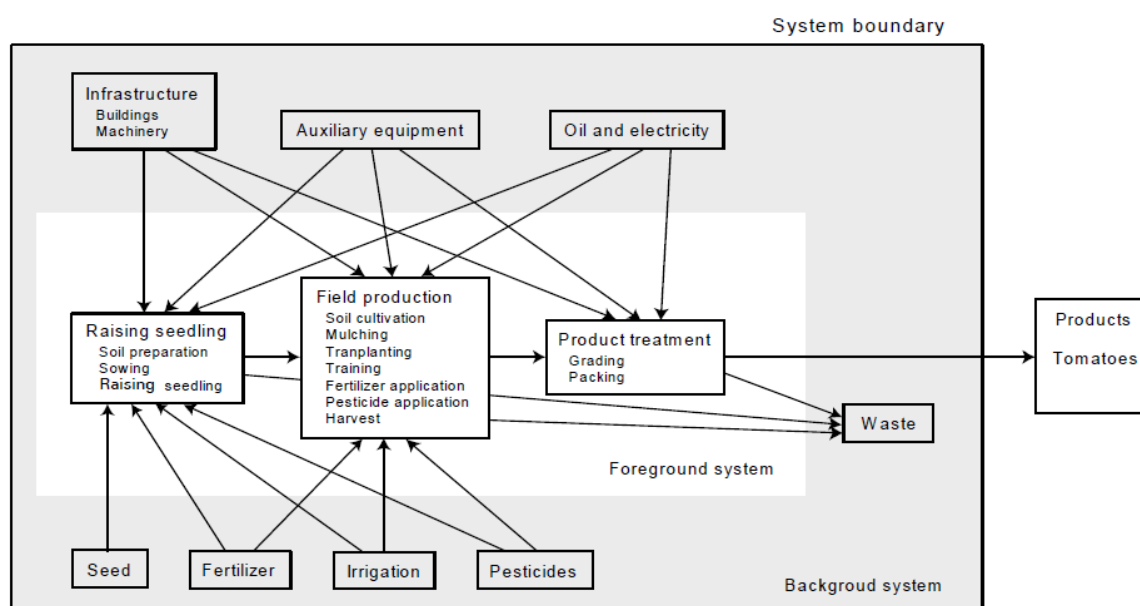
A szántóföldi növénytermesztés hozamaira – részben időjárási, részben talajminőségi, részben technológiai okok, valamint az alacsony öntözési kapacitás miatt – hazánkban jellemző az indokoltnál nagyobb ingadozás. A főbb növények hozamai a két-három évtizeddel ezelőtti szint közelében állnak (OTP 2017).

NAGY (2018) szerint a jövő mezőgazdaságát a klímaválság, az élelmiszerek iránti egyre növekvő kereslet, a digitalizáció, a precíziós gazdálkodás, a robotok elterjedése jellemzi majd. 2050-re hetven százalékkal több élelmiszere lesz szükség a világon, miközben a klímaválság miatt harminc százalékkal kevesebb termőföld és negyven százalékkal kevesebb ivóvíz áll majd rendelkezésre. Ezeknek a kihívásoknak csak a tudomány segítségével leszünk képesek megfelelni.

A tartós versenyképesség egyik alappillére a mezőgazdaságban a környezeti egyensúly fenntartása, a klímaváltozásból adódó anomáliák okozta károk csökkentése. Ezért a jövőben

még erősebben támogatják az öntözést, valamint az agrárium digitalizációja mellett a gazdálkodói generációváltást is (NAGY 2019).

Több szerző felhívja azonban arra a figyelmet, hogy a biomassza szántóföldi előállításának csak akkor lehet létjogosultsága, ha olyan technológiákat alkalmazunk, amelyek környezeti és fenntarthatósági szempontból egyaránt megfelelnek az elvárásoknak. DINYA (2018) a szakmai szempontokat előtérbe helyező, tágabb rendszerbe illeszkedő, hosszú távú és termékpályákban gondolkodó döntéshozatal fontosságát hangsúlyozza a helyi és országos szintű döntések során egyaránt. A környezeti hatások elemzésére az életciklus-elemzés (LCA) lehet alkalmas, amely valamennyi biomassza-előállítási és -felhasználási módszerre vonatkozóan pontos becslést ad a károsanyag-kibocsátásra, valamint az energiamérlegre vonatkozóan (HELLER *et al.* 2003). HAYASHI *et al.* (2007) a mezőgazdasági termelési rendszer sematikus folyamatait vizsgálták életciklus szemléletben, amely során kiemelték, hogy az elsődleges folyamatok mellett a háttérfolyamatok környezeti hatásai is számba veendőek.



2. ábra: Mezőgazdasági termelési rendszer sematikus folyamatai életciklus szemléletben (HAYASHI ET AL. 2007)

Kutatásunkban a jelentős haszonnövényekhez (kukorica, napraforgó, lucerna, kalászosok, repce) köthető hazai szántóföldi növénytermesztési technológiák összehasonlító környezeti életciklus-elemzésére (LCA) vállalkoztunk (a környezeti adatok területi megközelítésben: 1 ha-ra vetítve és mennyiségi megközelítésben: 1 t terményre vetítve figyelembe vételével).

Kutatási kérdéseink: *Melyek a vizsgált agrár területhasználatok során alkalmazott művelési technológiák fő környezeti hatásai? Hogyan alakul a környezeti rangsoruk? Milyen mértékben járulnak hozzá a klímaváltozáshoz? Hogyan alakul a szénlábnyomuk (területi: 1 ha és mennyiségi: 1 t megközelítésben)? Hogyan viszonyulnak más biomassza előállítási rendszerekhez?*

Anyag és módszer

Az LCA elkészítéséhez alkalmazott módszertan megfelel az ISO 14040:2006 és ISO 14044:2006 szabvány követelményeinek. Az elemzést a GaBi Professional szoftverrel végeztük el (GABI THINKSTEP 2018). Az LCA előírt lépései a következők voltak: 1. cél és rendszerhatárok meghatározása, 2. leltárelmzés, 3. hatásértékelés, 4. hatásértelmezés (ISO 14040-44).

Cél: Az összehasonlító LCA célja a megadott kutatási kérdések megválaszolása az elemzési módszertan alkalmazásával a szántóföldi növénytermesztési technológiák esetén.

Rendszerhatárok: A vizsgált életút szakaszok az egyes technológiák és művelési lépéseik voltak. Általánosan a terepi műveletek: a talajelőkészítés – műtrágyázás – vetés – vegyszeres növényvédelem – betakarítás – terményszállítás – betárolás voltak. Mindezek mellett a környezeti hatások kalkulációjakor figyelembe vettük az üzemanyag és kenőolaj előállítás háttér folyamatait is. Terményszállítási távolságnak egységesen 10 tkm-t tekintettünk. Kiszolgáló szállítás esetén 5-5 km-es közúti megközelítési távolságot vettünk alapul.

Figyelembe vett folyamatok és művelési lépések részletesen haszonnövényenként:

- Kalászosok (napraforgó elővetemény): Tarlóhántás gruberrel – Altalajlazítás – Műtrágyázás – Magágy előkészítés – Vetés – Fejtrágyázás – Vegyszeres növényvédelem – Fejtrágyázás – Vegyszeres növényvédelem – Kalászvédelem – Betakarítás – Terményszállítás – Betárolás
- Kukorica (őszi búza elővetemény): Tarlóhántás gruberrel – Őszi mélyszántás – Tavaszi szántás elmunkálás – Magágy előkészítés – Vetés + műtrágyázás – Vegyszeres növényvédelem – Sorközművelés – Betakarítás – Terményszállítás – Betárolás
- Napraforgó (őszi búza elővetemény): Tarlóhántás gruberrel – Őszi mélyszántás – Tavaszi szántás elmunkálás – Műtrágyázás – Magágy előkészítés – Vetés – Vegyszeres növényvédelem – Sorközművelés – Vegyszeres növényvédelem – Deszikálás – Betakarítás – Terményszállítás – Betárolás
- Lucerna (kalászos elővetemény): Tarlóhántás gruberrel – Altalajlazítás – Műtrágyázás – Magágy előkészítés – Hengerezés – Vetés – Műtrágyázás – Kaszálás – Forgatás – Forgatás – Rendsodrás – Bálázás – Szállítás – Betárolás – Kaszálás – Forgatás – Forgatás – Rendsodrás – Bálázás – Szállítás
- Repce (kalászos elővetemény): Tarlóhántás gruberrel – Altalajlazítás – Műtrágyázás – Magágy előkészítés – Hengerezés – Vetés – Hengerezés – Permetezés – Permetezés – Permetezés – Műtrágyázás – Permetezés – Permetezés – Permetezés – Permetezés – Betakarítás – Szállítás

Leltárelemzés: A szántóföldi növénytermesztési technológiákról vizsgált haszonnövények szerint gyűjtöttük a környezeti leltáradatokat. A technológiák művelési lépéseiről környezeti leltáradatbázist (input-output, elemi áramok) hoztunk létre

Funkcióegység: alapvetően területi megközelítésben 1 ha művelt területre, míg az árnyaltabb megjelenítés miatt mennyiségi megközelítésben 1 t terményre vonatkoztattuk a környezeti adatokat. Az egyes haszonnövényekhez tartozó területi megközelítésű *referenciaáramokat* részletesen a közölt leltáradatbázis tartalmazza (1. táblázat).

A környezeti leltáradatok esetén *referencia időszaknak* a művelési sorok jellemző időtartamát vettük (egyéves haszonnövényeknél: 1 év). Több éves növény, a lucerna esetében, annak jellemzően 3 évig fenntartott művelési lépései esetén, az ismétlődő műveleteknél a teljes időtartamra vonatkozó értékeket harmadoltuk, az egyéves növényekkel való összehasonlíthatóság miatt.

Az adatok vonatkoztatási időszaka: 2016. Földrajzi érvényességét tekintve az adatok hazaiak, Pápa térségére jellemzőek.

Az adatok forrásai: saját adatok, szakértői becslés, publikált adatok. GOCKLER (2014) nyomán átlagadatokkal is dolgoztunk, melyek megállapítása sokszor hibával terhelt, ám alkalmazásuk elengedhetetlen volt az elemzéshez.

Az elemzésbe információ hiányában már nem vontuk be a technológiákhoz szükséges gépek és eszközök előállításának környezeti paramétereit, az utak építésének hatásait, és a földhasználat változását.

A fentiek alapján felépítettük a vizsgált technológiák szoftveres életciklus-modelljeit.

Hatásértékelés: A szabvány szerint a leltáreredményeket először az LCA tanulmány céljainak és kereteinek megfelelő hatáskategóriákhoz rendeltük. Számos hatásértékelési módszer áll rendelkezésre, tanulmányunkban az egyik legelterjedtebben alkalmazott módszert, a CML2001 (2016. januári) hatásértékelési eljárást választottuk. A módszer előnye, hogy kifejezetten alkalmas a szénlábnyom kifejezésére is (SIMON 2012). A technológiákat környezeti hatásaik növekvő értékei szerint rangsoroltuk.

A környezeti összhatás kifejezése érdekében, a szabvány szerint ajánlott hatásértékelési lépésként, GaBi szoftverrel elvégeztük a Közép-Európára vonatkoztatott normalizálást a CML2001, Experts IKP (Central Europe) módszerrel.

A haszonnövényenként vett teljes technológiai szénlábnyomokhoz való műveleti hozzájárulások (részesedések) analízise érdekében – a terepi, terményszállítási és kiszolgáló szállítási műveletekre vonatkozó leltáreredmények szerint – vizsgáltuk a kapcsolódó műveleti sorok CO₂ [kg/ha] kibocsátási profiljait is.

Hatásértelmezés: Az LCA utolsó fázisában a leltár- és hatáselemzési eredmények ellenőrzése történt meg, következtetéseket fogalmaztunk meg.

Az eredményeket területi (1 ha) és mennyiségi (1 t) megközelítésben is vizsgáltuk. A haszonnövényenként vett értékeket összevetettük más (fás) biomassza-előállítási agrár földhasználati technológiák hasonló LCA eredményeivel, nevezetesen a rövid vágásfordulójú energiaültetvények különböző (ültetvény mérete által determinált) betakarítási technológiái esetén, azok 3. éves vágáskorában tapasztaltakkal (POLGÁR *et al.* 2018).

Eredmények

A leltárelemzés során a folyamatokra jellemző input-output adatokat, elemi áramokat határoztuk meg. Bementi és kimeneti oldalon egyaránt elvégeztük az adatok összesítését. A területi megközelítésű, 1 ha-ra vetített környezeti leltáradatokat táblázatos formában mutatjuk be.

A munkarendszerek esetén a környezeti tényezők közül jelentős volt bementi oldalon az üzemanyag és kenőolaj (gépek üzemeltetése), műtrágya (karbamid, MAS, NPK, P, K), növényvédőszer (gyom, gomba, rovar elleni védelem, regulátor) és víz felhasználása, kimeneti oldalon a CO₂, valamint a fáradt olaj (reciklált) kibocsátás (gépek üzemeltetése).

A szántóföldi növénytermesztés gépei az egyes haszonnövények esetén többnyire azonosak voltak, eltérés a használatuk intenzitásában volt megfigyelhető (pl. eltérés a talaj előkészítésben az előveteménytől függően).

A továbbiakban a korábban feltett kutatási kérdésekre adott válaszokon keresztül mutatjuk be az elért eredményeket.

Kérdés: Melyek a vizsgált agrár területhasználatok során alkalmazott művelési technológiák fő környezeti hatásai? Hogyan alakul a környezeti rangsoruk?

A munkarendszerek CML2001 (2016. januári) környezeti életciklus-hatásértékelése során a következő eredményeket kaptuk.

A szántóföldi növénytermesztési technológiák esetén a legnagyobb hatás a tengervízi ökotoxicitás (MAETP) esetén jelentkezett, majd az abiotikus kimerülő fosszilis erőforrások (ADP foss.) kategóriájában. A technológiák a globális felmelegedésre (GWP 100) ezután voltak csak hatással. Mindez elsősorban az üzemanyag és kenőolaj inputoknak és előállításuk környezeti hatásainak tudható be. A technológiák jellegéből adódóan kiemelendő volt még a savasodás (AP), eutrofizáció (EP), édesvízi ökotoxicitás (FAETP inf), fotokémiai ózonképződési potenciál (POCP) és földi ökotoxicitási potenciál (TETP inf.) hatáskategóriája. A technológiák életciklus részesedése hatáskategóriáinként közel azonosnak tekinthető (15-21%). A növekvő környezeti rangsort az alábbiak szerint tudjuk felállítani: „kukorica (15%) – napraforgó (19%) – lucerna (20%) – kalászosok (21%) – repce (25%)”.

1. táblázat. A munkarendszerek összesített bemeneti és kimeneti környezeti leltáradatbázisa területi megközelítésben (1 ha) haszonnövényenként (Magyarország, Pápa térsége)

Tényező	Egység	Haszonnövény					
		Kalászosok	Kukorica	Napraforgó	Lucerna	Repce	
Vonatkoztatási időszak	év	2016	2016	2016	2016	2016	
Referencia áram	t/ha	8	9	3	5	3	
Input							
Üzemanyag	Dízel (művelési+kiszolgáló)	kg	110,88	82,32	105,84	97,04	123,01
	Dízel (közúti)	kg	35,70	26,88	29,82	44,10	50,40
	Összes dízel	kg	146,58	109,20	135,66	141,14	173,41
Kenőolaj	Kenőolaj	kg	0,59	0,58	0,59	0,18	0,61
Műtrágya	Karbamid (N 46%)		0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
	Mész-ammon-salétrom műtrágya (MAS), N (27%)	kg	500,00	300,00	0,00	250,00	250,00
	Komplex műtrágya (NPK)	kg	300,00	0,00	0,00	0,00	400,00
	P műtrágya (szuperfoszfát, P ₂ O ₅ 18%)	kg	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00
	K műtrágya (KCl, K ₂ O 60%)	kg	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00
Vegyszeres növényvédelem	Gyomirtószer	kg	0,05	0,08	2,69	0,00	0,22
	Gombaölőszer	kg	1,01	0,00	0,61	0,00	0,25
	Rovarirtószer	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36
	Regulátor (növény szabályozó)	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24
	Víz	l	600,00	200,00	600,00	0,00	1400,00
Output							
Légköri emisszió	Szén-dioxid (művelési+kiszolgáló)	kg	349,80	259,70	333,90	306,14	388,06
	Szén-dioxid (közúti)	kg	112,63	84,80	94,08	139,13	159,00
	Összes szén-dioxid	kg	462,43	344,50	427,98	445,27	547,06
Fáradtolaj	Fáradtolaj (reciklált)	kg	0,59	0,58	0,59	0,18	0,61

A környezeti összehatas számításakor haszonnövényenként egy dimenzió nélküli mérőszámokban, egymás mellett láthatjuk az összes hatáskategória eredményeit. A kötelező hatásértékelési lépésben kapott értékeket Közép-Európára normalizálva (CML2001, Experts IKP (Central Europe) módszerrel), az egyes haszonnövények hozzájárulása esetén a korábban tapasztalt környezeti rangsor megerősítését tapasztaltuk a környezeti összehatas tekintetében is: „kukorica (1,02E-09) – napraforgó (1,26E-09) – lucerna (1,31E-09) – kalászosok (1,37E-09) – repce (1,62E-09)”.

KÉRDÉS: Milyen mértékben járulnak hozzá a klímaváltozáshoz? Hogyan alakul a szénlábnyomuk (területi: 1 ha megközelítésben)?

A klímaváltozáshoz való hozzájárulás érzékeltetése érdekében a CML2001 (2016. januári) hatásértékelésből a globális felmelegedési potenciál (GWP 100 years) értékeket emeltük ki (szénlábnyom). A szénlábnyomhoz való hozzájárulás %-ában a művelési technológiák esetén a: „kukorica (15%) – napraforgó (19%) – lucerna (20%) – kalászosok (21%) – repce (25%)” növekvő technológiai rangsort kaptunk területi megközelítésben (1 ha). Ugyanez [kg CO₂-equiv./ha] mértékegységben kifejezve: a „kukorica (376 kg) – napraforgó (467 kg) –

lucerna (486 kg) – kalászosok (505 kg) – repce (597 kg)” növekvő technológiai rangsort adta.

2. táblázat. Vizsgált technológiák környezeti hatásai CML2001 (2016. januári) értékelési módszer alapján területi megközelítésben (1 ha)

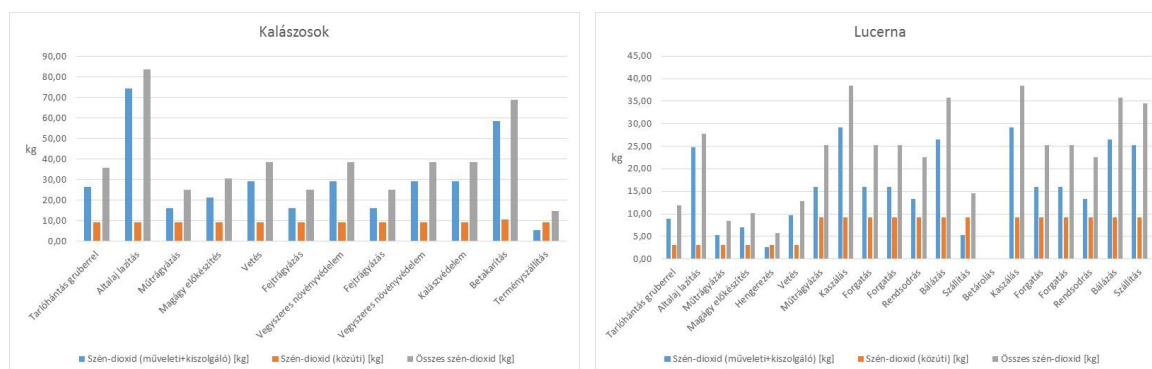
Környezeti hatáskategória (CML2001 - Jan. 2016)	M.e.	Haszonnövény				
		Kalászosok	Kukorica	Napraforgó	Lucerna	Repce
Abiotikus kimerülő források (ADP)	[kg Sb eq.]	5,37E-05	4,00E-05	4,97E-05	5,16E-05	6,35E-05
Abiotikus kimerülő fosszilis források (ADP foss.)	[MJ]	6,90E+03	5,13E+03	6,38E+03	6,62E+03	8,15E+03
Savasodási potenciál (AP)	[kg SO ₂ eq.]	0,259	0,193	0,24	0,249	0,306
Eutrofizációs potenciál (EP)	[kg Phosphate eq.]	0,0481	0,0358	0,0445	0,0463	0,0569
Édesvízi ökototoxicitási potenciál (FA-ETP inf.)	[kg DCB eq.]	2,87	2,14	2,66	2,76	3,4
Globális felmelegedési potenciál (GWP 100 years)	[kg CO ₂ eq.]	505	376	467	486	597
Globális felmelegedési potenciál, kiv. biogén eredetű szén (GWP 100 years)	[kg CO ₂ eq.]	535	399	495	515	633
Humán toxicitási potenciál (HTP inf.)	[kg DCB eq.]	20,2	15	18,7	19,4	23,9
Tengervízi ökototoxicitási potenciál (MAETP inf.)	[kg DCB eq.]	7,20E+03	5,36E+03	6,67E+03	6,91E+03	8,51E+03
Ózonréteg elvékonyodási potenciál (ODP, steady state)	[kg R11 eq.]	1,09E-11	8,12E-12	1,01E-11	1,04E-11	1,29E-11
Fotokémiai ózonképződési potenciál (POCP)	[kg Ethene eq.]	0,0449	0,0334	0,0415	0,0431	0,0531
Földi ökototoxicitási potenciál (TETP inf.)	[kg DCB eq.]	0,991	0,737	0,917	0,954	1,17

Az egyes művelési sorok CO₂ [kg/ha] kibocsátási profiljainak vizsgálata során többnyire egységes képet kaptunk. *1. kibocsátási csoport:* kalászosok, kukorica, napraforgó és repce esetén a művelési lépésekhez tartozó kibocsátások a terület előkészítése és a betakarítás során nagyobb mértékben jelentkeztek. Ehhez képest kisebb és kiegyensúlyozottabb volt a kibocsátás és képe az egyes közbenső műveletek során, mint az ápolás, vegyszeres növényvédelem. *2. kibocsátási csoport:* lucerna esetében már fordított képet tapasztaltunk az előző csoporthoz képest. A terület előkészítése és a betakarítás során tapasztalt kibocsátási értékek (1 évre arányosítva) kisebbek voltak, mint az egyes közbenső műveletek (többszöri kaszálás, forgatás, rendsodrás, bálázás) során jelentkezők. Ez a lucerna esetén jelentkező technológia sajátosságának volt betudható.

Az 1. kibocsátási csoportban megállapítottuk, hogy a CO₂ [kg/ha] kibocsátás a terület előkészítése és a betakarítás, valamint a közbenső műveletek között kb. 65-35% arányban oszlott meg. A 2. kibocsátási csoportban ugyanez már kiegyensúlyozottabb volt: kb. 55-45%.

Modelljeinkben általánosságban a fő művelési, kiszolgáló lépések vs. a közúti közlekedés CO₂ [kg/ha] kibocsátása kb. 70-30%-os arányban oszlott meg. Érdekes összehasonlítást adott más agrár földhasználatokkal összevetve, hogy területi megközelítésben (1 ha) 3. éves vágáskorban a rövid vágásfordulójú fűz/nyár energiaültetvények (RVEÜ) betakarítási technológiai esetén, POLGÁR *et al.* (2018) szerint, a terepi munkák kb. 20-30%-ban, míg a közúti közlekedési (szállítási) folyamatok kb. 70-80%-ban járultak hozzá a hasonlóan vizsgált CO₂ kibocsátás alakulásához. Naturáliákban kifejezve területi megközelítésben (1 ha) a szántóföldi haszonnövényeknél (344,5-544,06 kg) kb. fele-harmad akkora mértékű CO₂ kibocsátást tapasztalhattunk, mint RVEÜ esetén (697-1870 kg) (megj.: a CO₂ [kg/ha] kibocsátás

csak az üzemanyagok felhasználásából adódóan számítva, azok előállítása során keletkező CO₂ emisszió ebbe nem értendő bele) (POLGÁR et al. 2018).



1. kibocsátási csoport

2. kibocsátási csoport

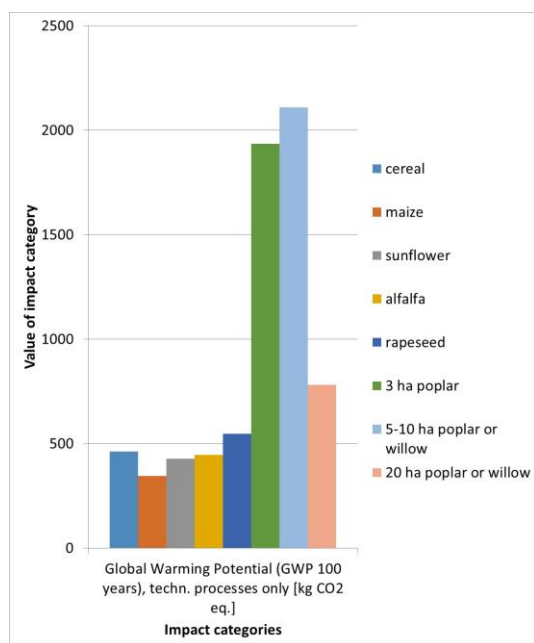
3-4. ábra. A művelési sorok CO₂ kibocsátási profilja területi megközelítésben (1 ha)

Következtetések

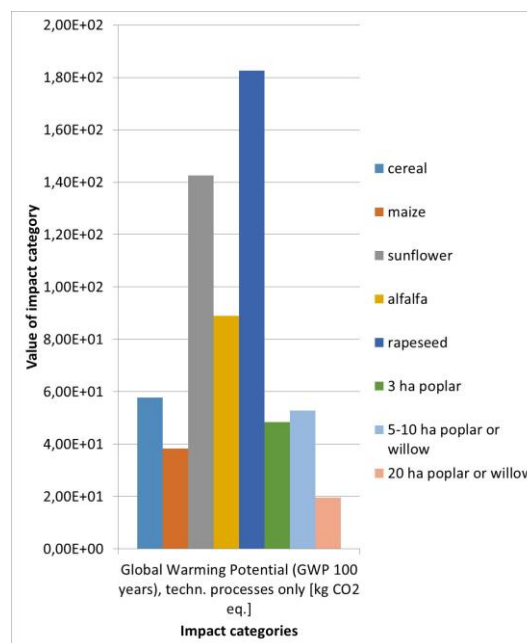
Kérdés: Hogyan viszonyulnak más biomassza előállítási rendszerekhez?

A vizsgált haszonnövények során kapott értékeket a fent bemutatott RVEÜ-re jellemző értékekkel is összehasonlítottuk. A területi megközelítés (1 ha) mellett mennyiségi megközelítést (1 t) is alkalmaztunk, hogy az eredmények értelmezése árnyaltabban is megvalósulhasson.

Az alábbi ábra kiemelten mutatja a globális felmelegedési potenciál (GWP 100 years) értékek összehasonlítását.



Területi megközelítés: 1 ha



Mennyiségi megközelítés: 1 t

5-6. ábra. A globális felmelegedési potenciál (GWP 100 years) értékek a vizsgált haszonnövények és 3. éves vágáskorú rövid vágásfordulóú energiaültetvények betakarítási munkarendszereiben

Területi megközelítésben (1 ha) a CO₂ kibocsátási profil analízis eredményei köszöntek vissza. Az ott tapasztalt trendek minden további hatáskategóriában érvényesek voltak, vagyis a haszonnövények esetén kb. fele-harmad akkora mértékű értékek voltak tapasztalhatók, mint RVEÜ esetében a környezeti hatásokban.

Kérdés: Hogyan alakul a szénlábnyomuk (mennyiségi: 1 t megközelítésben)?

A szénlábnyomhoz való hozzájárulás %-ában a művelési technológiák esetén a: „kukorica (8%) – kalászosok (11%) – lucerna (17%) – napraforgó (28%) – repce (36%)” növekvő technológiai rangsort kaptuk mennyiségi megközelítésben (1 t). Ugyanez [kg CO₂-equiv./ha] mértékegységben kifejezve: a „kukorica (38,28 kg) – kalászosok (57,8 kg) – lucerna (89,05 kg) – napraforgó (142,66 kg) – repce (182,53 kg)” növekvő technológiai rangsort adta.

Kiemelendő, hogy mennyiségi (1 t) megközelítésben már árnyaltabb képet kaptunk, ugyanis: kalászosok és a kukorica közel azonos; lucerna közel kétszeres; napraforgó közel háromszoros; repce közel négyszeres szénlábnyom értékeket [kg CO₂-equiv.] mutattak a RVEÜ hasonló mutatójához képest. Ennek okaként a mennyiségi megközelítésben jelentkező nagyobb mennyiségű fosszilis üzemanyag előállításból és felhasználásból adódó légköri emissziók nevezhetők meg.

A szántóföldi növénytermesztés értékeinek RVEÜ értékeihez viszonyítása esetén a továbbiakban a mennyiségi (1 t) megközelítésből adódó tapasztalatokat néhány jelentősebb hatáskategória esetén emeljük ki:

- az abiotikus kimerülő fosszilis erőforrások (ADP foss.) esetén ugyanaz a trend volt megfigyelhető a viszonyítás során, mint a GLOBÁLIS FELMELEGEDÉSI POTENCIÁL (GWP 100 YEARS) HATÁSKATEGÓRIÁJÁBAN.
- A szántóföldi növénytermesztés savasodási potenciál (AP) értékeinek RVEÜ hasonló értékeihez viszonyítása esetén kiemelendő, hogy: kalászosok és kukorica közel 0,6-szeres; lucerna közel azonos; napraforgó közel 1,5-szeres; repce közel kétszeres értéket mutatnak a RVEÜ mutatójához képest. Okaként a műtrágyázásból származó ammónia és NO_x kibocsátások voltak felhozhatók.
- A szántóföldi növénytermesztés eutrofizációs potenciál (EP) értékeinek RVEÜ hasonló értékeihez viszonyítása esetén: kalászosok és kukorica 0,33-szoros; lucerna közel 0,5-szeres; napraforgó közel azonos; repce közel 1,5-szeres értéket mutatnak a RVEÜ mutatójához képest. Okaként az eltérő arányú műtrágya, gyomirtószeres felhasználása volt megnevezhető.
- A szántóföldi növénytermesztés édesvízi ökotoxicitási potenciál (FAETP) értékeinek RVEÜ hasonló értékeihez viszonyítása esetén: kalászosok és kukorica 0,75-szoros; lucerna közel azonos, napraforgó közel 1,5-szeres, repce közel kétszeres értéket mutatnak a RVEÜ mutatójához képest. Okaként a különböző arányú kenőolaj, műtrágya és gyomirtószeres felhasználása volt azonosítható.

Összefoglalás, kitekintés

A környezeti életciklus-elemzést (LCA) fenntarthatósági, döntéstámogató környezetmenedzsment eszköznek fejlesztették ki (ISO 14040-44:2006). Az LCA alkalmazása az agrárszektorban mind a külső (összehasonlító), mind a belső (hatékonyságnövelő) előnyök elérése érdekében is prioritás. Mivel a termékek és folyamatok életciklus elemzését nagy érdeklődés övezi, ezért e módszer mezőgazdasági alkalmazásának mindenképpen el kell terjednie.

Kutatásunkban a hazai szántóföldi növénytermesztési technológiák (kukorica, napraforgó, lucerna, kalászosok, repce) összehasonlító környezeti életciklus-elemzésére vállalkoztunk (területi megközelítésben: környezeti adatok 1 ha-ra vetítve és mennyiségi megközelítésben: környezeti adatok 1 t-ra vetítve). Előállítottuk a szántóföldi növénytermesztési technológiák környezeti leltáradatbázisát, felépítettük az életciklus modelleket és elvégeztük a hatásértékelést. A technológiák környezeti rangsorát is felállítottuk. A hatásértelmezés során a kapott értékeket RVEÜ értékekkel hasonlítottuk össze hatáskategóriánként. Kiemelt figyelmet fordítottunk a szénlábnyom elemzésére.

Az eredmények ismerete segíti a szántóföldi növénytermesztési technológiák esetén a környezeti hatások, a klímakockázatok és a klímaváltozásban betöltött szerep helyesebb identifikálását is. Ez segítheti a környezet érzékenységéhez illeszkedő megfelelő technológiák kiválasztását is.

Köszönetnyilvánítás: Vizsgálatainkat az „AGRÁRKLÍMA.2 VKSZ_12-1-2013-0034” projekt támogatásával valósítottuk meg.

Irodalomjegyzék

- CML 2001: GUINÉE, J.B., – GORRÉE, M., – HEIJUNGS, R., – HUPPES, G., – KLEIJN, R., – KONING, A. – DE OERS et al 2002: Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 2002, 692 pp. on-line: <http://cml.leiden.edu/research/industrialecology/researchprojects/finished/new-dutch-lca-guide.html>
- DINYA L. (2018): Biomassza-alapú energiahasznosítás: a múlt és a jövő. Magyar Tudomány 179(2018)8, 1184–1196. DOI: 10.1556/2065.179.2018.8.8
- GABI THINKSTEP (2018): GaBi Professional, Thinkstep, Leinfelden-Echterdingen, Germany. Web site [online 3 December 2018], URL: <https://thinkstep.com/software/gabi-software/gabi-professional>.
- GOCKLER, L. (2014): Mezőgazdasági gépüzemeltetés költsége 2014-ben. Agroinform Hírszolgálat, Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő, on-line: <http://www.agroinform.com/aktualis/A-mezogazdasagi-gepuzemeltetes-koltsege-2014-ben/20140224-24667/>
- HAYASHI ET AL. (2007): Life Cycle Assessment of Agricultural Production Systems: Current Issues and Future Perspectives. National Agricultural Research Center 3-1-1 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan Agroscope FAL Reckenholz Swiss Research Station for Agroecology and Agriculture Reckenholzstr. 191 CH-8046 Zurich, Switzerland, 2007- 05-16., URL: <http://www.agnet.org/library/bc/>
- HELLER ET AL. (2003): Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. Biomass and Bioenergy 25(2): 147-165. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(02\)00190-3](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00190-3)
- ISO 14040:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework (ISO 14040:2006). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 20 p.
- ISO 14044:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines (ISO 14044:2006). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 46 p.
- KSH (2018): Statisztikai Tükör, 2018. augusztus 8., URL: <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/vet/vet1806.pdf>
- NAGY I. (2018): Korszakváltás előtt áll a magyar mezőgazdaság. 2018. szeptember 5., URL: <http://drnagyistvan.hu/2018/09/05/nagy-istvan-korszakvaltas-elott-all-a-magyar-mezogazdasag/>
- NAGY I. (2019): Nagy István agrárminiszter: ki kell törni az alapanyag-termelő szerepből! Magyar Mezőgazdaság 2019/1. 2019. január 2., URL: <https://magyarmezogazdasag.hu/2019/01/02/nagy-istvan-agrarminiszter-ki-kell-torni-az-alapanyag-termelo-szerepbol>
- OTP (2017): OTP Agrár. Javaslat a magyar agrárgazdaság középtávú stratégiájára. OTP Nyrt. Agrárágazati Igazgatósága, Budapest, 60 p.
- POLGÁR ET AL. (2018): Carbon Footprint of Different Harvesting Work Systems in Short Rotation Energy Plantations. Acta Silv. Lign. Hung., Vol. 14, Nr. 2 (2018) 113–126
- RÉDEY Á. (SZERK.) (2011): Környezetmenedzsment és a környezetjog. Készült a Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézetének gondozásában, a TAMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0021 azonosítójú pályázat keretében. In Domokos E. (2011): Környezetmérnöki Tudástár, XX. kötet (On-line: <http://mkweb.uni-pannon.hu/tudastar/>)
- SIMON B. (2012): A rendszerhatárok és a hatásvizsgálati módszer megválasztásának szerepe az LCA eredményében – az elektromos-energia előállítás példáján keresztül. In Eco-matrix. Az LCA (Life Cycle Assessment) Center - Magyar Életciklus Elemzők Szakmai Egyesület On-line folyóirata. 2012/1-2: 11-24. ISSN: 2061-344X

A ZÖLDÍTÉS ÉS A TÁJHASZNÁLAT ÖSSZEFÜGGÉSEI BÉKÉS MEGYÉBEN

RÁKÓCZI ATTILA

Szent István Egyetem, Agrár- és Gazdaságtudományi Kar
Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet
rakoczi.attila@gk.szie.hu

Bevezetés

Az Európai Unió számos közös szakpolitikát folytat, e politikák járulnak hozzá a közösségen belüli egységes igazgatáshoz. A szakpolitikákon belül az egyik legkiemelkedőbb a KAP (Somai 2014). Az agrártermelés vonatkozásában Békés megye szerepének vizsgálatát az országos területalapú támogatások igénylésének tükrében végzem. Békés Megyei Kormányhivatal (BMKH 2018) adatai alapján megállapítható, hogy Békés megyében 2018-ban 14 409 termelő igényelt 438 651 ha területre támogatást. Ez a megyei igénylők számát tekintve országosan a negyedik legtöbb igénylést, a megigényelt terület vonatkozásában országosan a második legtöbbet jelenti. Az országos átlag birtokméret 2018-ban 28,29 ha, a megyében 30,44 ha, amely így nagyjából az országos átlagot tükrözi. Az előzőek alapján kijelenthető, hogy Magyarország a világátlagban, e tekintetben a középmezőnyben helyezkedik el (HORVÁTH –KOMAREK 2016).

A megyére vonatkoztatott termőterületek tekintetében szintén a BMKH adatait vizsgálom (1. táblázat).

1. táblázat. A fontosabb szántóföldi növények megyei vetésterületének alakulása 2009 és 2018 között (BMKH 2018)

Növény	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Kukorica ¹	113639	106444	119885	111319	95896	93935	93508	85 935	102259	103 842
Őszi búza ²	108745	100082	90591	105184	110150	105091	89710	90415	82269	104 224
Napraforgó ³	74238	63748	71929	71254	73849	70242	76376	73596	71099	77 039
Káposztarepce ⁴	15983	13415	18546	5504	12469	16028	13321	14928	17331	24 416
Árpa ⁵	27108	26136	15235	20903	24318	26999	26398	30807	21842	21 961
Főbb növények területe összesen	339714	309827	316188	314165	316684	312297	299314	295683	294802	331 482
Egyéb	91321	113435	111614	116656	111982	118956	119918	125909	133824	97 283
Főbb+egyéb növények területe	431036	423262	427803	430822	428667	431253	419233	421593	428626	428 766
Pihentetett terület ⁶	1109	9073	5429	2439	2332	1619	13215	15334	8524	9 884
terület	432145	432336	433232	433261	430999	432873	432449	436928	437151	438 651

(M. e.: ha)

Megjegyzés: ¹ alapvetően árukukorica, de tartalmazza a minimális területű hibrid és csemegekukoricát is; ² beleértve az őszi és tavaszi búzát, a durum- és tönkölybúzákat is; ³ alapvetően napraforgómag, de tartalmazza a minimális területű hibrid területeket is; ⁴ őszi és tavaszi káposztarepce, de tartalmazza a minimális területű hibrid területeket is; ⁵ őszi- és tavaszi árpa; ⁶ az ugaroltatott területeket (vetett és feketeugar) nem tartalmazza.

Az 1. táblázat adataiból kiderül, hogy a megyében a vetésforgót tekintve öt növény teszi ki a termőterületek 60-80%-át évről évre. Az adatokat végigtekintve azonban látható, hogy a főbb növények vetésterülete folyamatos csökkenést mutat: 2009 és 2016 között összességében nagyjából 10%-kal, azaz közel 45 ezer ha-ral csökkent a főbb növények vetésterülete és nőtt az egyéb növények területe. A kukorica esetében a csökkenés folyamatos volt 2016-ig, mely 2017-re újra növekedésnek indult, és 2018-ban 103 ezer ha fölé nőtt ismét. A búzá-nál nagyobb arányú volt a csökkenés, a mélypontját 2017-ban érte el 82 ezer ha körül vetették. 2018-ban ismét megugrott vetésterület és 100 ezer ha fölötti vetésterület rajzolódott ki. Ennek magyarázata itt is piaci tényezőkre vezethető vissza, de befolyásolhatják az agrártámogatási kritériumok is. A vizsgált intervallumban a napraforgót, a repcét és az árpát közel azonos nagyságú területeken vetették a gazdálkodók a megyében, bár a repce vetésterülete 2018-ban megugrott. Az előzőekből következik, hogy az egyéb növények összterülete is

folyamatosan nőtt 2009 és 2017 között. A pihentetett területek aránya a kezdetekhez képest többszörösére nőtt az utóbbi években.

Az Európai Közösség agrárpolitikájának fontos eleme a pihentetés, ugaroltatás (DIVÉKY 2006). Az agrár-vidékfejlesztésben jelentős változást hozott az 1992-es KAP-reform, valamint az ezt követő Agenda2000 nevű reform. Előbbinél vezették be a kötelező területpihentetést (FRANCSOVICS 2006). A KAP-ban a 2000-es évek elejétől hangsúlyt kapott a környezet-, és természetvédelem, a vidékfejlesztés, mely a közös pénzügyi keretben is megmutatkozott (RÁKÓCZI – BARCZI 2015, VEYSETT *et al.* 2005). A zöldítés az ún. zöldítési rendelet, vagyis a 10/2015. (III. 13.) FM rendelet alapján az éghajlat és klíma szempontjából előnyös mezőgazdasági gyakorlatot jelenti. A rendelet alapján minden gazdálkodónak, aki 10 ha vagy e felett gazdálkodik, kötelezően minimum 2-féle növényt kell termesztie, 15 ha szántóterület felett a terület 5%-ának megfelelően EFA-t kell kijelölnie, 30 ha felett gazdálkodóknak pedig kötelezően minimum 3-féle növényt kell termesztienük (HART 2015). A 2017. évi területalapú támogatások adatai szerint a megyében 9 517 gazdálkodónak semmilyen változást nem jelentett az új költségvetési időszak előírásainak bevezetése, hiszen 10 ha alatti területen gazdálkodnak. Így látható, hogy a megyei gazdálkodók több mint 63%-a automatikusan megkaphatja a zöldítési támogatást is, amennyiben az egyéb feltételeket (többek között a KM) teljesíti. A birtokaprózódást mutatja, hogy a birtokok száma ugyan nagy az előző kategóriában, ám az általuk művelt összterület kevesebb, mint az összes megyei terület 9%-a. A megyében 1 538 gazdálkodónak volt szüksége 2-féle növényt, 2382 termelőnek 3-féle növényt termesztie. Az is látható, hogy a megyében 3 916 ügyfélnek volt EFA-elemkijelölési kötelezettsége (RÁKÓCZI 2017).

A 2014-2020-as KAP költségvetési időszakban termeléshez kötött formában állatokra, szántóföldi zöldség növényekre, szálas-, és szemes fehérjenövényekre, ültetvényekre termeléshez kötött formában többlettámogatás igényelhető eltérő feltételekkel és mértékben a termelők számára. A támogatások elsődleges célja az érintett mezőgazdasági termékek mennyiségének növelése, az ország ez irányú függőségének mérséklése.

A kutatás során arra keresem a választ, hogy a legutóbbi KAP-reform hatására történt-e kimutatható átalakulás a Békés megyei vetésszerkezetben, területhasználatban. Összefüggéseket keresve hasonló vizsgálatokat már ORBÁN (2008) is végzett a 2007–2013-as támogatási ciklus vonatkozásában.

1. *hipotézis*: feltételezem, hogy a vetett növények arányát, a vetésforgót tekintve jelentős átrendeződés figyelhető meg a Békés megyei mezőgazdálkodási területeken az elmúlt 10 évben.
2. *hipotézis*: feltételezem, hogy a 2015-től bevezetett zöldítési előírások, így a támogatásokhoz való maximális hozzájutás igénye hatással van a megye vetésszerkezetére, nőtt a területek diverzifikációja.
3. *hipotézis*: feltételezem, hogy a zöldítési előírások következtében jelentős mértékben nőtt a területek mezőgazdasági termelés alóli kivonása, a területpihentetés.
4. *hipotézis*: feltételezem, hogy a növényalapú termeléshez kötött támogatások hatására nőtt az érintett növények vetésterülete.

Vizsgálati anyag és módszer

Elemzéseim során a BMKH egységes kérelmekre vonatkozó megyei területi hasznosítások adatait elemeztem 2009 és 2018 között Békés megyében. A konvencionális szántóföldi vetésszerkezetben jelentkező főbb növények területadatait éveken belül és az évek között hasonlítottam össze. Ezt összevettem az egyéb növények területeivel is, valamint ebben a vetületben a pihentetett területek évenkénti mértékét is görcső alá vettem. A munka során Microsoft Excel programban táblázatosan felvezettem az adatokat és százalékosan viszonyítottam egymáshoz az évi változások mértékét, illetve az egyes hasznosítások részarányát vizsgáltam az

évi igényelt területeken belül *idősoros elemzéssel*. A 2. hipotézisem tisztázására, továbbá a területekhez tartozó részarányváltozásokat 2009 és 2018 között éveken belül is megvizsgáltam százalékpontokban kifejezve. A 3. hipotézisem kiderítésére IBM SPSS Statistics 23 típusú statisztikai program segítségével *Pearson-féle korrelációs együttható-elemzést* is végeztem. A 4. hipotézisem kiderítésére szintén *idősoros elemzést* alkalmaztam az érintett növények vetésterületeit vizsgálva.

Vizsgálati eredmények

A 2. táblázat az 1. táblázatban feltüntetett adatok alapján mutatja az egyes növények adott évi vetésterületének arányát az összes évi területen belül. Az utolsó oszlopok a 2009–2015. évek közötti változás mértékét, valamint a 2009-2018. évek közötti változások mértékét mutatják százalékpontban kifejezve. A táblázatból kitűnik, hogy a kukorica részeseződése folyamatos csökkenést mutatott egészen 2016-ig, majd ismét növekedni kezdett. Ugyanez a tendencia látható a búza esetében is. A napraforgó és a káposztarepce esetében kiegyenlítettebbek az éveken belüli területarányok, ami az e növények iránti fokozottabb kereslettel magyarázható. Az árpa aránya ugyan növekedést mutat, de vetésterülete viszont alacsonyabb. A táblázat adatait végigtekintve szembetűnik, hogy a 2010-es évben az általános vetésforgóban vetett 5 főbb növény többségében csökkenő területméret figyelhető meg, és ezzel együtt az egyéb növények, valamint a pihentetett területek méretében növekedés tapasztalható. A mezőgazdasági területen termelt növények diverzitásnövekedését jól mutatja, hogy a főbb növények összterületen belüli területi aránya több mint 11%-kal csökkent 2017-ig, 2018-ban azonban újra növekedni kezdett. Ezzel párhuzamosan az egyéb növények vetésterülete, illetve az ugaroltatott területek nagysága nőtt a vizsgált időszakban, ezen belül is az utóbbi három gazdasági évben, de 2018-ban ezek mérete is a 10 évvel korábbihoz emelkedett.

2. táblázat. Az egyes növényfajták évenkénti részaránya az összes területen belül

Növények	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	(M. e.: százalék)
											Változás mértéke 2009–2018 %- pont
Kukorica	26,3	24,6	27,7	25,7	22,3	21,7	21,6	19,7	23,0	23,6	-2,7
Őszi búza	25,2	23,2	20,9	24,3	25,6	24,3	20,7	20,7	18,8	23,7	-1,5
Napraforgó	17,2	14,8	16,6	16,5	17,1	16,2	17,7	16,8	16,3	17,5	+0,3
Káposztarepce	3,7	3,1	4,3	1,3	2,9	3,7	3,1	3,4	4,0	5,5	+1,8
Árpa	6,3	6,1	3,5	4,8	5,6	6,2	6,1	7,1	5,4	5,0	-1,3
<i>Főbb növények összesen</i>	<i>78,7</i>	<i>71,8</i>	<i>73,0</i>	<i>72,6</i>	<i>73,5</i>	<i>72,1</i>	<i>69,2</i>	<i>67,7</i>	<i>67,4</i>	<i>75,5</i>	<i>-3,3</i>
Egyéb növények	21,1	26,2	25,8	26,9	26,0	27,5	27,7	28,8	30,6	22,1	+1
Pihentetett terület	0,3	2,1	1,3	0,6	0,5	0,4	3,1	3,5	2,3	2,2	+1,9

A vizsgálataink rámutatnak, hogy a zöldítési előírások bevezetése jelentősen átrendezte a vetett növények területi arányait, a bevezetés körüli években markánsabban figyelhető meg a változás. Ugyanakkor az is látszik, hogy a bevezetést követő 3-4 év eltelté után a gazdálkodók a szabályok figyelembe vétele mellett megtalálták annak a lehetőségét, hogy a piac keresleti oldala szerint tudják a vetésterületeiket kialakítani. Látható, hogy pár év alatt alkalmazkodtak a jogszabályi környezethez.

A növényalapú termeléshez kötött támogatások főbb célzott növényeinek vetésterület adatait a 3. táblázat tartalmazza.

Látható, hogy bizonyos növények esetében nőtt csak meg a termelési kedv, hiszen 2010 és 2018 között ugyan 22,3%-kal nőtt például a csemegekukorica vetésterülete, de a köztes években az értékek hektikusan változtak, és a vetésterülete maximumát 2014-ben érte el, mikor még nem is volt célzott támogatás a növényre. Hasonló tendencia figyelhető meg a szárazborsó, a sárgadinnye és a paradicsom esetében is. A zöldborsó, a szója és a lucerna vetésterületei egyértelmű növekedést mutatnak a támogatások megjelenésének éveiben.

Mindazonáltal a görögdinnye termőterülete a kiemelt támogatások ellenére is csökkenést mutat, közel felére esett vissza a vetésterülete a vizsgált időszak alatt. Látható, hogy a termeléshez kötött szemes-, és szálás fehérjenövények, szántóföldi zöldségnövények termeléshez kötött támogatásai részben érik el a céljukat, hiszen nem minden esetben nő a termelési kedv. A termeléshez kötött támogatással érintett főbb ültetvénytípusok területadatait a 4. táblázat tartalmazza.

3. táblázat. A termeléshez kötött támogatással érintett főbb növények vetésterülete 2010 és 2018 között (BMKH 2018)

növény	(M. e.: százalék)		
	2010	2018	változás% (2010-2018)
csemegekukorica	2 104,5	2 710,4	+22,3
zöldborsó	2 090,1	3 269,5	+56,4
szárazborsó	3 639,3	2 366,2	-65
szója	2 852,1	3 449,7	+17,3
görögdinnye	2 911,3	1 544,3	-85,1
sárgadinnye	93,1	76,7	-21,3
paradicsom	667,1	762,8	+12,5
lucerna	15 545,8	19 521,9	+20,4

4. táblázat. A termeléshez kötött támogatással érintett főbb ültetvények vetésterülete 2010 és 2017 között (BMKH-AVTF 2018)

növény	(M. e.: százalék)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	változás (2010-2017 %)
Alma	85,6	84,1	88,5	86,6	81,1	78,4	78,8	69,7	87,8	+2,5
Dió	168,8	168,6	170,1	168,7	168,7	169,7	174,3	176,3	203,1	+16,8
Mandula	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,4	14,4	14,4	14,4	+2,1
Meggy	177,6	180,7	135,7	133,6	134,1	147,7	159,2	159,4	214,1	+17,0
Mogyoró	61,0	61,0	60,9	61,2	61,2	60,9	60,3	58,9	55,6	-8,8
Őszibarack	27,9	29,9	27,7	30,6	30,2	26,8	26,1	19,1	14,7	-47,3
Szilva	191,9	186,1	186,5	181,8	181,2	184,4	187,1	172,5	185,5	-3,3

Az alma termőterülete közel 23%-kal csökkent 2017-re, ugyanakkor 2018-ban növekedés mutatkozik. Ugyan ez látszik a meggy esetében is, 2017-ig csökkent, 2018-ban nőtt, összesen 17%-kal. Ugyanakkor az őszibarack termőterülete 47,3%-kal, a szilváié több mint 3,3%-kal csökkent 2010-ről 2018-ra. A dió, a mandula területe nőtt, a mogyoróé viszont csökkent. A támogatás mértéke viszonylag magas az ültetvényeknél, ugyanakkor a művelésük speciális tudást igényel, ami a beruházási kedvet csökkentheti.

5. táblázat. A pihentetett területek nagysága és a vis maior bejelentések száma évenként

Év	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Pihentetett terület (ha)	1109,73	9073,37	5429,89	2439,28	2332,82	1619,36	13215,67	15334,7	8524,3	9884,66
Vis maior kérelmek száma (db)	33	2 746	1 733	162	359	141	205	211	92	102

A megyei pihentetett területek egyértelmű növekedést mutatnak 2015-től (5. táblázat). 2010-ben nagyjából megnyolcszorozódott a pihentetett területek nagysága, melynek egyértelmű magyarázata lehet a korábban említett belvizes időszak. Ezt erősíti meg az ún. vis maior bejelentések számában bekövetkező ugrásszerű növekedés is. 2010-ben a 9 073,37 ha megyei pihentetett területre 2 746 db vis maior bejelentés érkezett, 2016-ban 15 000 ha-t is meghaladó területre. A Pearson-féle korrelációs elemzés 0,01 szinten mutatott szignifikáns összefüggést, így megállapítható, hogy a 2009 és 2014 közötti évekre évek vonatkozásában szoros összefüggés mutatható ki a pihentetett területek és a vis maior bejelentések között.

Az elemzés a 2009 és 2016 közötti évekre megállapította, hogy nem mutatható ki összefüggés a területadatok és a bejelentések között. 2018-ban ismét emelkedést mutat a területpihentetés. Látható, hogy 2015-ig, a KAP új előírásainak bevezetéséig főként időjárási tényezők miatt pihentettek a gazdálkodók, ezt követően az új előírások miatt is vontak ki a művelésből területet.

Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

A megyében a vetett növények arányát, a vetésgördőt tekintve jelentős átrendeződés volt megfigyelhető a mezőgazdálkodás által művelt területeken az elmúlt 10 évben. A zöldítési előírások hatással voltak és vannak a megye vetésszerkezetére, nőtt a területek növénydiverzifikációja. A zöldítés bevezetésénél (2015) jelentős volt az átrendeződés, mely az utóbbi 3-4 évben kiegyenlítődni látszik. Alkalmazkodtak a gazdálkodók az új előírásokhoz. A termeléshez kötött növényalapú támogatások csak részben érték el a céljukat, bizonyos növények termőterülete nőtt az utóbbi időben. Az ültetvények esetében a megjelenő támogatások mellett sem volt jelentős növekedés megfigyelhető.

Köszönetnyilvánítás: A kutatás az EFOP 3.4.3-16-2016-00012 „Az agrárképzés tudásmenedzsment keretrendszerbe integrált, gyakorlatorientált, tartalmi és módszertani fejlesztése a digitális agrár- és élelmiszergazdaság elvárásainak tükrében” című pályázat keretein belül a Szent István Egyetem Szenátusa Grassalkovich ösztöndíjára meghirdetett pályázat keretein belül valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BMKH (Békés Megyei Kormányhivatal) (2018): Adatszolgáltatás: A 2018. évi egységes kérelemben feltüntetett országos és megyei területi adatok, igénylés adatok 2009-2018 között.
- DIVÉKY-E. A. (2006): A vetőmag kezelési lehetőségei az ökológiai gazdálkodásban. Doktori disszertáció (Budapesti Corvinus Egyetem). 112 p.
- FRANCSOVICS I. (2006): A mezőgazdasági vállalkozások forrásszerkezetének összefüggései. Doktori disszertáció (Budapesti Corvinus Egyetem).
- HART, K. (2015): Green direct payments: implementation choices of nine Member States and their environmental implications. <http://www.eeb.org/index.cfm?LinkServID=0DFEF8B2-5056-B741-DB05EBEF517EDCCB>.
- HORVÁTH J. – KOMAREK L. (2016): A világ mezőgazdaságának fejlődési tendenciái. Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar, Hódmezővásárhely, 269 p.
- ORBÁN E. (2008): A Közös Agrárpolitika hatása egy árunövény termelő gazdaság vetésszerkezetére. Szakdolgozat (Debreceni Egyetem). 79 p.
- RÁKÓCZI A. – BARCZI A. (2015): A Körös-Maros Nemzeti Parkért Egyesület kunhalmok védelméért folytatott tevékenységének eredményei 20 év távlatából. Civil Szemle, XII. (2) 57–74. pp.
- RÁKÓCZI A. (2017): A „Zöld komponens” első éve Békés megyében. Gazdálkodás 61. (3) 235–246. pp.
- SOMAI M. (2014). Agrártámogatások az Európai Unióban. http://real.mtak.hu/17418/1/Somai_Agr%C3%A1rt%C3%A1mogat%C3%A1sok....pdf
- VEYSSET, P. – BÉBIN, D. – LHERM, M. (2005): Adaptation to Agenda 2000 (CAP reform) and optimisation of the farming system of French suckler cattle farms in the Charolais area: a model-based study. Agricultural Systems, 83 (2) 179–202. pp.

A GÍMSZARVAS ÉLŐHELYHASZNÁLATÁNAK JELLEMZŐI A SOPRONI-HEGYVIDÉKEN

TARI TAMÁS¹ – SÁNDOR GYULA¹ - HEFFENTRÄGER GÁBOR² – NÁHLIK ANDRÁS¹

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézet

²Őrségi Nemzeti Park Igazgatóság

tari.tamas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A természetes élőhelyeket érintő biotikus hatások egyik fontos része a nagytestű növényevők természetes vegetációra gyakorolt hatása, mind helyileg, mind pedig regionálisan (GRANT – EDWARDS 2008). A mérsékelt égövi régió ökoszisztémáiban a növényevő fajok táplálkozásuk révén gátolhatják a fásszárú vegetáció megjelenését vagy éppen növekedését (KUITERS – SLIM 2002), vagyis ezek a fajok károkat okozhatnak a gazdasági erdőkben (GILL 1992). Hazánk kérdéses nagyvadfajai közül az erdei ökoszisztémára gyakorolt hatását tekintve a gímszarvas „kulcs” fajnak tekinthető. Elterjedési területének és az utóbbi évtizedekben bekövetkezett állománynövekedésének köszönhetően, az erdei vadkár szempontjából elsődleges szerepet tölt be (NÁHLIK *et al.* 2007). Ezért lényeges kérdés, hogy minél több információval rendelkezünk viselkedési sajátosságairól. Az előző gondolatot követve, munkánk során GPS-telemetria alkalmazásával vizsgáltuk hegyvidéki területen élő gímszarvasok mozgáskörzet alakulását és élőhelyhasználati jellemzőiket.

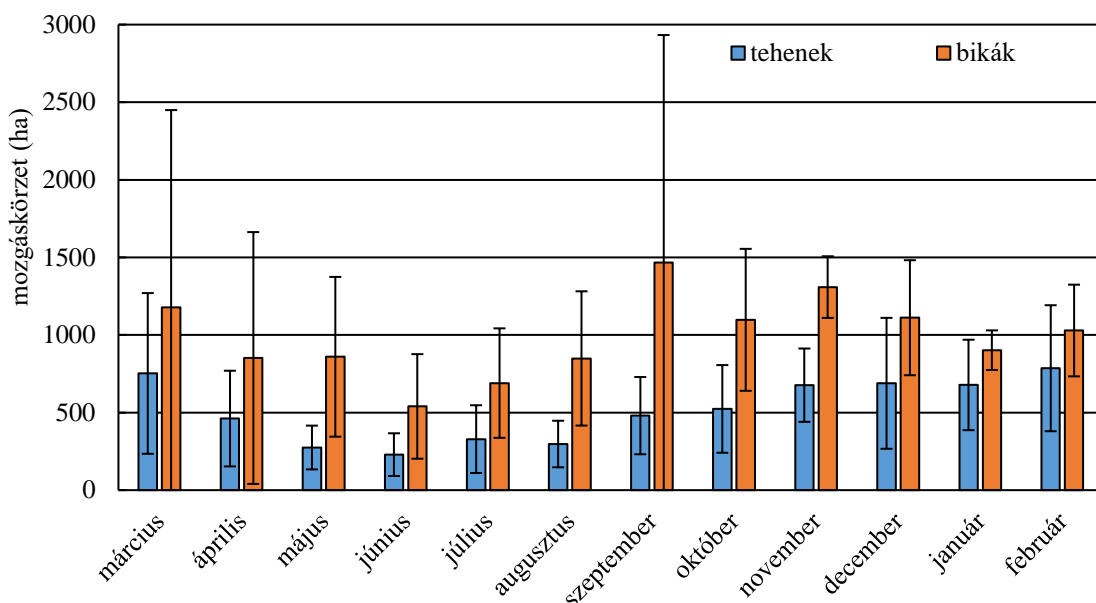
Anyag és módszer

A vizsgálatokat a Soproni-hegység területén végeztük 7 éven keresztül. Ez idő alatt 10 GPS-jeladóval ellátott nyakörv került felhelyezésre gímszarvas tehenekekre (7 egyed) és bikákra (3 egyed). A vizsgálat során a svéd Followit cég jogelődje, a Televilt „Tellus” gyártmányú nyakörveit használtuk. A nyakörvek óránként határozták meg a jelölt egyedek pozícióit, a vizsgálatba mindösszesen 108 hónap 99.314 pozíciója került bevonásra. A mozgáskörzet vizsgálatokhoz az ArcWiev 3.2 Animal Movement kiegészítőjét használtuk (HOOGE – EICHENLAUB 1997). A jelölt egyedek mozgáskörzetének meghatározására két módszert alkalmaztunk, ezek a Minimum Convex Poligon (MCP) (MOHR 1947) és Kernel Home Range (KHR) (WORTON 1989) voltak. A MCP-módszert éves és havi bontásban egyaránt használtuk, míg a Kernel-módszer esetében KHR90-es és KHR60-as változatok kerültek alkalmazásra az éves adatsorok esetében. Az élőhelyhasználat vizsgálatához a CORINE2006 felszínborítási adatbázist használtuk fel (GAVRILOV *et al.* 2015). Élőhelyhasználatot az adott élőhely-típusban található észlelési pontok összes észlelési ponthoz viszonyított százalékos értékével határoztuk meg. Az élőhelyhasználat mellett az egyes élőhelyek preferáltságát is meghatároztuk, ehhez JACOBS-indexet alkalmaztunk ($D = (\text{használat} - \text{kínálat}) / (\text{használat} + \text{kínálat} - (2 \cdot \text{használat} \cdot \text{kínálat}))$) (JACOBS 1974). Látható, hogy az index kiszámolásához szükség van a kínálat meghatározására, amihez a Minimum Konvex Poligon (MCP) módszerrel meghatározott éves mozgáskörzetek által lehatárolt területek adatait használtuk fel (DUMONT *et al.* 2005).

Eredmények

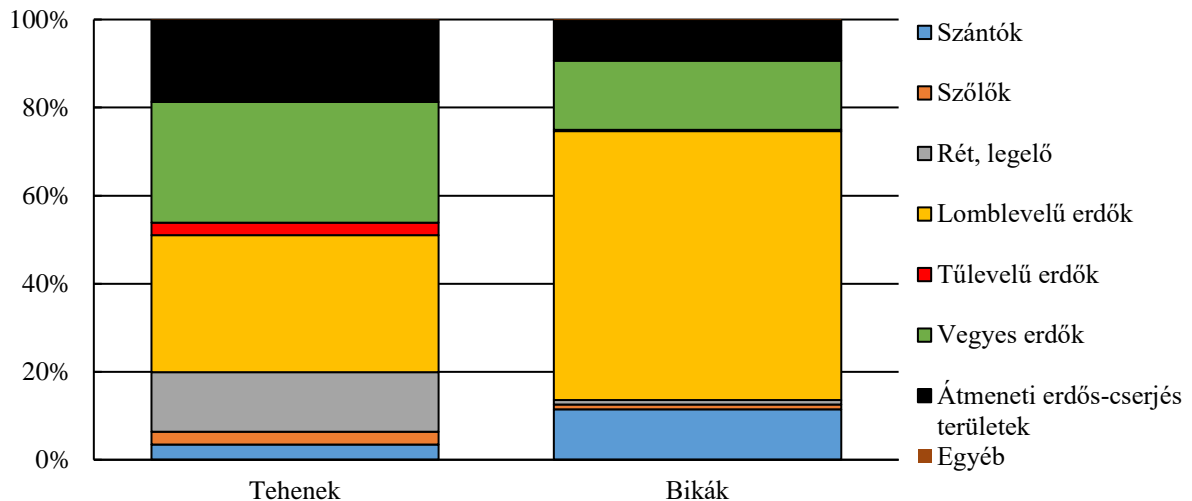
A rendelkezésre álló észlelési pontok elemzése során első lépésként a jelölt egyedek éves mozgáskörzeteinek meghatározására került sor. A Minimum Konvex Poligon módszer használatával éves szinten a tehének átlagosan 1391±492 hektáron mozogtak, a bikák pedig 3381±1641 hektáron. A tehének esetében megfigyelt legnagyobb éves mozgáskörzet 1795 hektár volt, míg bikák esetében 5261 hektár. A KHR₉₀-es módszerrel meghatározott éves mozgáskörzetek átlagos értéke a tehének esetében 88±36 ha volt, míg a bikáknál 261±69 ha,

maximum a teheneknél 132 ha, míg a bikáknál 338 ha. A KHR_60-as módszer mozgáskörzeteinek átlagos értéke a tehenek esetében 14 ± 6 hektár, a bikáknál 33 ± 15 hektár, a teheneknél a maximum 24 ha, míg a bikáknál 50 ha. Az ivarok között az egyes módszerekkel meghatározott mozgáskörzetek között statisztikailag igazolható volt a különbség (MCP: $p=0,038$, KHR90: $p=0,003$, KHR60 $p=0,038$.) Az MCP-módszerrel meghatározott havi mozgáskörzet értékeket mindkét ivar esetében az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: Mozgáskörzetek értékeinek havi alakulása ivarok szerint MCP-módszerrel

A két ivar havi mozgáskörzet értékei között t-próba alkalmazásával statisztikailag is igazolható eltérés figyelhető meg ($p = 0,000$). Eltérés nem csak az értékek nagysága között jelentkezik, hanem az adatsorok lefutásában is. Abban megegyezik a két ivar, hogy a legalacsonyabb havi mozgáskörzet júniusban volt megfigyelhető, ennek értéke a tehenek esetében 229 ± 137 ha, míg a bikáknál 539 ± 336 ha. A tehenek esetében ezt követően februárig tartó emelkedés figyelhető meg a mozgáskörzetek méretében, ami 785 ± 405 ha-os maximumban csúcsosodik ki, ami márciusban is hasonló értéken marad, majd áprilisban a maximális érték közel felére, májusban annak harmadára csökken. A bikák esetében júniustól kezdődően szintén emelkedés figyelhető meg, ez azonban szeptemberben csúcsosodik ki a maximum értékkel, ami 1466 ± 1466 ha (a magas szórás érték az egyik jelölt egyed kiugróan magas értékének köszönhető). Ezt követően márciusig a tehenekhez képest hullámozás figyelhető meg az adatsorban, októberben visszaesés, majd novemberben emelkedés, ezt követően januárig csökkenés, majd márciusig növekedés, majd csökkenés történik április-május hónapokra. Az adatsorok ivaron belüli statisztikai vizsgálatát t-próbával végeztük, a tehenek esetében elmondható, hogy a 66 elvégzett havi párosításból, igazolható eltérés 18 esetben volt megfigyelhető, ezek a nyári és téli hónapok között jelentkeztek. Igazolható különbséget mutatott május hónap novembertől márciusig, június és augusztus egyaránt novembertől, januártól és februártól különbözött, a többi esetben nem volt szignifikáns eltérés a mozgáskörzetek nagysága között. A bikák esetében elvégzett hasonló összehasonlítás esetében a 66 próbából mindösszesen 2-nél volt igazolható az eltérés, ezek a november-június ill. a november-január. A gímszarvasok élőhelyhasználatának alakulásában és mozgáskörzeteik háttérainak kialakításában elsődleges hatással a terület élőhelyi adottságai bírnak. Az élőhelyhasználat és élőhelypreferencia éves jellemzőit vizsgálva elmondható, hogy a két ivar között eltérések voltak megfigyelhetők (2. ábra).



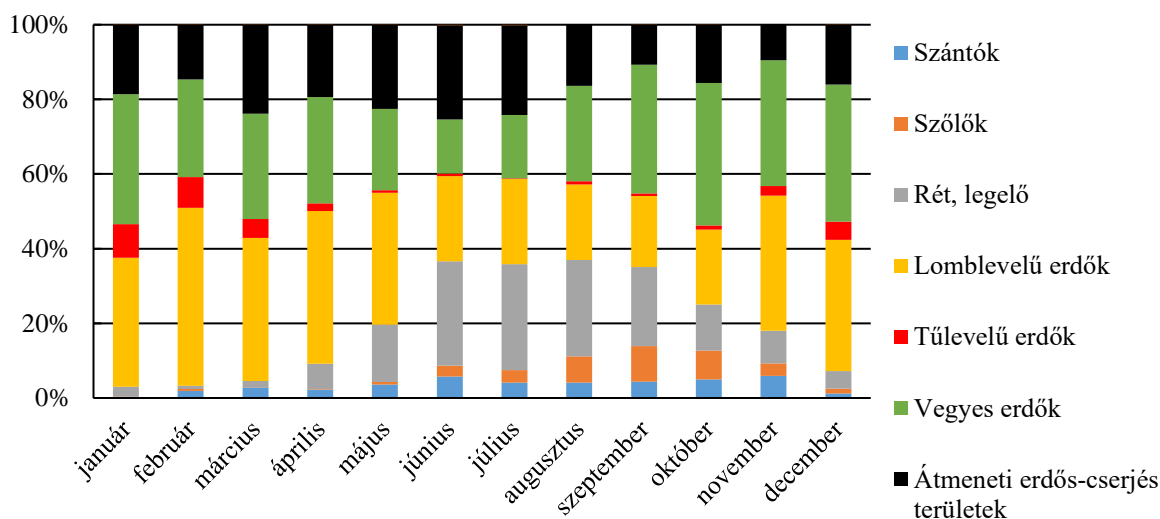
2. ábra: Tehenek és bikák éves élőhelyhasználatának jellemzői

Az első és leginkább szembevetendő különbség a két ivar között a szántók használatában mutatkozik meg. A bikák 11%-os gyakorisággal használták ezeket a területeket, míg a tehének mindösszesen 3%-osan, a különbség χ^2 -próbával igazolhatónak bizonyult ($p=0,048$). Jacobs-indexet használva egyik ivar esetében sem volt kimutatható preferencia a szántók irányába. A rétek, legelők használatában a tehének rendelkeztek magasabb értékkel (14%) míg a bikák csak 1%-ban használták ezeket az élőhelyeket, az eltérés szignifikáns volt ($p=0,001$), a tehének esetében kedveltség is kimutatható volt. Mivel a vizsgálati területen a szőlők jelenléte jelentős, ezért ennek használatát külön is vizsgáltuk. A tehének 3%-ban használták ezeket az élőhelyeket, míg a bikák mindössze 1%-ban, a különbség nem volt igazolható ($p = 0,25$), pozitív preferencia nem volt kimutatható. Az erdőterületek használatában is eltérések figyelhetők meg a két ivar között, amennyiben a tehének 61%-os, míg a bikák 77%-os gyakorisággal tartózkodtak az erdőben. Amennyiben ezeket az értékeket megbontva vizsgáljuk, akkor megfigyelhető, hogy a bikák közel kétszer nagyobb arányban használták a lomblevelű erdőket, mint a tehének (61%-31%), a különbség szignifikánsnak bizonyult ($p=0,000$) és az előbbieket esetében a preferencia is kimutatható volt (Jacobs-index: 0,248). Ugyanakkor a bikák vegyes erdők használata (15%) alacsonyabb volt, mint a tehéneké (27%), a különbség azonban nem szignifikáns ($\chi_p = 0,055$), utóbbiaknál preferencia is kimutatható volt (Jacobs-index: 0,168). A túlevelű erdőkhez köthető értékek között is volt eltérés a tehének javára (2,8%-0,2%), azonban ez χ^2 -próbával nem igazolható ($p = 0,497$), míg kedveltség egyik ivarnál sem jelentkezett. Az átmeneti erdős, cserjés területeket a tehének 18%-ban használták, a bikák ettől elmaradtak 9%-kal, az eltérés nem szignifikáns (χ^2 -próba, $p = 0,096$), preferencia azonban mindkét ivar esetében megfigyelhető volt (Jacobs-index: 0,579 ill. 0,545).

Az egyes élőhelytípusok szezonális használata és preferenciája között szintén különbségek voltak megfigyelhetők (3. ábra).

A tehének nyílt élőhelyek (mezőgazdasági területek, rét és legelő) használatának intenzitása, jól leköveti a mezőgazdasági kultúrák fejlettségi állapotát, ill. a gyepek fejlődésnek indulását, intenzív használatuk júniustól-szeptemberig figyelhető meg, ekkor 30% feletti az arányuk. A gyepek esetében májustól novemberig pozitív preferencia volt kimutatható, míg a szántók esetében június, ill. szeptember-november hónapokban. A szőlők használata májustól decemberig fordul elő, a legmagasabb érték szeptemberben és októberben figyelhető meg (9,5%-7,7%), ekkor a területek preferáltsága is megfigyelhető, különösen szeptemberben (Jacobs index: 0,18). Az erdőterületek használata vegetációs időszakon kívül a legjelen-

tősebb, különösen a vegyes erdőé, amelyek esetében augusztustól ápriliséig pozitív preferencia index volt kimutatható. Szembetűnő a túlevelű erdők decembertől-márciusig tartó 5%-ot meghaladó használata (pozitív preferencia mellett), amely egyébként májustól-októberig 1% alatt marad, és elkerülést mutat a Jacobs-Index. Meg kell említeni még az átmeneti cserjés, erdős vegetációk áprilistől-júliusig tartó szerepét, mikor is a használati érték 20% fölött alakul, és egész évben preferált élőhelyeknek bizonyultak (Jacobs-index>0,2).



3. ábra: Tehenek havi élőhelyhasználatának jellemzői

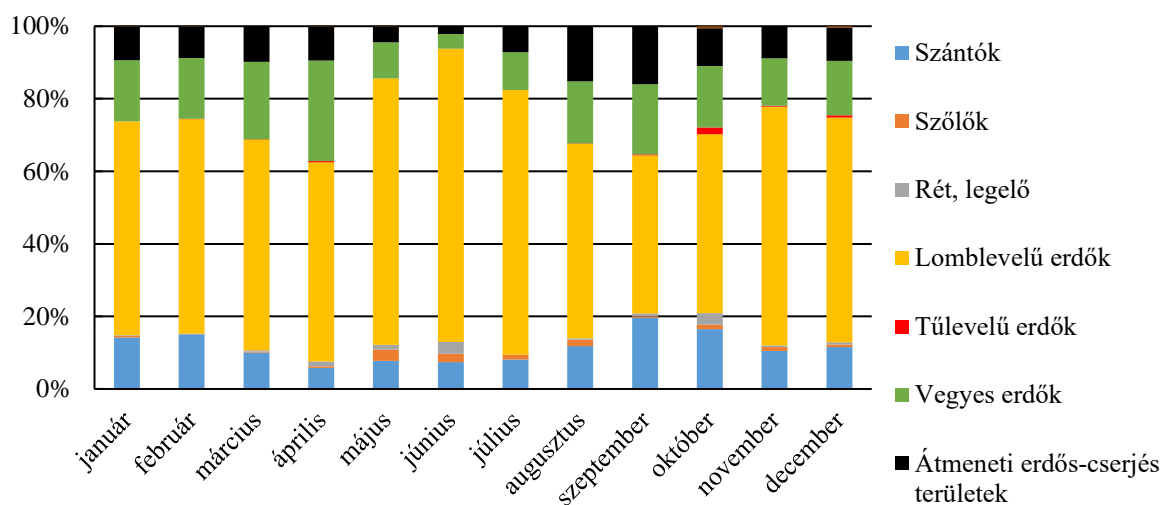
A bikák esetében a havi élőhelyhasználatban és élőhelypreferenciában kevésbé különíthetők el éles határok (4. ábra).

Ami szembetűnő a tehenekhez képest, az a szántóterületek szerepe egész évben. Ezek használati intenzitása minden hónapban 5% fölötti, a legmagasabb értékek szeptember-október ill. január-február hónapban figyelhetők meg. A rétek, legelők használata június és október hónapokban jelentkezik intenzívebben, ekkor pozitív preferencia is kimutatható. A szőlőterületekkel szemben egész évben elkerülést mutat, használati érték is minimális. Ami kiemelendő még, az a lomblevelű erdők használatának megemelkedése májustól-júliusig (átlag 75%), ekkor a Jacobs index értéke is kiemelkedő (0,4 fölötti), egyébként szeptember hónapot kivéve pozitív preferencia mutatkozik. A fenyő-állományok használata minimálisnak mondható, mind használatban, mind preferenciában csak októberben jelenik meg. A tehenekhez viszonyítva alacsonyabb az átmeneti cserjés területek használati értéke, de a kedveltség a bikák esetében is szinte egész évben kimutatható.

Eredmények értékelése

Az eredmények tükrében megállapítható, hogy a mozgáskörzetek kiterjedésének változásában és térbeli elhelyezkedésének alakulásában mind az ivarok között, mind pedig az ivarokon belül megfigyelhetők voltak eltérések. A bikák éves mozgáskörzeteinek méretei mindhárom alkalmazott módszer esetében statisztikailag igazolhatóan meghaladták a teheneknél tapasztaltakat. Az ivarokon belül is igazolható volt az egyes módszerekkel meghatározott mozgáskörzetek különbsége. Szembetűnő az MCP és a KHR módszerek közötti nagy eltérés, különösen a KHR60-as esetében tapasztalt alacsony értéket kell kiemelni. Az hogy mindkét ivar kis területen megtalálja a számára fontos forrásokat, arra enged következtetni, hogy a terület élőhelyi adottságai nagy homogenitást mutatnak. Abban az esetben, ha a források egyenetlenül helyezkednének el – a KHR módszer sajátosságából adódóan, amely érzékenyen reagál a pontok térbeli eloszlására – nem lenne ilyen mértékű a pontok sűrűsödése.

Ugyanakkor a bikák KHR értékei meghaladják a tehenekét, vagyis a források feltételezett magas homogenitása mellett a bikák mégis az igényeik kielégítése miatt nagyobb területen mozognak.



4. ábra: Bikák havi élőhelyhasználatának jellemzői

A szezonális különbségek jól szemléltethetők a MCP módszerrel meghatározott havi mozgáskörzetek vizsgálatával, amely statisztikailag igazolható eltérést eredményezett a két ivar között. A két ivar havi mozgáskörzet alakulásának dinamikája is eltérést mutatott, amiben megegyeztek, az a júniusban megfigyelhető minimum érték. Ekkor a tehenek esetében az utódnevelés, míg a bikák esetében az agancsfelrakás (energia maximalizálás és az agancs sérülésének elkerülése) játszik szerepet, valamint a táplálék mennyiségi jellemzői is optimálisak a nyár folyamán, kisebb területen is megtalálható a szükséges táplálék mennyisége. Júniust követően eltérések figyelhetők meg a két ivar között. Míg a tehenek esetében a mozgáskörzetek folyamatosan növekednek és február-március hónapokban érik el a legmagasabb 700 ha feletti értéket, addig a bikák esetében a maximum szeptemberben jelentkezik 1400 ha feletti értékkel. Ez a bőségi időszakokkal hozható összefüggésbe, annak ellenére is, hogy fiatal egyedekről van szó. Az ezt követő időszakban a tehenekhez viszonyítva egyenetlen lefutás figyelhető meg márciusig. Április és május hónapokban csökken a mozgáskörzet mérete mindkét ivarnál. A tehenek esetében a mozgáskörzetek dinamikáját erősen befolyásolja a táplálékkínálat időbeni változása és az ellés időpontja. Ezt támasztja alá az elvégzett statisztikai elemzés is, amely a május-augusztus időszak és a november-február időszak között igazolható eltérést mutat. Ugyanez a vizsgálat a bikák esetében nem igazolt lényegi eltérést, így feltételezhető, hogy a bikák – különösen a fiatal korosztály – esetében a táplálék szezonális változása kevésbé játszik fontos szerepet az év egyes szakaszaiban, mint a tehenek esetében.

Látható volt, hogy a mozgáskörzetek alakulásában feltételezhetően az élőhelyi adottságok tér- és időbeni változása játssza az egyik legerősebb szerepet. Ennek megfelelően megtörtént a jelölt egyed élőhelyhasználati jellemzőinek vizsgálata is. A vizsgálati terület sajátos táji adottságaiból adódóan, Magyarország és Ausztria területe között különbségek mutatkoznak a hegyvidékkel közvetlen szomszédos nyílt élőhelyek összetétele tekintetében. Míg a magyarországi területeken a legelők, gyepek aránya magasabb és a szántók aránya alacsonyabb, addig az ausztriai oldalon magasabb a hazai viszonyokhoz képest a szántók aránya,

és ez a különbség az ivarok viselkedését is befolyásolta. Éves viszonylatban nézve a legelősebb különbség a tehenek és bikák között a nyílt élőhelyek használata. Bár önmagában az arányok hasonlóak (17% ill. 12%), de az összetételük különböző. Míg a bikák esetében a szántók dominálnak, addig a tehenek esetében a rétek és legelők, amelyeket preferáltak is. A bikák esetében a magasabb szántó használat háttérében a magasabb tápanyag tartalmú táplálékhoz történő hozzáférés állhat. Éves viszonylatban a szőlők használatában nem volt igazolható az eltérés a két ivar között, valamint kedveltség sem volt kimutatható. Különbség figyelhető meg az erdőterületek használatában, a bikák előszeretettel használták és preferálták is a lomblevelű erdőket (61%), míg a tehenek a mindössze 31%-ban, amihez 3% tűlevelű és 27% vegyes erdő használat párosult. A tehenek esetében magas volt továbbá az átmeneti erdős-fás területek használata. A nagyobb változatosság alapján a tehenek esetében nagyobb mértékű szezonális volt feltételezhető, vagyis a források térbeli változásának erősebben kitettek. Ezt a megállapítást támasztotta alá az élőhelyhasználat havi vizsgálata, amely a tehenek esetében jól látható módon szezonális mutatót mutatott.

A vegetáció megindulásával együtt emelkedik meg a rétek, legelők használata, amelyhez magas preferencia is társul, ehhez párosul továbbá az átmeneti erdős, cserjés területek használatának emelkedése is. A vegetáció megindulásával a gyepek nyújtotta táplálékkínálat létfontosságú a téli időszak során elvesztett kondíció visszaszerzésében, különösen a vehemépítés sikeressége érdekében. A rétekkel határos erdőszegélyek, erdőfoltok, erdősávok egész évben kedveltséget mutatnak, jelentőségük ugyanakkor a vegetációs időszakban emelkedik meg, mert bár méretükből és szerkezetükből adódóan elsődleges táplálékhelyként nem jönnek szóba, beállóhelyként tökéletesen funkcionálnak. Ezt mutatja az élőhelyhasználat óránkénti bontása is, ahol ezek az élőhelyek nappal közel kétszeres használatot mutatnak, mint éjszaka. Sok esetben beékelődnek a nyílt élőhelyek közé, ennek is köszönhető, hogy a rét, legelő esetében is megfigyelhető nappali észlelés. Szintén a táplálékkínálat függ össze a szőlők szezonális használata, amely szeptember-október hónapokban preferáltságban csúcsosodik ki és szinte kizárólag éjszakai megjelenés párosul a használathoz. Különösen fontos szerepük lehet őszelel a tehenek esetében, amelyek a hegyvidék soproni oldalán kevés szántóhoz – így mezőgazdasági kultúrához – férnek hozzá. A szántók alacsony használata mellett, kismértékű kedveltség mutatkozik, ami követi a mezőgazdasági növények fejlettségi állapotát. Júniusban a gabonák tejes érése indukálja a Jacobs-index 0-t meghaladó értékét, szeptembertől-novemberig tartó emelkedő preferencia pedig a napraforgó és kukorica fejlődéséhez köthető. A szántókon történő megjelenés szintén éjszakai órákra volt jellemző. Az erdők használatában is szezonális figyelhető meg, elsősorban vegetációs időszakon kívül használják intenzívebben a tehenek ezeket a területeket. Az erdőterületeket napszaktól függetlenül azonos arányban használták, szezonálisát tekintve a vegyes- és lombdőt közel azonos arányban használtak, a tűlevelű erdők intenzívebb használata a téli időszakban figyelhető meg.

Az élőhelyhasználat havi elemzése alapján elmondható, hogy a bikák esetében a források időbeni változása kevésbé eredményez a viselkedésben szezonális mutatót. A szántók használatának aránya egész évben meghaladja az 5%-ot, január-február hónapokban is jelentős használat figyelhető meg és preferencia is jelentkezik, ekkor az őszi vetések, ill. a repce szerepe kimagasló. További preferencia a szántók esetében szeptember-október hónapokban figyelhető meg. Szembetűnő a rétek, legelők és a szőlők alacsony használati értéke. Mind a szántókat, mind pedig a réteket, legelőket csak az éjszakai órákban használták a bikák. Egész évben magas az erdőterületek használata. Különösen május-július hónapokban figyelhető meg kiugró érték (átlag 75%) a lombdők használata és preferáltsága esetén. Az átmeneti erdős-cserjés területek június-július hónaptól eltekintve preferenciát mutatnak, de használati értékük jelentősen elmarad a teheneknél tapasztaltaktól.

Összefoglalás

Vizsgálatunk során a Soproni-hegységben, erdei élőhelyen vizsgáltuk gímszarvasok élőhelyhasználati jellemzőit GPS-telemetria alkalmazásával. A kutatás során 7 tehénre és 3 bikára kerültek felhelyezésre GPS-nyakörvek, amelyek óránként határozták meg a jelölt egyedek tartózkodási helyét. Az adatfeldolgozásba a 10 nyakörv 108 hónapjának 99.314 pozíciója került bevonásra. Elemeztük a jelölt gímszarvasok mozgáskörzet alakulását, élőhelyhasználatát és élőhely-preferenciáját, meghatároztuk azok ivari és szezonális sajátosságait. Az eredményeink alapján a soproni hegyvidék gímszarvasainak mozgáskörzet-alakulásában és élőhelyhasználati jellemzőiben ivari és szezonális különbségek voltak igazolhatók. A bikák igazolhatóan nagyobb mozgáskörzettel rendelkeztek, mint a tehenek, továbbá nagyobb mértékű mozgáskörzet eltolódások voltak kimutathatók. Mindkét ivar esetében a vegetációs időszak mozgáskörzetei elmaradtak a vegetációs időszakon kívüliektől. Az itt élő gímszarvas tehenek élőhelyhasználatára nagyobb mértékben volt hatással a rendelkezésre álló források tér- és időbeni változása, mint a bikákra, ennek megfelelően a tehenek nagyobb mértékű szezonalitást mutattak, mint a bikák.

Irodalomjegyzék

- DUMONT, B. – RENAUD, P. C. – MORELLET, N. – MALLET, C. – ANGLARD, F. – VERHEYDEN-TIXIER, H. (2005): Seasonal variations of red deer selectivity on mixed forest edge. - *Animal Research* 54: 369-381.
- GAVRILOV, G. V. – ZLATANOVA, D. P. – SPASOVA, V. V. – VALCHEV, K. D. – DUTSOV, A. A. (2015): Home Range and Habitat Use of Brown Bear in Bulgaria: the First Data Based on GPS-Telemetry, *Acta zool. bulg.*, 67 (4): 493-499
- GILL, R. M. A. (1992): A review of damage by mammals in north temperate forests: 3. Impact on trees and forests. *Forestry* 65: 363–388.
- GRANT, M. J. – EDWARDS M. E. (2008): Conserving idealized landscapes: past history, public perception and future management in the New Forest (UK). *Vegetation History and Archaeobotany* 17: 551–562.
- HOOGE, P. N. – EICHENLAUB, B. (1997): Animal movement extension to ArcView, version 1.1. Anchorage, AK, USA: *US Geological Survey*.
- JACOBS, J. (1974): Quantitative measurement of food selection. A modification of the forage ratio and Ivlev's electivity index. *Oecologia (Berl.)* 14: 413–417.
- KUITERS, A. T. – SLIM, P. A. (2002): Regeneration of mixed deciduous forest in a Dutch forest-heathland, following a reduction of ungulate densities. *Biological Conservation* 105: 65–74
- MOHR, C. (1947): Table of equivalent populations of North American small mammals. *American Midland Naturalist*, 37, 223–249.
- NÁHLIK A. – TARI, T. – SÁNDOR GY. (2007): Az erdei vadkár keletkezésének okai és következményei, *A vadgazdálkodásunk időszzerű kérdései 7.: A vadkár, Országos Magyar Vadászkamara, Budapest*, p. 12-39
- WORTON, B. J. (1989): Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70:164–168.

THE AMAZING WORLD OF FIBONACCI SEQUENCE

LÁSZLÓ SZALAY

University of Sopron, Faculty of Forestry, Institute of Mathematics
szalay.laszlo@uni-sopron.hu

Abstract

This paper recalls a few historical facts and the definition of Fibonacci sequence, furthermore shows some recent results on Diophantine equations where the sequence appears.

1. Introduction

Fibonacci sequence is one of the most known sequences all over the world. A huge amount of information is available in mathematical books and journals on Fibonacci numbers. The sequence and the positive zero of its characteristic polynomial $x^2 - x - 1$ (the golden ratio) appear in biology, physics, chemistry, geosciences, astronomy, engineering, poetry, music, and of course in different chapters of mathematics. There exist several generalizations and extensions of the sequence, the theory of linear recurrences deals with this area. The *Fibonacci Association* (<https://www.mathstat.dal.ca/fibonacci/>), and the journal *The Fibonacci Quarterly* [5] have been making a big effort to popularize the sequence and gather people interested in it. For the sake of curiosity we note that there existed a rock band, *The Fibonacci* what was formed in 1981 in Los Angeles.

The history of Fibonacci sequence goes back to Indian mathematics of 5th century BC. At the beginning of the 13th century, the Italian mathematician FIBONACCI (1170-1250?) asked the following question. Suppose we have a pair of early born rabbits, and after maturing they beget every month a new pair of rabbits that becomes productive at the age of two months. Assuming that the rabbits never die, how many pairs of rabbits are there in the n th months?

FIBONACCI, who was also known as LEONARDO DA PISA, traveled widely with his father in North Africa and Arabia, and in his book *Liber abbaci* [10] he summarized the arithmetic and algebraic knowledge of that era. *Liber abbaci* played a basic role in the spread of the Hindu-Arabic placevalued decimal system in Europe, and among others, dealt with the rule of divisibility by 3 and the Chinese Remainder Theorem.

The Fibonacci sequence is defined by the initial values $F_0 = 0$ and $F_1 = 1$, and by the recurrence relation

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2}, \quad (n \geq 2).$$

JACQUES PHILIPPE MARIE BINET [3] gave the explicit formula

$$F_n = \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2} \right)^n - \left(\frac{1 - \sqrt{5}}{2} \right)^n \right), \quad n \geq 0. \quad (1)$$

(Reputedly, this formula was discovered by ABRAHAM DE MOIVRE in 1718 and proved ten years later by NICOLAS BERNOULLI.)

Although much is known about this sequence, several open problems have remained to be solved. For example, it is not known whether the Fibonacci sequence contains infinitely many primes.

In this paper, we study some scientific results of the author and his coauthors connected to Fibonacci numbers. We restrict ourselves to describe the mathematical content, but not the proofs of the statements.

Finally, we present a quote of ALBERT EINSTEIN: “[The golden proportion] is a scale of proportions which makes the bad difficult [to produce] and the good easy.”

2. Some number theoretical properties

2.1. Diophantine triples

A Diophantine m -tuple is a set of $\{a_1, \dots, a_m\}$ of positive rational numbers or integers such that $a_i a_j + 1$ is a square for all $1 \leq i < j \leq m$. DIOPHANTUS found the rational quadruple $\{1/16, 33/16, 17/4, 105/16\}$, while PIERRE FERMAT found the first integer quadruple $\{1, 3, 8, 120\}$. Infinitely many Diophantine quadruples of integers are known. Very recently HE, TOGBÉ and ZIEGLER [6] showed the non-existence of Diophantine quintuples, and closed a long standing challenging mathematical conjecture.

Now the following variant of this problem is investigated: how many triples of distinct positive integers $\{a, b, c\}$ exist such that $ab+1, ac+1, bc+1$ are all three Fibonacci numbers. The main result here is that in fact there are no such triples.

Theorem 1. (LUCA, F. – SZALAY L., [8]) *There do not exist positive integers $a < b < c$ such that*

$$ab + 1 = F_x, \quad ac + 1 = F_y, \quad bc + 1 = F_z \quad (2)$$

where $x < y < z$ are positive integers.

2.2. Balancing with Fibonacci powers

Here we investigate the Diophantine equation

$$F_1^k + F_2^k + \dots + F_{n-1}^k = F_{n+1}^\ell + F_{n+2}^\ell + \dots + F_{n+r}^\ell \quad (3)$$

in positive integers n, r, k, ℓ with $n \geq 2$. We stated the following conjecture.

Conjecture 1. ([2]) *The only quadruple $(n, r, k, \ell) = (4, 3, 8, 2)$ of positive integers satisfy equation (3).*

The conjecture was completely proved later by ALVARADO, DUJELLA and LUCA [1].

Theorem 2. (BEHERA A. – LIPTAI K. – PANDA G. K. – SZALAY L., [2]) *The Diophantine equation*

$$F_1^k + F_2^k + \dots + F_{n-1}^k = F_{n+1}^\ell + F_{n+2}^\ell + \dots + F_{n+r}^\ell$$

has no solution in positive integers $n \geq 2$ and r if

- $k \leq \ell$,
- $k = 2, 3$, and $\ell = 1$,
- $k = 3$, and $\ell = 2$.

2.3 Modified Brocard-Ramanujan problem

BROCARD [4] (in 1876), and later (in 1913) independently RAMANUJAN [11] posed the problem of determining all integer solutions of the Diophantine equation

$$n! + 1 = m^2.$$

It is called Brocard-Ramanujan Diophantine equation, and the only known solutions are

$$(n, m) = (4, 5); (5, 11); (7, 71).$$

The variant

$$F_n F_{n+1} \cdots F_{n+k-1} + 1 = F_m^2 \quad (4)$$

of the unsolved Brocard-Ramanujan problem was investigated by MARQUES [9]. Applying Primitive Divisor Theorem, the author proved that (4) has no solution in positive integers n , k and m .

Consider now the following generalization. Replace the Fibonacci sequence by any binary recurrence $\{G_n\}_{n=0}^\infty$, and suppose that the subscripts of the terms in the product on left hand side of (4) do not necessarily form an arithmetic progression with difference 1. More precisely, we will examine the Diophantine equation

$$G_{n_1} G_{n_2} \cdots G_{n_k} + 1 = G_m^2 \quad (5)$$

in integers $k \geq 1$, $m \geq 0$ and $0 \leq n_1 < n_2 < \cdots < n_k$.

In [12], the complete solution to (5) is provided if the terms G_n are either the Fibonacci numbers, or the Lucas numbers, or they satisfy the relation $G_n = AG_{n-1} - G_{n-2}$, where A is any positive integer and $G_0 = 0$, $G_1 = 1$.

Putting

$$\varepsilon = \varepsilon(m) = \begin{cases} 2, & \text{if } m \text{ is even;} \\ 1, & \text{if } m \text{ is odd,} \end{cases}$$

we can formulate the result associated to the Fibonacci sequence.

Theorem 3. (SZALAY, L., [12]). *The Diophantine equation*

$$F_{n_1} F_{n_2} \cdots F_{n_k} + 1 = F_m^2 \quad (6)$$

in positive integers k , m and $3 \leq n_1 < n_2 < \cdots < n_k$ has an infinite family of solutions given by

$$F_{m-\varepsilon} F_{m+\varepsilon} + 1 = F_m^2, \quad m \geq 5.$$

Beside there exist only two sporadic solutions: $F_4 + 1 = F_3^2$ and $F_6 + 1 = F_4^2$.

2.4. On the solution of Pell equations

Let $d > 1$ be a positive integer which is not a perfect square. Consider the Pell equation

$$X^2 - dY^2 = \pm 1. \quad (7)$$

All its positive integer solutions (X, Y) are given by

$$X_n + Y_n \sqrt{d} = (X_1 + Y_1 \sqrt{d})^n$$

for some positive integer n , where (X_1, Y_1) is the smallest positive solution. In several recent papers, the following problem was investigated. Let $\mathbf{U} = \{U_n\}_{n \geq 0}$ be some interesting sequence of positive integers. What can one say about the square-free integers d such that the equation $X_n \in \mathbf{U}$ has at least two solutions n ? For most sequences, one expects that the answer to such a question would be that the equation $X_n \in \mathbf{U}$ has at most one positive integer solution n for any given d except maybe for a few (finitely many) values of d .

Now let $U = \{F_m F_\ell : m \geq \ell \geq 1\}$ be the sequence of products of two Fibonacci numbers. The first few members of U are

$$U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 21, 24, 25, 26, 34, 39, 42, \dots\}.$$

Our result is the following.

Theorem 4. (KAFLE, B. – LUCA, F. – MONEJANO, A. – SZALAY, L. – TOGBÉ, A., [7]) *For each square-free integer $d \geq 2$ there is at most one n such that*

$$X_n = F_\ell F_m,$$

except for $d = 2, 3, 5$ for which

- $X_1 = 1, X_2 = 3$ ($d = 2$),
- $X_1 = 2, X_2 = 9$ ($d = 5$),
- $X_1 = 2, X_2 = 26$ ($d = 3$).

Acknowledgments. This article was made in frame of the “EFOP3.6.1-16-2016-00018 Improving the role of research+development+innovation in the higher education through institutional developments assisting intelligent specialization in Sopron and Szombathely”.

References

- [1] ALVARADO, S. L. – LUCA, F. – DUJELLA, A., On a conjecture regarding balancing with powers of Fibonacci numbers, *Integers*, 12 (2012), Article A25, 29 pages.
- [2] BEHERA A. – LIPTAI K. – PANDA G. K. – SZALAY L., Balancing with Fibonacci powers, *Fibonacci Quart.*, 49 (2011), 28-33.
- [3] BINET, J. P. M., Note sur le nombre des divisions à effectuer pour obtenir le plus grand diviseur commun de deux nombres entiers; suivie d’une remarque sur une classe de séries récurrentes, *C. R.*, 19 (1844), 937-940.
- [4] BROCARD, H., Question 166, *Nouv. Corresp. Math.*, 2 (1876), 287.
- [5] The Fibonacci Quarterly, <https://www.fq.math.ca/>.
- [6] HE, B. – TOGBÉ, A. – ZIEGLER, V., There is no Diophantine quintuple, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 371 (2019), 6665-6709.
- [7] KAFLE, B. – LUCA, F. – MONTEJANO, A. – SZALAY, L. – TOGBÉ, A., On the X-coordinates of Pell equations which are products of two Fibonacci numbers, accepted in *J. Number Theory*.
- [8] LUCA, F. – SZALAY, L., Lucas diophantine triples, *Integers*, 9 (4) (2009), Article A35, 441-457.
- [9] MARQUES, D., The Fibonacci version of the Brocard-Ramanujan diophantine equation, *Port. Math.*, 68 (2011), 185–189.
- [10] PISANO, LEONARDO (FIBONACCI), *Quot paria conicorum in uno anno ex uno pario germinentur*, Liber abbaci, 1202; revised manuscript, 1228; *Scritti* 1, 1857, Liber abbaci, 283-284.
- [11] RAMANUJAN, S., Question 469, *J. Indian Math. Soc.*, 5 (1913), 59.
- [12] SZALAY L., Diophantine equations with binary recurrences associated to Brocard-Ramanujan problem, *Port. Math.* 69 (2012), 213-220.

FAÁLLOMÁNY-TÍPUSOK TÉRKÉPEZÉSE SENTINEL-2 ŪRFELVÉTEL IDŐSOROZATON DEEP LEARNING OSZTÁLYOZÓVAL

BARTON IVÁN¹ – CZIMBER KORNÉL¹ – KIRÁLY GÉZA¹ – MOSKAL L. MONIKA²

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

²Precision Forestry Cooperative, School of Environment and Forest Sciences,

University of Washington, Seattle (WA), USA

ivan.barton@gastudent.nyme.hu

Az egyes erdőtervezési körzetek erdőleírását Magyarországon 10 éves ciklusokban újítják meg. Ez alatt a hosszú idő alatt mesterséges és természetes eredetű változások következhetnek be az állományokban. Habár a faállományok lassú növekedéséhez meghatározott 10 éves ciklusok a gazdálkodás szempontjából még megfelelőek a legtöbb esetben, viszont a XXI. század felgyorsult információ-áramlásának már nem felel meg.

A faállomány-típus az erdőállomány egy jellemzője, ami az ott található fafajok elegyarányát fejezi ki. Jellemzően egy főfafaj köré csoportosulnak a kialakított faállomány-típus kategóriák. Optikai ūrfelvételek kiértékelésével az erdők koronaszerkezetének fontos paramétereit lehet meghatározni, többek között a faállomány felső lombkoronaszintjének fafajösszetételét. Annak ellenére, hogy csak korlátozott mértékben szolgáltatnak információt az ūrfelvételek a faállományokról, az erdőleírás egyes paramétereit évről évre aktualizálhatók vele. A technológia fejlődésének köszönhetően az ūrfelvétel idősorozatok spektrális, idő- és térbeli jellemzői is könnyen vizsgálhatók az erdőállományokon. Munkánk során a Börzsöny hegységre készítettünk el egy faállomány-típus térképet.

Anyag

A Copernicus földmegfigyelő program keretében pályára állított Sentinel-2 (S2) műholdpár ingyenesen szolgáltat nagy térbeli és időbeli felbontásban képanyagot a Földről 2015 óta. A műholdak fedélzetén az MSI szenzor található meg (DRUSCH *et al.* 2012), amely a spektrum 13 tartományában rögzíti a felszínről visszaverődő sugárzást a látható és az infravörös tartomány között (443–2190 nm) 12 bit/pixel radiometriai felbontásban. A szenzor 10 és 20 méteres felbontású sávjai elsősorban a felszínborítás és vegetáció térképezésére és elemzésre alkalmas tartományokban érzékelnek, a 60 méteres felbontású sávjai az atmoszféra állapotának rögzítésére alkalmas tartományokban rögzítik a képeket. Ennek megfelelően a kutatásban csak a 10 és 20 méteres terepi felbontású sávok kerültek alkalmazásra. A szenzor 290 km széles pásztában rögzíti a felvételeket. A műholdak együttes visszatérési ideje 5 nap, azonban az átfedő pályák miatt ez egyes helyeken gyakoribb. Magyarország elhelyezkedéséből kifolyólag egész évben közepes szintű a felhőborítás (60-70%) (WILSON - JETZ 2016), így az elkészült felvételeknek csak egy kis része értékelhető ki, és ezek időbeli eloszlása sem mindig optimális a vegetáció vizsgálatához (BARTON *et al.* 2018). A felvételeken még felhőmentes időben is megjelenhetnek egyéb atmoszférikus jelenségek, ezért atmoszférikus korrekció nélkül az egyes képek radiometriai tulajdonságai nem feltétlenül konzisztensek egy felvételen belül.

A faállomány-típusok térképezéséhez a Börzsöny hegységet és környezetét választottuk ki. A mintaterületet a 34UCU jelölésű S-2 csempe fedi, így a 2017. április 10. és 2017. október 27. között készült felvételek kerültek beszerzésre és feldolgozásra a R036 és R079-es műholdpásztákból. A tengerszint feletti magasság 100-900 méter között változik a mintaterületen. Az itt található természetes klímazonális erdőtársulásokban valamint a mesterséges telepítésű erdőkben összesen 87 leírt faállomány-típus található meg az Országos Erdőállomány Adattár (OEA) alapján. Ezeknek a térbeli és koreloszlása nem egyenletes minden fő-típusnál, de lehetőséget nyújt a gyakrabban előforduló faállomány-típus csoportok térképezésére.

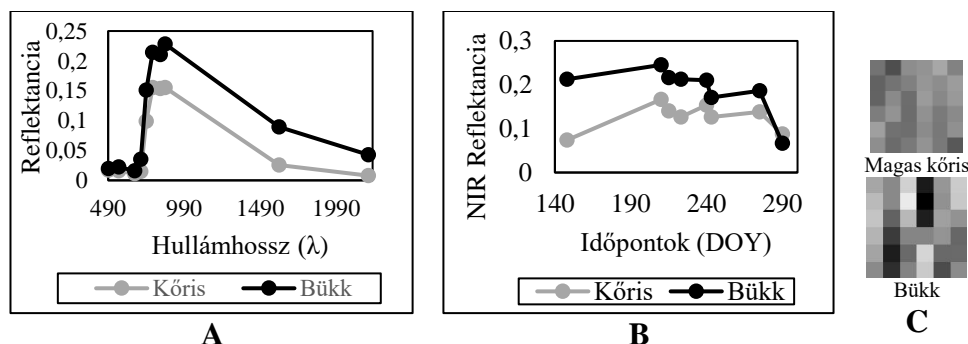
A munka során a terület 20 méteres horizontális felbontású digitális domborzatmodelljét, valamint az erdőrészt poligonokat használtuk fel az űrfelvétel sorozat előfeldolgozásához. Az összes segédanyag az űrfelvételekkel megegyező UTM 34N vetületbe lett transzformálva.

Módszertan

Az űrfelvételeken megjelenő felszínborítások a különböző frekvencia tartományokban elkülönülnek egymástól különböző anyagszerkezetük és felülettípusuk miatt (XIAN *et al.* 2009). Spektrális elkülönülésük a szenzoron rögzített spektrum-tartományok kialakításának, radiometriai-térbeli felbontásának és a felvételi körülményeknek a függvénye. Az erdőborítás, mint felszínforma magas lombkorona záródás mellett a falevél anyagával jellemezhető, ami fotoszintetikusan aktív felület. Az erdők jól elkülönülnek a fotoszintetikusan kevésbé aktív felszínborítástól, mint a víz vagy a beépített területek. Más fotoszintetikusan aktív formákkal már enyhe spektrális átfedéseket mutatnak, ahol a klorofil mennyisége, a sejtszerkezet és a tárolt víz mennyisége a levélfelülethez hasonló mértékű (XIE *et al.* 2008). A különböző fafajok spektrális jellemzői bizonyos mértékben elkülönülnek egymástól. Az elkülönülést tovább lehet javítani idősorozat alkalmazásával. Ebben az esetben a különböző felszínborítási formák, elsősorban a fotoszintetikusan aktív felületek a vegetációs időszak különböző időpontjaiban, különböző spektrális tulajdonságokkal bírnak. Magasabb térbeli felbontás mellett térbeli jellegzetességek is rögzülnek a képeken (HEROLD *et al.* 2003). Az olyan térbeli képjellemzők, mint az alak és méret faállományok esetén nehezen értelmezhető az S-2 felvételein. A 10 méteres felbontású sávokon az egyes faállományok koronaszerkezeteire utaló árnyék mintázatok jelennek meg. Ez spektrálisan tekintve szórásaként, míg a térben textúráként jelenik meg a faállomány területén belül. A faállomány-típusok térképezése a bemutatott spektrális, spektrális-időbeli és textúra jellemzők alapján végezhető el hatékonyan (*1. ábra*). A távérzékelés első alkalmazásai a spektrális elkülönülést alkalmazták faállomány-típusok térképezésére (BRYANT *et al.* 1980). Több tanulmány alkalmazta már a spektrális-időbeli jellemzőket faállomány-típus térképezésre, és egyértelműen a több időpontú vizsgálat módszerét mutatták hatékonyabbnak (PASQUARELLA *et al.* 2018). A térbeli képjellemzők közül a textúra jellemzők alkalmazására is voltak már példák űrfelvételek esetén, melyek a használata mellett szólnak (MOSKAL - JAKUBAUSKAS 2001).

A faállomány-típusok kiértékeléséhez konzisztens idősorozatra van szükség, ahol minden egyes időpontban teljesen felhőmentesek a felvételek és radiometriájuk kiegyenlített. Ennek megfelelően a felvételeken először az atmoszférikus korrekciót hajtották végre a SEN2COR 2.5.5 szoftver (MAIN-KNORN *et al.* 2017) segítségével, melynek során felszínen mérhető értékekké lett transzformálva az atmoszféra tetején mért reflektancia. A korrekció során felhőmaszkok is készültek a felvételre. Ez alapján csak azok a felvételek kerültek további feldolgozásra, ahol 10%-nál alacsonyabb volt az erdőrészt poligonok feletti felhő- és felhőárnyék borítás. Az egy időpont alapján készült felhőmaszkok a vékony felhőrétegeket és a párat nem tudják nagy pontossággal kimutatni, mivel ezeknek magas az átlátszósága (HAGOLLE *et al.* 2015). Egy idősorozat-alapú felhő és felhőárnyék maszkoló módszert fejlesztettünk, amely egy felhőmentes referencia kép alapján a Kálmán-szűrő (MEINHOLD - SINGPURWALLA 1983) segítségével hatékonyabban ki tudta mutatni a vastag és vékony felhőrétegeket, valamint a felhők által vetített árnyékokat. Lineáris regresszió segítségével a vizsgált időpontban hiányzó reflektancia érték korábbi értéke alapján modelleztük az aktuális reflektanciát a felhők okozta adathiányos területeken. A változatos domborzat miatt még magas napállás mellett is nagymértékű a topográfiai, valamint a vetített árnyékok megjelenése. Az empirikus forgatás módszerét (TAN *et al.* 2013) alkalmaztuk a topográfiai normalizációnál. A konzisztens idősorozatot homogén részekre bontottuk képszegmentálással

(CZIMBER 2009). Ennek elsődleges célja a térbeli képjellemzők kivonásához szükséges területek létrehozása. Másodlagos célja az idősorozatban szereplő felvételek geometriai hibáinak kiküszöbölése, ami az alkalmazott térbeli felbontás mellett maximum 1 pixel. A szegmentálásnál alkalmazott küszöbértékhez 10, az alakparaméterhez 0,9 értéket választottunk.



1. ábra: Az űrfelvétel idősorozat spektrális (A), spektrális-időbeli (B) jellemzői és a kivont textúra (C) a Magas kőrös (*Fraxinus excelsior*) és Bükk (*Fagus sylvatica*) példájával.

Az űrfelvétel idősorozatban megjelenő spektrális és térbeli képjellemzők mintázatokat alkotnak, amelyek ismétlődnek. Ezek a mintázatok a magas dimenziószám és a nem túl határozott térbeli képjellemzők miatt vizuálisan nehezen interpretálhatók, ezért a gépi tanulási módszerek alkalmazása hatékonyabb. Az erdőborítás térképezés és az ezen belüli faállomány-típusok térképezés Deep learning típusú osztályozó módszerrel történt. A Deep learning olyan gépi tanulási módszerek összefoglaló neve, melyek mély mesterséges neurális hálózatok segítségével oldanak meg osztályozási vagy regressziós problémákat (ZHU *et al.* 2017). Jellemzően adat vezérelt, felügyelt típusú osztályozók készítésére alkalmazzák nagyon széles körben. A távérzékelésben 2014 óta alkalmaznak ilyen technológiát a felvételek kiértékelésére. A nagyon mély neurális hálózatok előnye a hagyományos osztályozó módszerekkel szemben, hogy nincs szükség a képjellemzők mesterséges kiemelésére és a nem releváns információt tartalmazó jellemzők eltávolítására az osztályozó modell tanítása előtt. A modellben a bemenő képjellemzők a bemeneti rétegbe csatlakoznak, amit rejtett neuron rétegek követnek, majd egy kimeneti réteg, ahol minden rétegben, minden egyes neuron össze van kötve egymással. A tanítás során ezeknek a kapcsolatoknak az erősségét állítja be a modell a betáplált tanító adatok alapján iteratíván egy optimalizáló funkció segítségével, visszacsatolásokon keresztül. A képfeldolgozásban az egyik leggyakrabban alkalmazott hálózat típus a konvolúciós neurális hálózat (CNN). A CNN esetén a bemeneti rétegbe képcempéket kell táplálni, amelyből konvolúciós szűrők segítségével vonja ki hierarchikusan a térbeli információkat a hálózat rétegeiben, amely a jelenlegi alkalmazása esetén a képtextúrára korlátozódik. A kivont térbeli jellemzőkön keresztül a spektrális információk is számításba kerülnek a kapcsolatok erősségének kialakításánál. A hálózat végén, a koncentrált információkat leggyakrabban softmax függvényvel osztályozzák a kimeneti rétegben. Jellemzően nagyon nagy felbontású távérzékelte felvételeken alkalmazzák objektum detektálásra, azonban nagyfelbontású űrfelvétel idősorozatokon felszínborítási kategóriák térképezésére is vannak példák (SHUNPING *et al.* 2018).

A faállomány-típusok kiértékeléséhez szükség van egy pontos faállomány borítás térképre. Az erdőrésztlet poligonok erre a célra nem alkalmasak, ugyanis található erdőtervvel nem rendelkező faállományok és alacsony korona záródású területek a poligonokon belül. Ennek a térképezésére *transfer learning* módszert alkalmaztunk, ahol a CNN hálózat bizonyos kategóriákra előre meg van tanítva. A hálózat kimeneti osztályozó rétege után kerül

egy további réteg, ami a már meglévő osztályok paramétereit módosítja az új tanító anyagnak megfelelően. A faállomány borítás térképezéshez az INCEPTION V3 modellt (SZEGEDY *et al.* 2016) tanítottuk újra. Erdő és nem erdő kategóriák lettek létrehozva a tanító anyagban. Az újra tanítás 150 000 iterációval történt meg. A szabálytalan alakú, homogén képrészek a hálózat bementi rétegének megfelelően 299x299 pixel méretűre lettek skálázva. A szabálytalan alak körüli terület a homogén képrész spektrális átlagaival lett feltöltve a sávokban. Az INCEPTION V3 modell 3 sávos képeket képes feldolgozni, így az idősorozat magasabb dimenziószámát csökkenteni kellett. Az idősorozat 3 eltérő időpontjából választott látható kék tartományban rögzített sáv kompozitját használtuk fel erre a célra. Ennek oka, hogy az erdő felszínborítás ebben a spektrum-tartományban nem mutat különösebb változást a vegetációs időszak alatt, más fotoszintetikusan aktív felületekhez képest.

A faállomány-típusok osztályozása is egy CNN modell segítségével történt, ami ebben az esetben egyedi felépítéssel rendelkezett. A hálózat 8 neuron rétegből áll, ahol az első 5 rétegben történik meg a térbeli jellemzők kivonása konvolúciós szűrőkkel, amit további 3 teljesen összekapcsolt neuron réteg követ. Minden egyes réteget egy *batch normalization* (IOFFE - SZEGEDY 2015) funkció követ, ami a modell túlillesztését segít elkerülni. A hálózat regularizálása L2 funkcióval történt. A tanítás optimalizálásához az *Adaptive Moment Estimation* (ADAM) (KINGMA - BA, 2014) módszert alkalmaztuk. A hálózat bemenete 6x6 pixel méretű, 80 sávos képcempék voltak. A szabálytalan alakú homogén képrészek a 6x6 pixel méretre lettek újra minta vételezve. A ki nem töltött részekre véletlenszerűen választott É-D irányú mintákat illesztettünk be. A modell tanítása 943 836 iteráción keresztül tartott. Az osztályozáshoz kialakított faállomány-típus csoportok: akác, bükk, fenyő, magas kőris, gyertyán, tölgyek, hársak, virágos kőris, cser, mézgás éger, vöröstölgy, mezei juhar, valamint az egyéb kategória. Az egyéb kategória azoknak a képrészeknek szánt gyűjtő osztály, melyek az erdőborítás osztályozás során hibásan faállománynak lettek megjelölve. Az egyes kategóriákba több hasonló fafajt vontunk össze alacsony területfoglalásuk miatt.

A CNN modellek tanításához tanító adatra van szükség, ami tartalmazza a kialakított osztályok jellemzőit. Ha a tanító adatok tartalmaznak minden mintázatot és jellegzetességet, ami az adott kategóriában megjelenik és a kijelölt kategóriák nem fednek át túlságosan egymással spektrálisan, akkor tökéletes lesz az osztályozó modell és az elkészített térkép. A tanító anyaghoz alkalmazott tanító területek pontos kijelölése, különösen természetes környezetben, nehezen kivitelezhető. Az egyes faállomány-típusok terület foglalása nem egyenlő, így a belőlük vehető minták eloszlása sem. Ezt mesterséges adatkiterjesztéssel lehet kiküszöbölni: a minta spektrális átlaga körül normál eloszlást hozunk létre, majd ezekből az értékekből véletlenszerűen választottuk ki az új mintaátlagot. Az új mintaátlag alapján történt meg az eredeti minta módosítása, és ezt a kellő mértékben megismételve kiegyenlített mintaszámot kaptunk az egyes osztályokban.

Az erdőborítás térképezéshez nagyfelbontású légi felvételeket alkalmaztunk a tanítóterületek kijelölésénél. A faállomány-típus minták kijelölése az OEA és terepi bejárások alapján történt. Az űrfelvétel idősorozatból összeállított időkompozit vizuális támaszt adott a tanítóterületek elhelyezéséhez. A tanítóterületek kijelölésének feltétele volt, hogy legalább 6×6 pixel² méretű (60×60 m²) kiterjedése legyen és már záródott lombkoronával rendelkezzenek. Az alkalmazott softmax osztályozó a CNN modellekben rugalmas osztályozásra képes, így lehetőség lenne a típusok keveredésének kimutatására, amiből az elegyarányra lehetne következtetni. A terület méretéhez viszonyított kevés számú tanító adat miatt a modell túlillesztésének magas a kockázata, így az elegyarány becslés ezzel a módszerrel nem végezhető el megbízhatóan.

A CNN modellek pontossági vizsgálata hibamátrixok segítségével történt meg. A faállomány borítás térkép vizsgálatához 5022 pontot jelöltünk ki szabályos hálózatban 438 méteres rácstávolsággal. A referencia pontok típusának meghatározása nagyon nagy felbontású

űrfelvételek és ortofotó alapján történt meg. A faállomány-típusok modelljéhez szabálytalan hálózatban lettek ellenőrző pontok kijelölve. Itt az egyes pontokban körlap szerinti elegyarány lett számolva a felső koronaszintben elhelyezkedő faegyedekből. Ezen kívül az OEA alapján választottunk ki a tanító területektől független helyeken 100%-os elegyarányú erdő-részleteket. Összesen 1415 homogén képrészletet ellenőriztünk az így gyűjtött referencia adatok alapján.

Az űrfelvételek előfeldolgozása és osztályozása a KIFÜ NIIF programjának keretében Miskolcra és Debrecenbe telepített szuperszámítógépeken történt. A Deep learning modell tanítása a TENSORFLOW 1.4 keretrendszerben (ABADI *et al.* 2016) készült.

Eredmények

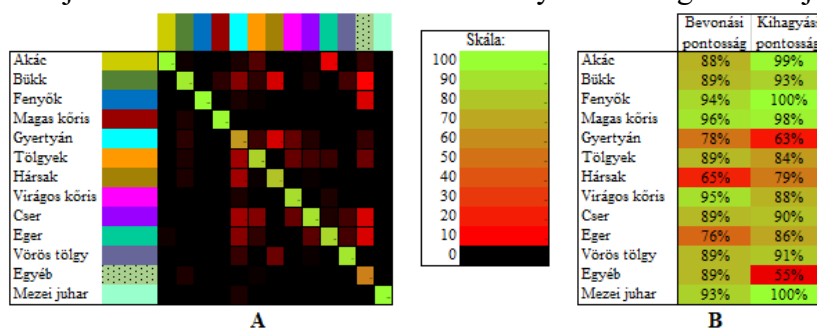
Összesen 73 darab űrfelvétel került beszerzésre. Az előfeldolgozás után 8 darab felvételt értékeltünk ki, ami megfelelt a szigorú felhőborítás kritériumoknak. Az éves átlagos felhőborítás alapján várt 30%-os felhasználhatóság csupán 11% lett 2017-ben. A kiértékelt felvételek időbeli eloszlása nem egyenletes, a nyár közepén csoportosulnak.

A faállomány borítás térképezéshez összesen 4217 erdő, 2553 nem erdő tanítóterület lett kijelölve. Az osztályozás eredményeként a terület 46,6%-át faállományok borítják, míg 53,4%-át egyéb felszínborítás típus. A térképezés pontosságának meghatározásához kijelölt ellenőrző pontokon az összesített pontosság 95,4% ($\kappa = 0,908$) (1. táblázat).

1. táblázat: A faállomány borítás térképezés pontossági vizsgálatának eredménye

	Erdő	Nem erdő	Összesen	Kihagyási pontosság
Erdő	2597	105	2702	96.11%
Nem erdő	125	2195	2320	94.61%
Összesen	2722	2300	5022	
Bevonási pontosság	95.41%	95.43%		

A faállomány-típusok osztályozásához összesen 1148 tanítóterületet jelöltünk ki. A tanított modell pontossága az ellenőrzés során 88,2% ($\kappa=0.866$) pontosságot ért el (2. ábra). A modellek alapján készült térkép (3. ábra) vizuálisan is elfogadható eredményt adott, a faállomány-típusok a jellemző domborzati és klíma viszonyoknak megfelelően jelentek meg.

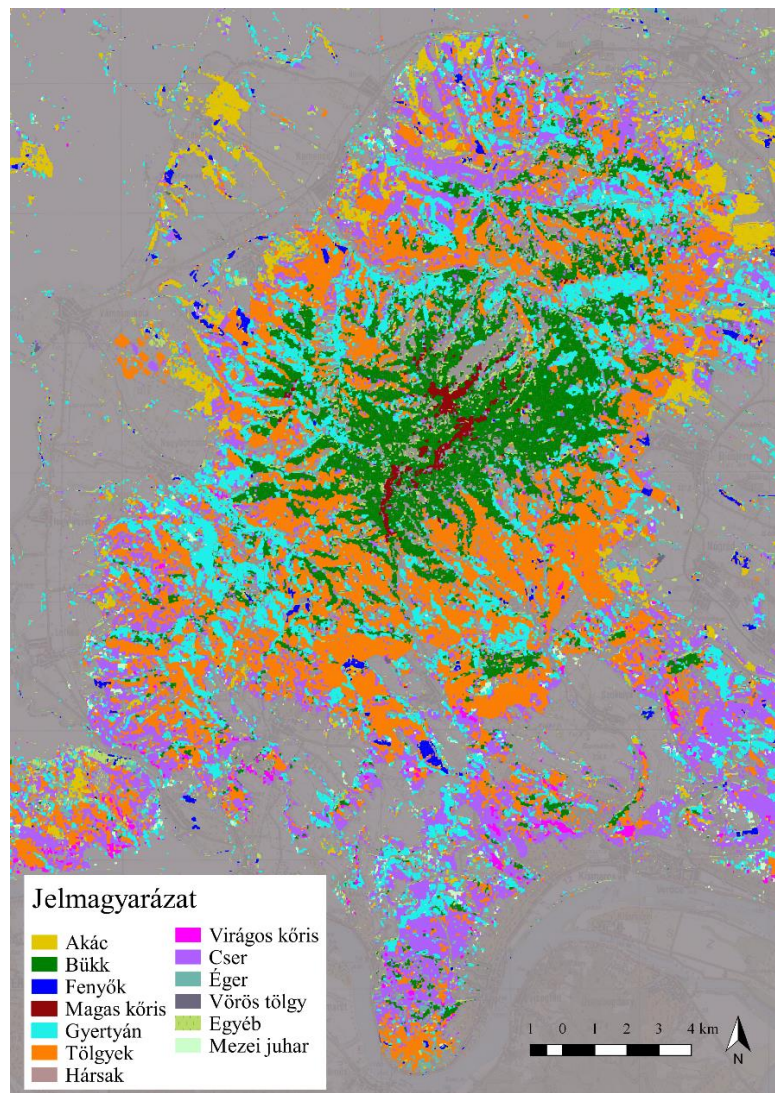


2. ábra: A Faállomány-típus térkép pontossági vizsgálatához készült hibamatrix a bevonási pontosság mértéke alapján színezve (A) és az egyes osztályoknál elért pontosságok (B)

Összefoglalás

A Deep learning alkalmazása a távérzékelésben olyan mértékű javulást hozott a térképek pontosságában (KUSSUL *et al.* 2017), ami mindenképpen a további alkalmazása mellett szól. Általánosságban igaz erre a technológiára, hogy kevesebb szakértői munkát igényel az osztályozó modell felépítése, mint a korábban használt gépi tanulási módszereknél. Ez úgy értelmezhető, hogy azonos befektetett munkával jobb eredmények, pontosabb térképek hozhatók létre mint korábban. A modellek tanítása nagyon számításigényes feladat, aminek végrehajtása csak elosztott rendszereken hatékony. A létrehozott térképek erdő-részlet szint alatt

szolgáltatnak információkat, de az alkalmazott technológia miatt nem lehetséges az űrfelvétel eredeti felbontását megtartani. Ennek előnye, hogy viszonylag alacsony koronazáródású területeken (lékek környezete, erőteljes bontások) is képes meghatározni a faállomány-típusát, hátránya az alacsonyabb geometriai pontosság.



3. ábra: A 2017-es állapotot mutató faállomány-típus térkép

Az évente elkészíthető térképek a faállományok típusáról és kiterjedéséről olyan információkat adnak át, melyek korábban csak lokális szinten voltak ismertek hasonló felbontásban. A magasabb szinteken is elérhető faállomány-típus térképek segítségével az állományok pontosabb szabályozása tervezhető meg, melyek előrehaladása évről évre ellenőrizhető, és a friss információk alapján módosítható lenne.

Köszönetnyilvánítás: A kutatás az ÚNKP-18-3-IV kódszámú pályázat támogatásával készült. Köszönetet mondunk a KIFÜ NIIF Programjának a HPC szolgáltatásáért, a Precision Forestry Cooperative-nek (PFC) és az Ipoly Erdő Zrt-nek a kutatásban nyújtott segítségért.

Irodalomjegyzék

ABADI, M. - BARHAM, P. - CHEN, J. - CHEN, Z. - DAVIS, A.-DEAN, J. - ... - KUDLUR, M. (2016): Tensorflow: a system for large-scale machine learning. Savannah, GA, USA, USENIX, pp. 265-283.

- BARTON I. – KIRÁLY G. – CZIMBER K. (2018): Sentinel-2A úrfelvétel-idősorozat sűrűség vizsgálata az országos erdőállományra. Kari Tudományos Konferencia, Sopron, pp. 123-127.
- BRYANT, E. – DODGE, J. – ARTHUR, G. – WARREN, S. D. (1980): Landsat for practical forest type mapping: a test case. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 46(12), pp. 1575-1584.
- CZIMBER K. (2009): Új, általános célú képosztályozó kifejlesztése nagyfelbontású, textúrával rendelkező digitális képek feldolgozására, *Geomatikai Közlemények*, Vol XII: pp. 249–258.
- DRUSCH, M. – DEL BELLO, U. – CARLIER, S. – COLIN, O. – FERNANDEZ, V. – GASCON, F. – ... – MEYGRET, A. (2012): Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote sensing of Environment*, Vol. 120: pp. 25-36.
- HAGOLLE, O. – HUC, M. – VILLA PASCUAL, D. – DEDIEU, G. (2015): A multi-temporal and multi-spectral method to estimate aerosol optical thickness over land, for the atmospheric correction of FormoSat-2, LandSat, VENUS and Sentinel-2 images. *Remote Sensing*, Vol. 7(3): pp. 2668-2691.
- HEROLD, M. – LIU, X. – CLARKE, K. C. (2003): Spatial metrics and image texture for mapping urban land use. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 69(9): pp. 991-1001.
- IOFFE, S. – SZEGEDY, C. (2015): Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift. *arXiv preprint arXiv:1502.03167*.
- KINGMA, D. P. – BA, J. (2014): Adam: A method for stochastic optimization. *arXiv preprint arXiv:1412.6980*, pp. 1-15.
- KUSSUL, N. – LAVRENIUK, M. – SKAKUN, S. – SHELESTOV, A. (2017): Deep learning classification of land cover and crop types using remote sensing data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. 14(5): pp. 778-782.
- MAIN-KNORN, M. – PFLUG, B. – LOUIS, J. – DEBAECKER, V. – MÜLLER-WILM, U. – GASCON, F. (2017): Sen2Cor for Sentinel-2. Warsaw, Poland, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), pp. 10427-10427.
- MEINHOLD, R. J. – SINGPURWALLA, N. D. (1983): Understanding the Kalman filter. *The American Statistician*, Vol: 37(2): pp. 123-127.
- MOSKAL, L.M. – JAKUBAUSKAS, M. E. (2001): Discriminating forest stand age classes using 2nd order image texture in the Central Plateau of Yellowstone National Park. Denver, CO, p. 9p.
- PASQUARELLA, V. J. – HOLDEN, C. E. – WOODCOCK, C. E. (2018): Improved mapping of forest type using spectral-temporal Landsat features. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 210: pp. 193-207.
- SHUNPING, J. – ZHANG, C. – XU, A. – SHI, Y. – DUAN, Y. (2018): 3D convolutional neural networks for crop classification with multi-temporal remote sensing images. *Remote Sensing*, Vol: 10(1): p. 75.
- SZEGEDY, C. – VANHOUCHE, V. – IOFFE, S. – SHLENS, J. – WOJNA, Z. (2016): Rethinking the inception architecture for computer vision., *IEEE*, pp. 2818-2826.
- TAN, B. – MASEK, J. G. – WOLFE, R. – GAO, F. – HUANG, C. – VERMOTE, E. F. – ... – EDERER, G. (2013): Improved forest change detection with terrain illumination corrected Landsat images. *Remote Sensing of Environment*, Vol: 136: pp. 469-483.
- WILSON, A. M. – JETZ, W. (2016): Remotely sensed high-resolution global cloud dynamics for predicting ecosystem and biodiversity distributions. *PLoS biology*, Vol: 14(3), p. e1002415.
- XIAN, G. – HOMER, C. – FRY, J. (2009): Updating the 2001 National Land Cover Database land cover classification to 2006 by using Landsat imagery change detection methods. *Remote Sensing of Environment*, Vol: 113: pp. 1133–1147.
- XIE, Y. – SHA, Z. – YU, M. (2008): Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. *Journal of plant ecology*, Vol: 1(1): pp. 9-23.
- ZHU, X. X. – TUIA, D. – MOU, L. – XIA, G. S. – ZHANG, L. – XU, F. – FRAUNDORFER, F. (2017): Deep learning in remote sensing: a review. *IEEE Geoscience and remote sensing magazine*, pp. 8-36.

TÖBB MŰSZERÁLLÁSBÓL KÉSZÍTETT LÉZERSZKENNELÉSEK TÁJÉKOZÁSA ERDŐÁLLOMÁNYOK FELMÉRÉSE CÉLJÁBÓL

BROLLY GÁBOR – PRIMUSZ PÉTER – BAZSÓ TAMÁS – KIRÁLY GÉZA
Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet
brolly.gabor@uni-sopron.hu

Erdőben végzett földi lézerszkenneléskor elsősorban a törzsszám és az aljnövényzet sűrűsége határozza meg az egy műszerálláspontból felmérhető terület méretét, ami állománytól függően 0,05 és 1 hektár között változik. Amennyiben a felmérendő terület ezt meghaladja, több műszerálláspontból kell felvételt készíteni, amit röviden multi-scan (MS) felmérési módnak nevezünk. Az egyes ponthalmazok összeillesztéséhez először tájékozni kell azokat, ami megfelelő szoftver hiányában munka- és időigényes feladat. A tájékozásra alkalmas kereskedelmi szoftverek ára jelentős, ezért a felmérés tervezésénél mérlegelni kell a MS felmérési mód nyújtotta előnyöket és ráfordításokat, másrészt célszerű költséghatékony alternatív megoldásokat keresni a tájékozás megoldására. A dolgozat bemutatja a tájékozás elvégzéséhez szükséges – intézetünkben kifejlesztett – eszközöket, valamint összehasonlítja egy kereskedelmi és egy nyílt forráskódú szoftver megoldását a tájékozás végrehajtására.

Bevezetés

A multi-scan, azaz több álláspontból végzett lézerszkennelés nagyobb kiterjedésű erdei mintaterületek, összetett szerkezetű faállományok, vagy egyed szintű, részletes szerkezeti modellek előállítását teszi lehetővé. Alkalmazásával egyenletesebb ponteloszlás érhető el, ami javítja a ponthalmaz alapján végzett becslések pontosságát, leginkább fiatalabb korú és szintezett állományokban (BROLLY – KIRÁLY 2017). Az egyes álláspontokból felmért ponthalmazok összeillesztése a felmérést követő feldolgozás része. Első lépésben az egyes ponthalmazok átfedő területein azonos pontokat kell megjelölni, amelyek alapján a ponthalmazok egymáshoz viszonyított helyzete egy térbeli vektor, három forgatási szög és opcionálisan egy méretarány-tényező formájában meghatározható (relatív tájékozás). Amennyiben legalább két pont helye valamely térképezési rendszerben ismert, a ponthalmaz földi vonatkozási rendszerbe is átszámítható (abszolút tájékozás). Az átszámítás leggyakoribb formája a térbeli hasonlósági (Helmert) transzformáció vagy egybevágósági (merek test) transzformáció; mindkettő a térbeli affin transzformáció speciális esetének tekinthető.

A közös pontokat az erdőbecslési célú felmérések túlnyomó többségénél a tájékozás céljára kifejlesztett mesterséges tárgyak testesítik meg, melyeket ebben a dolgozatban összefoglaló néven kapcsolójelek nevezünk. A kapcsolójelek alakja műszergyártótól függően sík jeltárcsa (*Leica*), henger (*Riegl*) vagy gömb (*Faro*) lehet. Léteznek olyan tájékozási módszerek is, amelyek nem igénylik kapcsolójelek kihelyezését, mert a közös pontokat a ponthalmazok részleteinek egyeztetésével automatikusan felderítik. Ezek inkább mesterséges környezetben alkalmazhatók.

Az MS felvételek feldolgozása, különösen a tájékozás, jelentős ráfordítást igényel, mind a szükséges szoftver, mind a feldolgozási idő tekintetében. Ezt jól érzékelteti, hogy BAUWENS *et al.* (2016) másfél órát fordítottak öt álláspontból végzett felmérések feldolgozására, szemben az egy álláspontból végzett felmérések tíz perces feldolgozásával. A professzionális feldolgozó szoftverek, amelyekkel egy adott műszertípus pontfelhőinek tájékozása hatékonyan elvégezhető, beruházási igénye a műszer árának körülbelül egynegyedét teszi ki, ami az erdészeti ágazatban komoly akadálya lehet az egyébként ígéretes technológia gyors elterjedésének.

A szerzők olyan alternatív megoldásokat keresnek, amelyekkel kis befektetéssel elvégezhető a lézerszkennelt ponthalmazok alapvető feldolgozása, mindenképp a pontfelhők

tájékozása. A tájékozás megoldása egyben hiányt pótló feladat, hiszen regisztrált pontfelhőkből – saját fejlesztésű algoritmussal – korábban már eredményesen hajtottunk végre faállománybecslést (LIANG *et al.* 2018).

A tanulmány célja, hogy röviden ismertesse a szerzők jelenlegi eredményeit, tapasztalatait a pontfelhők tájékozásának területén. A kutatások két fő irányt jelölnek ki:

1. Eszközfejlesztések: Kapcsolójelek tervezése és kivitelezése
2. Tájékozás megoldásának lehetőségei ingyenesen elérhető, nyílt forráskódú szoftverekkel és kereskedelmi forgalomban kapható, professzionális szoftverek próbaverziójával

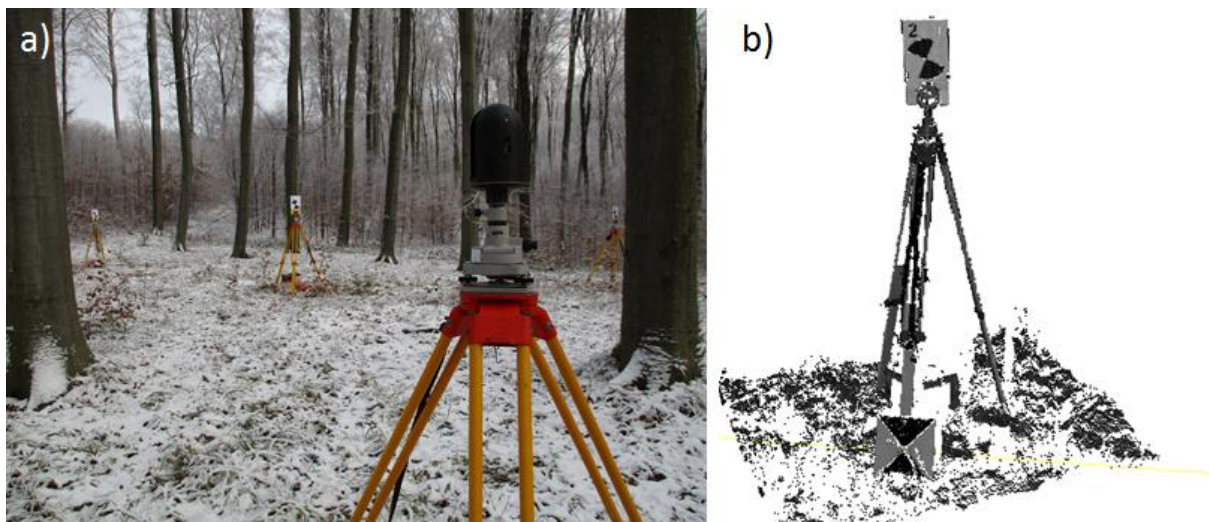
Vizsgálati anyag és módszer

A Leica BLK 360 lézerszkennerek számára a gömb alakú kapcsolójeleket saját kivitelben készítettük el. Elsődleges szempont volt a készítésüknél az ár és a pontosság. A 10-15 cm-es átmérő tartományban a szükséges pontosság elérhető az olcsó polisztirol gömbökkel is, ennél nagyobb átmérő esetén viszont már csak a drágább kültéri „karácsonyi gömbdíszek” javasolhatók. A gömböket saját tervezésű adapterekhez ragasztottuk. Az adaptereket AutoCAD-ben terveztük meg és 3D nyomtatással kivitelezettük ABS anyag választása mellett. A tervezésnél figyelembe vettük, hogy a gömbalakú kapcsolójeleket könnyen lehessen csatlakoztatni a menetes (UNC-5/8) prizmához vagy a 20 mm belső átmérőjű prizmatálcához. A kapcsolójelek illesztése mellett, a Leica BLK 360 lézerszkennerek számára is terveztünk egy adaptert, ami lehetővé teszi a műszer prizmatálcába helyezését. Az adaptereknek köszönhetően a mérés alatt a kapcsolójelek és a műszer állótengelye azonosnak tekinthető.

A tájékozási eljárások különböző jellegű szoftverekkel történő összehasonlítását a Pilisi Parkerdő Zrt. kezelésében álló, Pilisszentlélek községhatárban található ProSilva erdőállományban végrehajtott felmérés alapján végeztük el. A felmérés közelítőleg 50 × 50 méretű területet fed le, amelyen idős bükk állomány található alacsony újulattal és gyér aljnövényzettel.

A felmérés 2018 decemberében történt (lombtalan állapotban) négy álláspontból, Leica BLK 360 lézerszkennerekkel (*I.a. ábra*). Egy szkennelési ciklusban a négy álláspont egyikéről történt az adatgyűjtés, a maradék három műszerállványon pedig egyenként két darab, saját készítésű jeltárcsát alkalmaztunk kapcsolójelként. A felső jeltárcsa hagyományos prizmatálcára rögzítve foglalt helyet a műszerállványon, míg az alsó a műszerállvány lábára lett felerősítve. A felső jeltárcsa nyomtatott, egyedi azonosítót tartalmaz. Az alsó jeltárcsa tartalékként szolgált, emellett az irányzások pontosságának ellenőrzését is lehetővé tette. A mérési ciklusok közötti átálláskor a szkennerek egy saját tervezésű, saját gyártású adapteren keresztül (vízszintes értelemben) központosan rögzíthető a felső jeltárcsa helyére. A négy felvételi álláspont mellett egy további jeltárcsát is kihelyeztünk, amit egy mérőállomás prizmatálcájára erősítettünk fel. Egy műszerállásból minimum három kapcsolójel jól irányozhatóan látszott a pontthalmazban (*I.b. ábra*). A szkennerek a felmérés során az alábbi adatokat rögzítik:

- Térbeli pontfelhő, pontonkénti intenzitás értékekkel
- Fényképek
- Termális kép



1. ábra. Téli felmérés Leica BLK360 lézerszkennelvel. Háttérben az egyes pontfelhők tájékozását szolgáló jeltárcsák. (a). A kapcsolójelek intenzitás szerinti leképeződése a ponthalmazban (b).

A felmérés során nagyfelbontású szkennelést alkalmaztunk, ami 10 méter távolságban 0,5 cm-es névleges ponttávolságot eredményez. A műszer a fényképek alapján minden koordinátaához RGB színeket rendel. A termális kép adatainak kinyerésére jelenleg nincs mód.

A ponthalmazok relatív tájékozását a Leica Cyclon (leica-geosystems.com) próbaverziójával és a CloudCompare 2.10 (cloudcompare.org) ingyenesen elérhető, nyílt forráskódú szoftverével végeztük el.

A Cyclon közvetlenül olvassa a szkennelést által mért adatokat, és a kihelyezett jeltárcsák többségét automatikusan felismerte, valamint meghatározta a jel középpontját. A jeltárcsák azonosítását a rajtuk található azonosító szám leolvasásával a felhasználó végzi el. A tájékozás során a ponthalmazok tájékozási adatai együttes kiegyenlítéssel kerülnek meghatározásra, hasonlóan a fotogrammetriából ismert tömbkiegyenlítéshez.

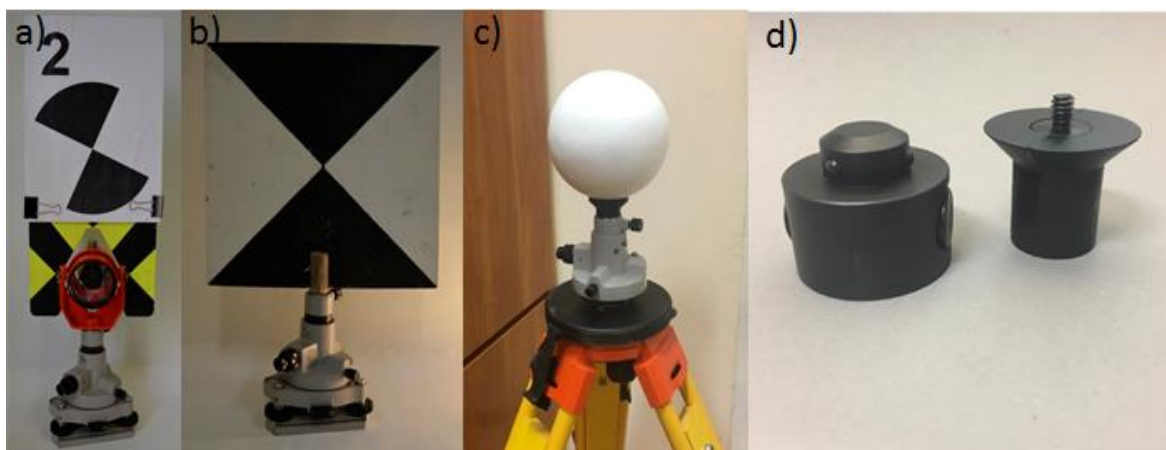
A CloudCompare nem értelmezi a Leica BLK szkennelést által használt zárt fájlformátumot, ezért az ASTM E57 fájlformátumon keresztül konvertálásra van szükség. A jeltárcsák megjelölése csak manuálisan lehetséges amihez egy nagyon szűk funkciókészletet nyújtó felület tartozik. A relatív tájékozás során egy tetszőlegesen választott pontfelhőt fixnek tekintünk, a többi pedig a sorban hozzá kapcsoljuk a közös kapcsolójelek megirányzásával. Ez a módszer a fotogrammetria kettős képkapcsolási módszerére hasonlít. A CloudCompare-rel történő tájékozás időszükséglete a felmérési álláspontok számával közel egyenesen arányos, jelentős részét az adatok előfeldolgozása (konverziók, lehatárolás, közelítő tájékozás, tisztítás) teszi ki. Az operátori munkaigény nagyobb aránya miatt a feldolgozás időszükséglete erősen függ a feldolgozást végző személy rutinjától.

A Cyclon és CloudCompare programokkal tájékozott ponthalmazokat BROLLY *et al.* (2015) módszere szerint, azonos beállításokkal dolgoztuk fel ami két törzstérképet és két faegyed-szintű becslési sorozatot eredményezett. A törzstérképek és becslések eltérései kizárólag a modellek forrásaként szolgáló ponthalmaz tájékozásának módjától, illetve az azzal elért pontosságtól függ.

A teljesség kedvéért megjegyezzük, hogy a ponthalmazok abszolút tájékozása helyett az abból előállított törzstérképet tájékoztuk hozzá egy korábbi felmérésből előállított, EOVS vetületű törzstérképhez. A faegyed szintű paraméterek meghatározásának pontosságát az abszolút tájékozás nem befolyásolja.

Eredmények és következtetések

Az eszközfejlesztések eredményeképp intézetünk jelenleg öt jeltárcsával, tíz 14 cm átmérőjű és két 20 cm átmérőjű gömb alakú kapcsolójellel rendelkezik (2.a-c. ábra). A gömbök regisztráció során történő alkalmazhatóságának tesztelése folyamatban van. A prizmatalpba helyezhető adapter (2.d. ábra) lehetővé teszi, hogy a szkennert és a kapcsolójellek állványon történő cseréje során a két eszköz állótengelye azonos legyen. Ennek hiányában két pontraállítás lenne szükséges, ami nemcsak hibaforrást, de lassabb mérést is jelentene.



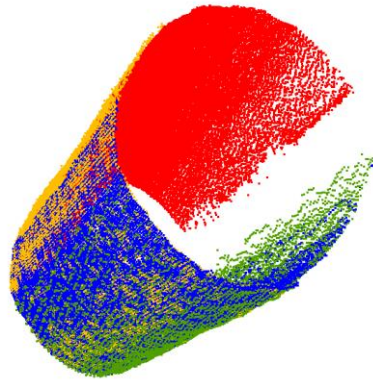
2. ábra. Az intézetben fejlesztett kapcsolójellek (a-c) és adapter a szkennert műszertalpra történő rögzítéséhez (d).

A Cyclonnal és a CloudComparel a relatív tájékozások átlagos belső pontossága rendre $\pm 0,6$ cm és $\pm 0,9$ cm. A három illesztett pontfelhő transzformációs eltolásvektorának átlagos eltérése vízszintesen 0,9 cm, magasságilag -1,1 cm, míg a vízszintes elforgatás átlagos eltérése $1'34''$.

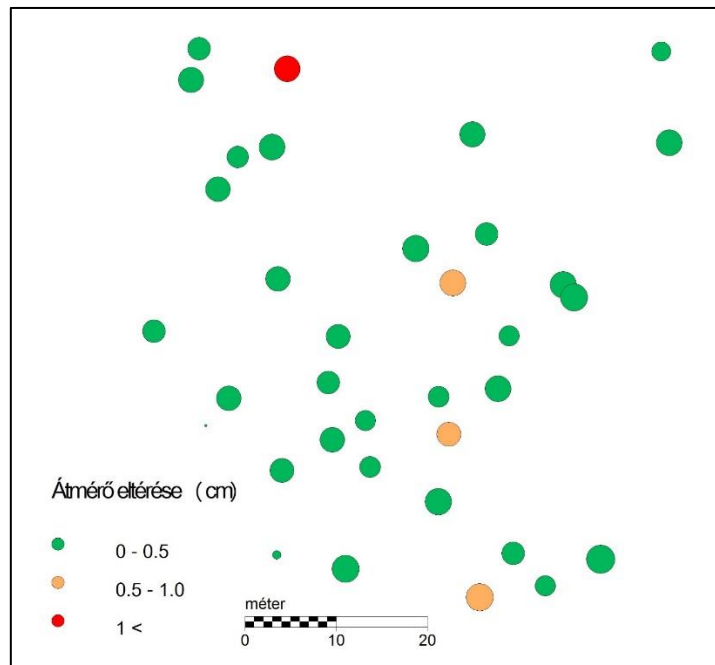
A transzformációs paraméterek eltéréseinek legfőbb oka, hogy a Cyclon objektum szinten értelmezi a kapcsolójelleket, ezért a jeltárcsa intenzitásértékeinek mintázata alapján képes arra, hogy annak közepét a mérések távolságát meghaladó pontossággal jelölje meg. A CloudCompare ezzel szemben csak adat szinten teszi lehetővé az irányzást, ami azt jelenti, hogy a jeltárcsa közepét az ahhoz legközelebbi pontméréssel helyettesíti. Ezzel a közelítéssel 20 méteres távolságig és nagy pontsűrűségű mérési beállítás mellett legfeljebb 5 mm körüli hibára számíthatunk. Az ennél nagyobb hibák oka, hogy a szkennert a tárcsák sötétebb felületéről – különösen 10 méternél nagyobb távolságban – már nem detektál minden pontmérést. A jeltárcsák közepénél előforduló adathiány a CloudCompare esetében akkor is lehetetlenné teszi a középpont megjelölését, ha az a tárcsán látható mintázatból egyébként becsülhető. További hibaforrás, hogy a jeltárcsákat a különböző irányból történő szkennelések miatt forgatni kell, ami néhány milliméteres külpontossági hibát okoz.

A gömb alakú kapcsolójelleknél a középpontot a kapcsolójel alakja határozza meg, így felületén nincs szükség sötét reflektanciájú mintákra, ami a lézer elnyelődését okozhatja, továbbá nincs szükség a jel forgatására sem. Hátránya viszont, hogy a gömbfelület pontos rekonstrukciója – ami a középpont pontos meghatározásának feltétele – viszonylag nagy számú pontmérést tesz szükségessé, ami a kapcsolójel méretének növelését vagy a mérési távolság korlátozását vonja maga után. A szkennert által a gömbfelületről detektálható pontok számát a felületen alkalmazott bevonat reflektív tulajdonságai is befolyásolják. A gömb alakú kapcsolójellek alkalmazásának pontossági mérőszámai azonban csak a folyamatban lévő tesztmérések után állnak rendelkezésünkre.

A faállomány adatok feldolgozása mindkét szoftver használata mellett 35 faegyed detektálását eredményezte. A relatív tájékozás hibája, gyakorlati szempontból nézve, elsősorban az átmérőbecslésben jelentkezik. Az átmérőbecslés az azonosított fákra automatikus úton létrehozott, egyed szintű törzsmo­dellek alapján történt. A relatív tájékozás átmérőbecslésben betöltött szerepének fontosságát a 3. ábra érzékelteti. Könnyen belátható, hogy a tájékozási hibák a törzs palástja mentén elhelyezkedő pontok látszólagos elcsúszását okozza, ami hibás alakú keresztmetszetet és hibás átmérőbecslést okoz. A különböző módon tájékozott ponthalmazok alapján végzett átmérőbecslések eltéréseit a 4. ábra szemlélteti. A 35 faegyedre az átmérőbecslés eltéréseinek átlaga 0,1 mm, a legnagyobb abszolút eltérés 2,2 mm. Az abszolút eltérés 31 faegyed (89%) esetén 0,5 mm-nél kisebb.



3. ábra: Egy fatörzs egy méteres szakasza, amelynek felületén mind a négy álláspontból származó pontmérések láthatók. A pontok színezése az egyes álláspontok szerint történt. A relatív tájékozás pontosságát mutatja, hogy a négy ponthalmaz simán csatlakozik egymáshoz a fatörzs palástja mentén.



4. ábra. A Cyclon és CloudCompare szoftverekkel tájékozott ponthalmazokból levezetett átmérőbecslések eltérései

Az összehasonlítás alapján elmondható, hogy az ingyenes, nyílt forráskódú CloudCompare, és a kereskedelemben kapható, professzionális Cyclon programokkal elvégzett tájékozás a gyakorlat szempontjából teljesen azonos törzstérképhez és átmérőbecsléshez vezetett. Ez annál is inkább figyelemre méltó, mert a transzformációhoz meghatározott eltolásvektorok vízszintes komponense az átmérőbecslések eltérésénél egy nagyságrenddel nagyobb, átlagosan 0,9 cm eltérést mutatott. Hangsúlyozzuk, hogy a közölt összehasonlítás a két különböző módszerrel tájékozott pontthalmaz feldolgozásának eredményeire vonatkozik, és nem terepi referenciamérésekre. A közölt eredmények ezért csak a tájékozás átmérőbecslésre gyakorolt hatásáról tájékoztatnak. Az átmérőbecslés abszolút pontosságának vizsgálata nem célja ennek a tanulmánynak, de LIANG *et al.* (2018) munkájában részletes elemzés olvasható az általunk használt eljárás átmérőbecslési pontosságáról.

Összefoglalás

A tanulmányban részletezett kutatás több álláspontból végzett földi lézershakkenelés sajátos adatgyűjtési és tájékozási feladataira keres költségkhatékony megoldást. Ennek keretében a pontthalmazok tájékozáshoz szükséges kapcsolójelek és egy prizmatalpbba erősíthető adapter került kifejlesztésre. Egy erdei környezetben készített, négy álláspont felmérését tartalmazó pontthalmaz relatív tájékozását végeztük el egy professzionális és egy ingyenesen elérhető szoftverekkel. A pontthalmazokból automatikus úton levezetett törzstérképek az erdészeti gyakorlat szempontjából azonosnak tekinthetők. Az ingyenes szoftver használatával a beruházáson megtakarított költség, a feldolgozás lényegesen magasabb időigénye miatt, élőmunka-költség formájában jelentkezik.

Köszönetnyilvánítás: A kutatás a Pilisi Parkerdő Zrt., valamint az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerepvállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BAUWENS, S. – BARTHOLOMEUS, H. – CALDERS, K. – LEJEUNE, P. (2016): Forest Inventory with Terrestrial LiDAR: A Comparison of Static and Hand-Held Mobile Laser Scanning. *Forests*. 7. 127; doi:10.3390/f7060127
- BROLLY G. – KIRÁLY G. – CZIMBER K. (2015): Fejlesztések egyesfák dendrometriai jellemzőinek automatizált meghatározására földi lézershakkenner adatokból. V. Kari Tudományos Konferencia. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron. 67-72
- BROLLY G. – KIRÁLY G. (2017): Lézershakkenneres faállomány-becslési eredmények összehasonlítása a felmérési mód és az állományjellemezők alapján. VI. Kari konferencia. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron. 128-132
- LIANG, X. – HYYPPÄ, J. – KAARTINEN, H. – LEHTOMÄKI, M. (további 27 szerző) (2018): International benchmarking of terrestrial laser scanning approaches for forest inventories. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 144, 137-179

NELDER-KÍSÉRLET MAGYARORSZÁGON

HORVÁTH TAMÁS – GÁL JÁNOS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdővagyon-gazdálkodási és Vidékfejlesztési Intézet

horvath.tamas@uni-sopron.hu

gal.janos@uni-sopron.hu

Az ültetési hálózati kísérletek egyik speciális elrendezése a Nelder-kerék. A hazai erdészeti kutatás egészen a közelmúltig a négyszög, illetve a háromszög kötésű szabályos ültetési hálózatoktól eltérő kísérleti parcellát nem alkalmazott. Az első magyarországi Nelder-kísérlet beállítására az AUDI Hungaria Motor Kft., a Technische Universität München és a Nyugat-Magyarországi Egyetem együttműködésében 2009-ben került sor. Ezen új, hazánkban egyedülálló kísérlet az elmúlt időszakban a gyakorlat számára is hasznos eredmények és tapasztalatok megszerzésére nyújtott lehetőséget.

A hálózati kísérletek

A magyarországi erdészeti kutatások egyik fontos eredménye az 1960-as évek elején elkezdett ültetési hálózati kísérletek – hosszúlejáratú kísérletek – amelyeket az Erdészeti Tudományos Intézet gondozott országszerte, több fafajra vonatkozóan, Solymos Rezső vezetése mellett. Ezen kísérletek fő célja, hogy kiderítsük a kezdeti ültetési hálózat valamint az erdőnevelések hatását a fatermesre mind mennyiségi, mind pedig minőségi vonatkozásban.

A hálózati kísérletek esetében különböző egyedszámmal, elsősorban háromszög- illetve négyszög kötésben kialakított mintaterületekről beszélünk, amelyek a lehetséges ültetési hálózatok széles tartományát fogják át. Az ilyen, hagyományosnak tekinthető ültetési hálózati kísérletek nagy előnye, hogy viszonylag nagyobb egyedszámmal vizsgálható az adott kísérleti elrendezés, hálózat. Ilyen formában a kísérlet tervezett időtartama alatt stabilabb szerkezet várható, az egyes területeken a kismértékű mortalitás sem eredményezi a kísérlet eredménytelenségét. Hátrányként említhető, hogy az egyes ültetési paraméterek megváltoztatása újabb és újabb mintaterületek kialakítását teszi szükségessé, azaz az ismétlésekkel beállított, néhány változat is nagyobb területet vesz igénybe.

A Nelder-féle kísérleti elrendezés

Az ültetési hálózati kísérletek tervezésénél NELDER (1962) újszerű kialakítást javasolt. Az újszerű kísérleti elrendezésben az egyes egyedek ültetési helyét koncentrikus körívek és a hozzájuk tartozó sugár irányú küllők keresztmetszete adja meg.

Az azonos középponttal rendelkező körsugarak a belső körtől a külsőig haladva fokozatosan, egyre nagyobb mértékben növekszik. Szintén változtatható paraméter a körsugáron felül az egyes sugár irányú küllők száma. A körök sugarának változása és a küllők számának változásával rugalmasan alakítható az ültetési hálózat. A kísérlet tervezésekor így szükséges megadni a legkisebb és legnagyobb hektáronkénti egyedszámot (növényteret), amelyek átszámíthatók a sugárváltozás és küllőszám paraméterekre.

A kísérleti elrendezés sajátja, hogy viszonylag nagy ültetési hálózat-tartomány átfogása mellett jóval kisebb a területigény, mint a hagyományos elrendezésekben. Hátrányként jelentkezik viszont az egyes ültetési hálózati mintákban jelentkező egyedszám – mintaelem-szám. Az alacsony egyedszám a kísérleti növények kismértékű mortalitása esetén is a kísérlet eredménytelenségét okozza.

A hazai kísérleti területek és a csatlakozó nemzetközi hálózat

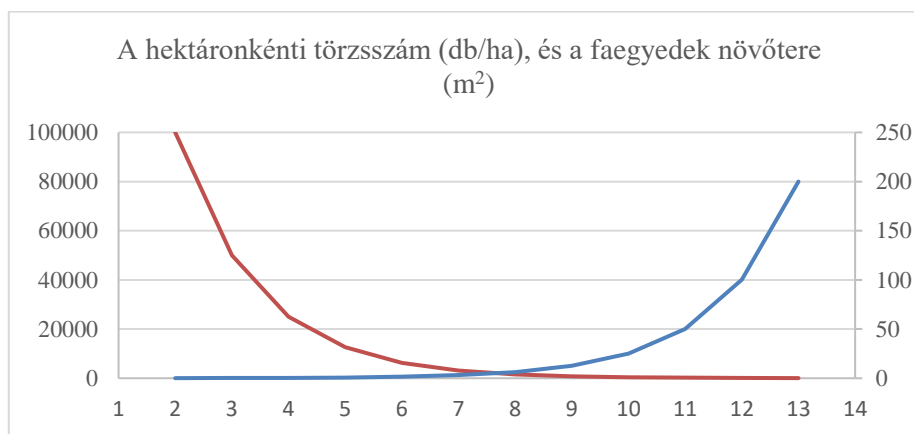
Az AUDI Motor Hungaria Kft., a Technische Universität München (TUM), a Nyugat-magyarországi Egyetem és a Kisalföldi Erdőgazdaság Zrt. 2009-ben és 2011-ben kötött kutatási szerződése alapján kialakításra került az első két magyarországi Nelder kísérleti terület. A

Győr I. illetve a Győr II. mintaterületek igazodnak ahhoz a TUM által felügyelt kísérleti hálózathoz, amelynek területei Németországban (Ingolstadt, Neckarsulm), Olaszországban (Sant' Agata Bolognese) és Mexikóban (Puebla) található, és amelyek elsődleges célja az egyes egyedek növekedés és légköri szén megkötés közötti összefüggés vizsgálata.

2009-ben Győrladamér községhatárban került kialakításra az első két Nelder-kör kocsányos tölgy fafajjal, majd 2011-ben Tarjánpuszta mellett azonos paraméterekkel (1. táblázat) tervezett második mintaterület kocsánytalan tölgy fafajjal. A hektáronkénti egyedszám és növőter az 1. ábra szerint alakul.

1. táblázat: A kísérleti területek ültetési paramétereit

	r (m)	A (m ²)	N(db/ha)
0	0,64		
1	0,9	0,1	10000
2	1,28	0,2	50108
3	1,8	0,4	25108
4	2,55	0,79	12581
5	3,6	1,59	6304
6	5,09	3,17	3159
7	7,19	6,32	1583
8	10,15	12,61	793
9	14,34	25,16	397
10	20,26	50,22	199
11	28,62	10,22	100
12	40,43	200	50
13	57,11		



2. ábra: a hektáronkénti törzsszám és a faegyedek növőterének alakulása az egyes köríveken (Forrás: LADOS – VERS 2018)

Az egyes területeken a faegyedek pozíciójának kijelölése RTK GPS mérések alapján kijelölt tájékozódási pontok és mérőállomás segítségével történt. Kialakításra került az a szempontrendszer, amely alapján a rendszeres adatfelvételek történtek. A felvételezésre került paraméterek a következők:

- Törzskeresztmetszeti méretek: tőátmérő (és mellmagassági átmérő, ha van)
- Törzshossz méretek
- Korona méretek

- Növekedési jellemzők: tőátmérő és mellmagassági átmérő növekedése (ha van), hajtáshossz
- Egyéb (rágáskár, excentricitás, stb.)

Szintén feljegyzésre kerülnek azok a pótlások, amelyek a kísérleti sor első néhány évében történtek (5 év), a mintaterületek közelében azonos szaporítóanyaggal telepített egykorú védőzónából. Az egyes törzsek törzsvédelmét egyedi védőeszközök biztosítják (műanyag háló, illetve cső). Az aszályos időszakokban a csemeték öntözésével előzhető meg az aszálykár.

Az első tapasztalatok

A Györladamér község határban kialakított terület harmadik felvételezése 2018-ban történt meg (2. ábra). A két mintakörben jól megfigyelhető az egyedek jelentős differenciálódása, amely elsősorban az egyes küllőkön a tőátmérő, mellmagassági átmérő és fmagasság tekintetében ad jelentős különbséget. Több egyed esetében látható korábbi rágáskár. Az egyedi törzsvédelem mindenhol elhagyásra került. A korábban elvégzett pótlások jegyzőkönyvbe kerültek rögzítésre.



3. ábra: A györladaméri kísérleti terület északi körének erősen differenciálódott belső körívei (Fénykép: Horváth Tamás)

A 2011-ben elvégzett első telepítés a tarjánpusztai mintaterületen sikertelen volt, amelynek oka részben termőhelyi, részben az első vegetációs időszak csapadékhiánya volt. Ezt követően a terület ismételt ültetés történt 2013-ban, ahol a törzsekre műanyag csöves egyedi törzsvédelem került. A 2018. évi felvételezése a második ültetésnek azt mutatja, hogy a fő körökben lévő csemeték 50%-a elszáradt. A törzsvédő csövek jelentős részében volt ekkor található darázsfészkek, amely adott esetben jelentősen akadályozhatta a cső belső lehülését, amely hozzájárulhatott a csemeték kiszáradásához (3. ábra). A terület újratelepítéséről szóló döntés és az alkalmazandó szaporítóanyag megválasztása folyamatban van.

A kísérleti területek jelene és jövője

A magyarországi területek első felvételeinek kiértékelésére 3 tudományos diákköri pályamunka keretében került sor (BALI *et. al.* 2011, FEKETE – HORVÁTH 2016, VERS – LADOS 2018), amely elsősorban a magassági méretek és a törzskeresztmetszeti méretek változását mutatják be.

A györladaméri kísérleti területen 2016-ban kiemelésre került egyedek felszín alatti és felszín feletti növényi részeinek vizsgálatából 2017-ben született publikáció (DAHLHAUSEN

et. al. 2017). Mindezek mellett számos idegen nyelvű előadásban került bemutatásra a kísérleti hálózat első éveinek tapasztalatai, jelene és a jövőben elvégzendő feladatok. Célszerűnek látszik átgondolni az adatfelvételi metódus átdolgozása annak érdekében, hogy a jelentősen differenciálódott állományban is elvégezhető legyen.

Bízunk abban, hogy a kísérleti területek a szénmegkötési adatokon túl értékes információt szolgáltatnak az adott fafaj egyedei növekedésének modellezéséhez valamint az optimális ültetési egyedszám és hálózat meghatározásához.



4. ábra: A tarjánpusztai kísérleti terület egyedi törzsvédelemmel ellátott egyedei
(Fénykép: Horváth T.)

Irodalomjegyzék

- BALI L. – FÓDI B. – PESZLEN R. J. – TRÉFA M. (2011): A Nelder-kísérlet első eredményei Magyarországon. NYME EMK, TDK dolgozat.
- DAHLHAUSEN, J. – UHL, E. – HEYM, M. – BIBER, P. – VENTURA, M. – PANZACCHI, P. – TONON, G. – HORVÁTH, T. – PRETZSCH, H. (2017): Stand density sensitive biomass functions for young oak trees at four different European sites. *Trees* 31(6): 1811–1826.
- FEKETE Á. – HORVÁTH J. (2014): Növedékvizsgálatok a magyarországi Nelder-kísérletben – második felvétel. NYME EMK, TDK dolgozat.
- LADOS B. – VERS B. (2018): Növedékvizsgálatok a magyarországi Nelder-kísérletben -harmadik felvétel. SE EMK, TDK dolgozat.
- NELDER, J.A. (1962): New kinds of systematic designs for spacing experiments. *Biometrics* 18(3): 283–307.

MULTIDISZCIPLINÁRIS ADATBÁZIS ÉS OKTATÁSI SEGÉDANYAG FEJLESZTÉS KOMPLEX ERDÉSZETI KLÍMAHATÁS ELEMZÉSEK VÉGZÉSÉHEZ

GÁLOS BORBÁLA¹ – CSÁKI PÉTER² – GRIBOVSZKI ZOLTÁN² – KALICZ PÉTER² –
ZAGYVAI GERGELY³ – TIBORCZ VIKTOR³ – BARTHA DÉNES³ – HOFMANN TAMÁS⁴ –

VISI RAJCZI ESZTER⁴ – BALÁZS PÁL¹ – BIDLÓ ANDRÁS¹ – HORVÁTH ADRIENN¹

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

²Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

³Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Növénytani Intézet

⁴Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

galos.borbala@uni-sopron.hu

Bevezetés

A „CLIMITED” elnevezésű honlap létrehozásával a célunk, hogy szintetizáljuk a klimatikus-, hidrológiai- és talajviszonyok, valamint a potenciális természetes erdőtársulások múltban megfigyelt és jövőben várható változásával kapcsolatos információt, amit az Erdőmérnöki Karon a hallgatók az egyes szaktárgyak keretében tanulnak. Az erdészeti táj léptékben kidolgozott elemzések összefoglalást adnak a jelenlegi termőhelyi viszonyokról és az éghajlatváltozás becsült hatásairól (pl. a hőmérséklet és csapadék átlagértékek, hőhullámok és aszályok gyakorisága, talajok víztartó képessége, aktuális evapotranspiráció és lefolyás, fafaj összetétel), valamint összehasonlító elemzéseket tesznek lehetővé az egyes erdészeti tájak között. A menüpontok ismeretanyagának bővítéséhez a hallgatóink is hozzájárulnak adatalemzéssel és fényképek készítésével, így a tanulmányutak állomásaira lehetővé válik a termőhelyi viszonyok összehasonlítása, valamint a klímaváltozással szembeni sérülékenység értékelése. A folyamatosan frissülő honlap az aktuális kutatási eredmények (pl. MÁTYÁS 2017; Agrárklíma.2 VKSZ 12-1-2013-0034, és más hazai, nemzetközi projektek) oktatásba integrálását is biztosítja.

Az erdészeti táj léptékű információt első lépésként a Göcseji-dombvidék, Keszthelyi-dolomitvonulat, Vértes, Mátra és a Duna-Tisza közti hátság mintaterületekre állítottuk elő. A cikk a Göcseji-dombvidék példáján mutatja be az információ jellegét, felépítését.

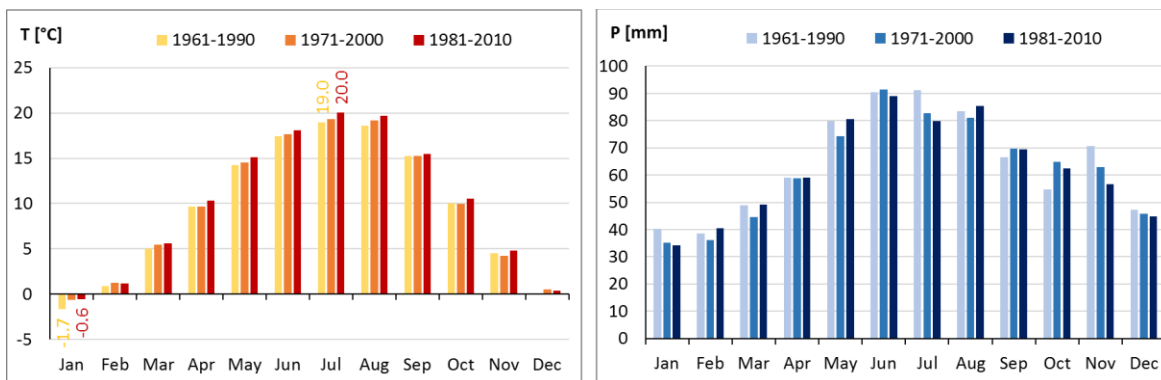
Klíma

Adat és módszer

Meteorológiai mérések idősorai alapján az egyes erdészeti tájakra meghatároztuk a csapadékösszegekben, hőmérsékletátlagokban valamint a szélsőséges időjárási események gyakoriságában megfigyelt változásokat 30 éves átlagidőszakra (GÁLOS – FÜHRER 2018). Kiemelt figyelmet fordítottunk az erdei fafajok elterjedése, növekedése, produkciója szempontjából meghatározó időjárási körülményekre, extrém eseményekre, ezek gyakoriságára, szélsőségességére. Az erdészeti klímakategóriákat az erdészeti szárazsági mutató (FAI; FÜHRER 2010) alapján definiáltuk. Regionális klímaszcenáriók eredménye alapján becslést adtunk a század végéig várható változásokra.

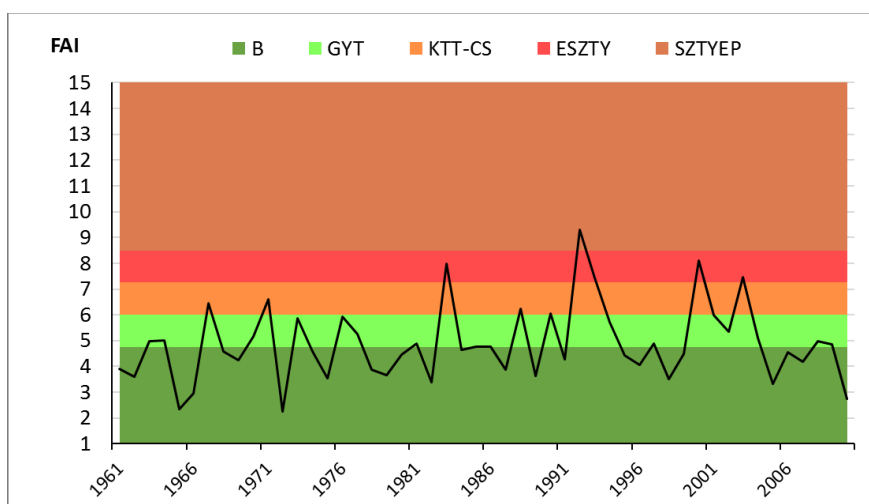
Eredmények a Göcseji-dombvidék mintaterületre

Az 1961-1990-es periódushoz képest 1981-2010-re az éves átlaghőmérséklet 0,6 °C-kal emelkedett (*1. ábra*). A leghidegebb hónap átlaghőmérséklete 1,1 °C-kal, legmelegebb hónap átlaghőmérséklete 1,0 °C-kal lett magasabb. Az 1971-2000-es és az 1981-2010-es időszak éves szinten szárazabb volt, mint az 1961-1990-es. Az augusztus, valamint az október csapadékosabbá vált, a július és a november – január időszak csapadékösszege csökkent.

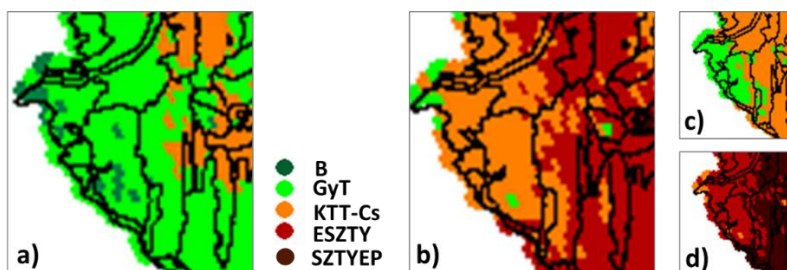


1. ábra. Havi átlaghőmérsékletek (bal oldali ábrarész) és csapadékösszegek (jobb oldali ábrarész) 30 éves átlagai.

Az 1961-1990-es és az 1971-2000-es időszakok makroklimája bükkös, a periódusok fele bükkös klímájú év volt. A melegedő-szárazodó tendencia hatására a 1981-2010-re gyertyános-tölgyes makroklima lett jellemző átlagosan, ugyanakkor ebben az időszakban a hűvösebb évek FAI értéke a bükkös klímakategóriára, míg a szélsőségesen aszályos évek FAI értéke erdősztyep ill. sztyep klímára utal (2. ábra).



2. ábra. Az erdészeti szárazsági mutató (FAI) időszora az 1961-2010-es időszakra.



3. ábra. a) A FAI értékekkel jellemzett erdészeti klímakategóriák területe 1981-2010-ben, és b) várható előfordulásuk a 2041-2070-es időperiódusban, az A1B kibocsátási forgatókönyv feltételezésével, 12 modellszimuláció átlagos becslése szerint, c)-d): a valószínű változás tartománya (a modelleredmények 66 %-át magában foglaló tartomány).

A 2041-2070-es időszakra az átlagos, de még az optimistább becslések alapján is eltűnik a bükkösök számára alkalmas makroklima DNY-Magyarországról (3. ábra). Míg az átlagos becslések szerint a Göcseji-dombvidék teljes területe kocsánytalan tölgyes-cseres klímájúvá válhat, az optimistább becslések gyertyános-tölgyes klímát jeleznek. A pesszimista becslések alapján viszont már zárt erdő sem fordulhat elő a dombvidéken.

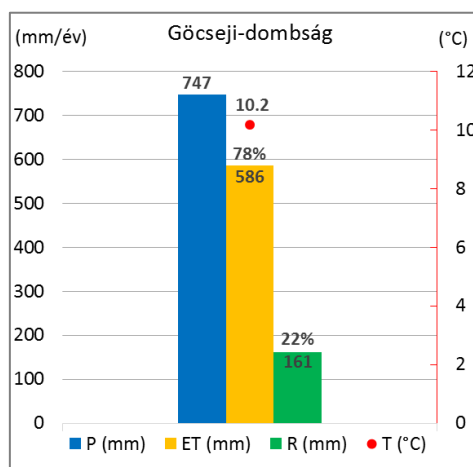
Hidrológia

Adat és módszer

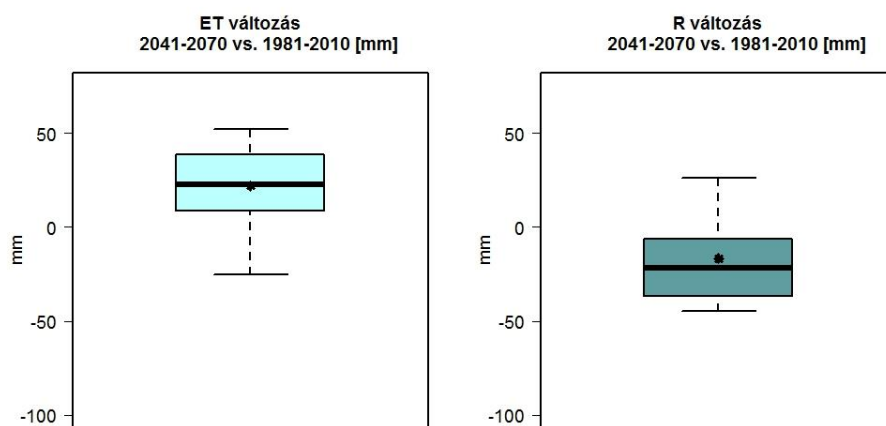
Országos és erdészeti táj léptékben meghatároztuk és a 21. századra előrevetítettük a párolgást és lefolyást. Ehhez egy éghajlat-lefolyás modellt használtunk (CSÁKI *et al.* 2018), amellyel a párolgás és a lefolyás becslhető térben osztott módon.

Eredmények a Göcseji-dombvidék mintaterületre

Az 1981-2010-es időszakban a Göcseji-dombságon az átlagos éves csapadékösszeg 747 mm/év, a párolgás 586 mm/év (4. ábra). A csapadék százalékában a párolgás 78%, és a legmagasabb a lefolyás 22%.



4. ábra. Csapadék (P; mm/év), párolgás (ET; mm/év, P%), lefolyás (R; mm/év, P%) és átlagos hőmérséklet (°C) az 1981-2010-es időszakban.



5. ábra: A párolgás (ET) és a lefolyás (R) változása a 2041-2070-es időszakra, a referencia időszakhoz (1981-2010) viszonyítva

A 12 regionális klímamodellel becsült előrevetítések alapján, a 2041-2070-es időszakra átlagosan 4%-kal nőhet meg az éves átlagos párolgás, a referencia időszakhoz (1981-2010)

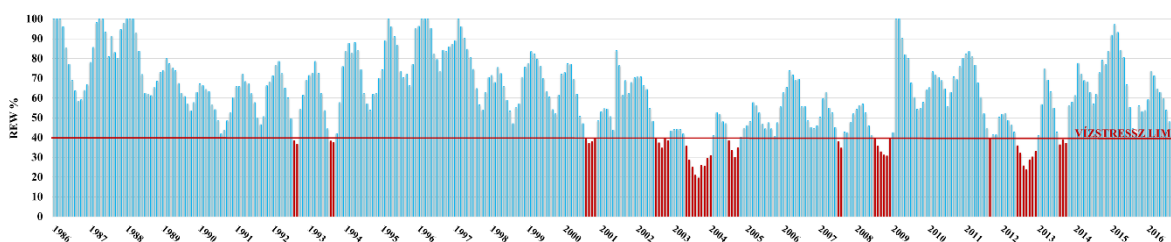
viszonyítva (5. ábra). Ez azonban a lefolyás esetén már átlagosan 10%-os csökkenést jelenthet. Az előrejelzések közepső 50%-a alapján lefolyás csökkenés prognosztizálható.

Talaj

Adat és módszer: Az egyes talajok eltérő mértékben képesek a lehulló csapadékból származó vizet tárolni. Ez nagyban befolyásolja a növényzet számára rendelkezésre álló vizet. A szárazság stressz kimutatására a Thornthwaite-féle vízmérleg modellt (THORNTHWAITE - MATHER 1955) alkalmaztuk, amely a havi hőmérséklet és csapadék adatokon kívül, a talaj fizikai féleségét, a gyökérmélységet, az elérhető vízmennyiségét (EW) és a talajból felvehető maximális vízmennyiséget (EW_m) veszi számításba. Vizsgáltuk, hogy a különböző termőhelyeken mekkora mennyiségű vizet tárolnak a talajok és ebből mennyi áll a növényzet rendelkezésére.

Eredmények a Göcseji-dombvidék mintaterületre

Göcsej területén a legjellemzőbb talajtípus az agyagbemosódásos barna erdőtalaj (Luvisols - WRB 2014). A módosított Thornthwaite típusú havi modell a területen található ABE talaj (hely: Boncodföldre) esetén azt mutatja (6. ábra), hogy az aszályos időszakok vízstresszt okoztak ezeken a talajokon (BIDLÓ *et al.* 2017).



6. ábra. Vízartó képesség – Agyagbemosódásos barna erdőtalaj

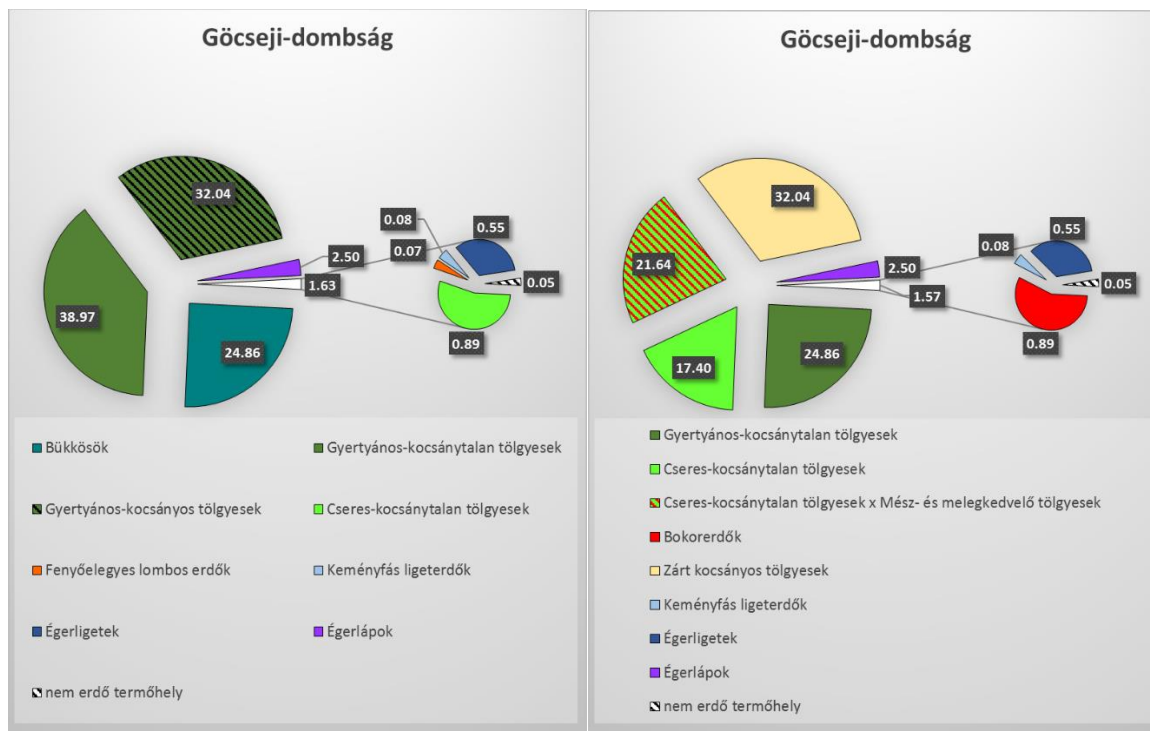
Potenciális vegetáció

Adat és módszer

Erdészeti tájanként potenciális természetes erdőtársulás (PTE; BARTHA 2005) kategóriákat rendelünk minden üzemtervezett erdőrészlethez. Tájanként megbecsüljük az egyes PTE kategóriák várható érzékenységét, a klímaváltozás hatására várható változási folyamatokat (ZAGYVAI *et al.* 2018). Az aktuális és jövőbeli klímaadatok alapján készített PTE térképeket összevetjük a jelenlegi faállomány-típusok térképeivel és javaslatokat fogalmazunk meg az adott tájban folytatandó jövőbeli fajaj politikára vonatkozóan, figyelembe véve az erdészeti és természetvédelmi szempontokat is.

Eredmények a Göcseji-dombvidék mintaterületre

Az erdészeti táj területének három meghatározó potenciális erdőtársulása a gyertyános-kocsánytalan tölgyes (38,97%), a gyertyános-kocsányos tölgyes (32,04%) és a bükkös (24,86%). A jelenlegi potenciális bükkösök helyére gyertyános-kocsánytalan tölgyesekhez hasonló vegetáció prognosztizálható. A jelenlegi gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyek részben cseres-kocsánytalan tölgyes termőhelyekké (17,4%), részben még szárazabb, a mész- és melegkedvelő tölgyesek irányába mutató termőhelyekké (21,64%) alakulhatnak (7. ábra). Az aktuális gyertyános-kocsányos tölgyes termőhelyek jövőbeli potenciális erdőtársulásai nehezen becsülhetők, valószínűsíthetően zárt kocsányos tölgyes társulások feleltethetők meg legjobban az újonnan kialakuló termőhelyi feltételeknek.



7. ábra. A potenciális természetes erdőtársulások (PTE) területének megoszlása (%) a Göcseji-dombságban, az üzemtervezett erdőállományokra vonatkozóan, az Országos Erdőállomány Adattár 2013-as állapota szerint (bal oldali ábrarész), valamint becsült megoszlása (%) a klímáparaméterek előrevetített (2041–2070) változása alapján (jobb oldali ábrarész).

Kémia

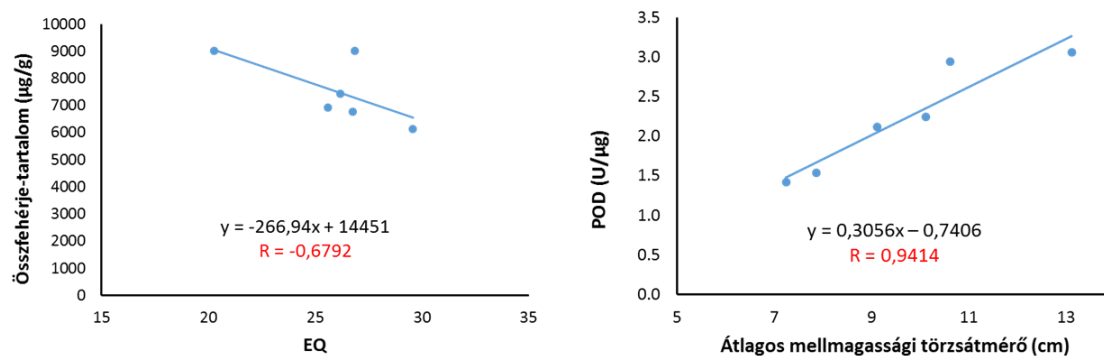
Adat és módszer

Kiválasztott erdei fafajok esetében a kémiai paraméterek (enzimaktivitás, antioxidáns kapacitás) és a növekedési paraméterek összevetésével történt a változó klimatikus környezethez potenciálisan adaptálódni képes egyedek kijelölése (HOFMANN et al. 2017), melyek jövőbeli erdősítésre alkalmasak lehetnek az adott termőterületen.

Eredmények a Göcseji-dombvidék mintaterületre

Az összfehérje-tartalom és a POD enzim aktivitása közvetlen kapcsolatban áll a vizsgált származások klimatikus indexével (Ellenberg-index), illetve a „teljesítményével” (átlagos mellmagassági törzsátmérő), ezért a klimatikus adaptáció indikátorainak tekinthetők (8. ábra). Közvetlen kapcsolat fedezhető fel az egyes polifenolos vegyületek koncentrációja és a bükk származások növekedési paraméterei között (VISI RAJCSI et al. 2018).

Az eredmények alapul szolgálhatnak az erdőtársulások jövőbeli összetételének előrejelzéséhez és a megfelelő szaporító anyag kiválasztásához bükk erdősítésekhez Magyarországon.



8. ábra. Az enzimes antioxidáns tulajdonságok és a származási hely növekedési és klimatikus indexe közötti kapcsolatok.

Az eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

A létrehozott, multidiszciplináris ismereteket tartalmazó honlap elősegíti, hogy a hallgatók rendszerszemlélettel közelítsék meg az éghajlat változékonyságának, változásának természetes ökoszisztémákra gyakorolt hatását, jártasságot szerezzenek a komplex környezeti problémák ok-okozati összefüggéseinek feltárásában, valamint elsajátítsák az adaptációs stratégia alkotáshoz, fafaj politikai döntéshozáshoz, klímakockázat értékeléshez szükséges ismereteket.

Az oldalt elsősorban oktatási segédanyagként hoztuk létre az Erdőmérnöki Kar hallgatói számára, de az itt fellelhető információ, valamint a klímamodell eredmények hatásvizsgálatokban való felhasználását segítő útmutató az erdészeti klímahatás kutatás és gyakorlat számára is jól hasznosítható.

Köszönetnyilvánítás: A kutatás a Felsőoktatási Struktúraátalakítási Alap (FSA) és az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 Agrárerdészet projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BARTHA D. (2005): Tájállapotok és vegetációállapotok, mint az erdőtermészetességi vizsgálatok viszonyítási alapjai. Tájökológiai Lapok 3(2): 253–274.
- BIDLÓ A. – HORVÁTH A. – GÁLOS B. (2017): Observed changes of site conditions driven by climatic extremes. IUFRO 125th Anniversary Congress, 18-22 Sept 2017, Freiburg, Germany, IUFRO Abstracts IUFRO17-3828
- CSÁKI P. – SZINETÁR M. – HERCEG A. – KALICZ P. – GRIBOVSZKI Z. (2018): Climate change impacts on the water balance - case studies in Hungarian watersheds. Időjárás / Quaterly Journal of the Hungarian Meteorological Service 122(1): 81-99.
- FÜHRER E. (2010): A fák növekedése és a klíma. "Klíma-21" Füzetek 61: 98–107.
- GÁLOS B. – FÜHRER E. (2018): A klíma erdészeti célú előrejelzése. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 43-55. DOI: 10.17164/EK.2018.003
- HOFMANN T. – TÁLOS-NEBEHAJ E. – ALBERT L. (2017): Leaf polyphenols as indicators of climatic adaptation of Beech (*Fagus sylvatica* L.) - an HPLC-MS/MS via MRM approach. International Labmate, 42(3): 12–14.
- MÁTYÁS CS. (2017): A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai — I.) Erdészeti Lapok 152(4): 102-106.
- THORNTHWAITE, C.W. – MATHER, J.R. (1955): The water budget and its use in irrigation. In Water, The Yearbook of Agriculture. US Department of Agriculture: Washington DC, 346–358.
- VISI RAJCSI E. – HOFMANN T. – ALBERT L. – MÁTYÁS CS. (2018): Az antioxidáns rendszer, mint a bükk (*Fagus sylvatica* L.) klimatikus alkalmazkodóképességének lehetséges indikátora. Erdészettudományi Közlemények 8(2): 25-35. DOI: 10.17164/EK.2018.019

ZAGYVAI G. – HORVÁTH A. – CSÁKI P. – GRIBOVSZKI Z. – KALICZ P. – HERCEG A. – TIBORCZ V. – BARTHA D. – HOFMANN T. – VISI RAJCSI E. – BALÁZS P. – BIDLÓ A. – GÁLOS B. (2018): Estimating changes of potential natural forest community composition using multidisciplinary approach in Hungary. Geophysical Research Abstracts Vol. 20, EGU2018-6828-2.

A VÍZELLÁTOTTSÁG ÉS A TÁPANYAG-UTÁNPÓTLÁS HATÁSA EGY MIDI ROTÁCIÓS NEMESNYÁRÜLTETVÉNY NÖVEKEDÉSÉRE

HEILIG DÁVID – HEIL BÁLINT – KOVÁCS GÁBOR

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet
Heilig.David@phd.uni-sopron.hu

Bevezetés

A 21. század elejére egyre inkább globális problémává vált az energiafogyasztás kielégítése. Napjainkban már belátható, hogy a fosszilis energiahordozók nem képesek a jövőben ellátni az emberiség igényeit. Tehát szükségessé válik olyan megújuló energiaforrások bevonása az elektromos áram előállításba, illetve melegvíz- és hőszolgáltatásba, melyek széleskörűen alkalmazva kiválthatják a szén, kőolaj és földgáz alapú termelést. A fosszilis energiahordozókkal szemben a faanyag CO₂ mérlege semleges, nagyobb arányú felhasználásával a klímaváltozás sebessége is lassítható.

Az eredményes gazdálkodás alapja a tervezhetőség, amihez növedékbecslésre van szükség. A dejtári kísérleti ültetvényen a 2011-es létesítése óta folyamatos dendromassa mérés történik. Az ilyen típusú ültetvényeken telepíthető fafajok gyors növekedésűek, 5-7 éves vágásfordulóval (un. midi rotációs ültetvény) akár ipari felhasználásra alkalmas választék termelhető.

Ebben a munkában egy nemesnyár faültetvényben végzett vizsgálatainkon keresztül kívánjuk bemutatni, hogy milyen hatás mutatkozik a növedékben a talaj vízgazdálkodása és tápanyagellátottsága, illetve a tápanyagutánpótlás függvényében. Ehhez a 2016-os vegetációs időszakot vettük alapul, ahol rendelkezünk csapadék és talajvíz-adatsorral, továbbá a mért talajfizikai paraméterekből számított diszponibilis vízmennyiségi adatokkal.

Az ültetvénytelepítést megelőzően tápanyagutánpótlás történt, ennek hatásait is vizsgálatuk a növedékben.

Vizsgálati anyag és módszer

Vizsgálatainkat az Ipolyerdő Zrt. Kelet-Cserhádi Erdészetének dejtári külső csemetekertjében létesített kísérleti ültetvényen végeztük, amely 2011-ben létesült mintegy egy 5 hektáron (1. ábra). A latin négyzet elrendezésű területen a különböző parcellák eltérő fajtákkal ('AF2', 'Monviso', 'Pannonia') és eltérő minőségű szaporítóanyaggal (normál dugvány, karó dugvány) telepítették. Jelen vizsgálat tárgyát kizárólag a 12 darab karódugvánnyal telepített 'AF2' nemesnyárok képezik, melyek közül két parcella nem értékelhető. A felvett parcellák sorszámai a következők: 3, 8, 15, 20, 24, 29, 33, 38, 41, 52.

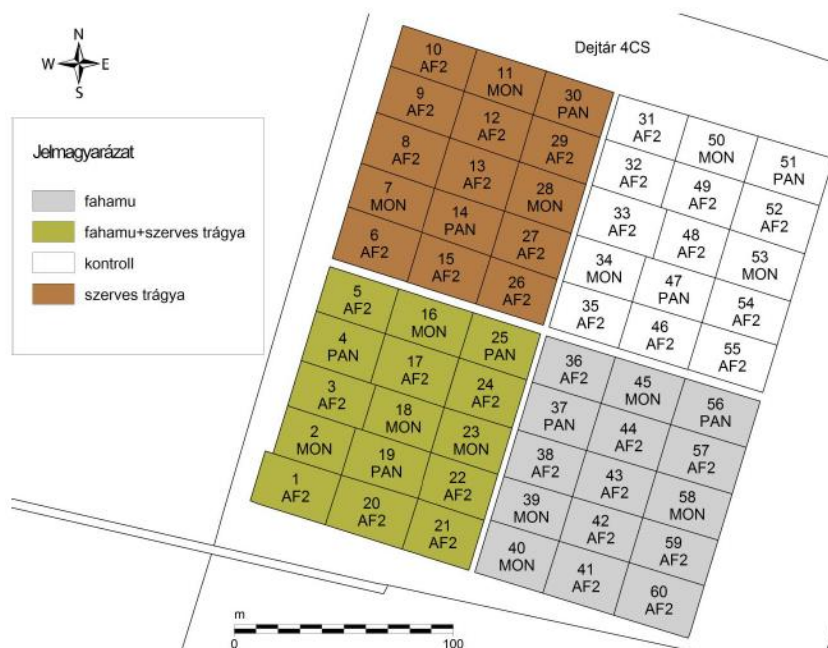
A kísérleti ültetvényen létesítése óta évente dendromassa mérés történik. Az ilyen típusú ültetvényeken telepíthető fafajok gyors növekedésűek, akár 5-7 éves vágásfordulóval (un. midirotaációs ültetvény) ipari felhasználásra alkalmas választék termelhető (BARKÓCZY – IVELICS 2008).

A karódugványos parcellák 3×1 m²-es hálózatban kerültek ültetésre, ami 3330 hektáronkénti tőszámot jelent. Egy parcella 12 sorból áll. Növőtér-bővítés céljából 2012 őszén az 5-8. sorszámú sorokat 3 × 2 m²-re bővítették, aminek során minden második fát kivágtak a

sorokban. Ugyanilyen erélyű szabályozást hajtottak végre 2013-ban a 9-12. sorokon is (HEILIG 2018).

A hazai termőhelyi viszonyok között általában a növekedést leginkább limitáló faktor a víz, majd ezt követi a talaj tápanyagellátottsága (KOVÁCS *et al.* 2010). Vizsgálatainkon keresztül kívánjuk bemutatni, hogy milyen hatás mutatkozik a növedékben a talaj vízgazdálkodása és tápanyagellátottsága, illetve a tápanyagutánpótlás függvényében.

Az 1. ábrának megfelelően a parcellákon fahamu (5 t/ha) vagy szerves trágya (40 t/ha), illetve a kettő együttes kijuttatása képzett egy-egy kezelést. SZABÓ (2016) vizsgálta a tápanyagutánpótlás hatásait a korai éveken, mi jelenleg ezen vizsgálatok folytatását mutatjuk be.



1. ábra: A dejtári kísérleti ültetvény elrendezése (forrás: SZENTE 2016)

A vizsgálati terület az Ipoly-medence erdészeti tájrészletben fekszik. A táj egészét mérsékelt hűvös- mérsékelt száraz klíma uralja. Az évi középhőmérséklet 9,6 °C, a tenyészidőszaki 16,3 °C. Az átlagos csapadékösszeg 567 mm, míg a vegetációs időszakban 338 mm hullik. Az évi csapadék- és hőmérsékletjárás alapján a klíma egyfajta átmenet az erdősztyepp és a zárt tölgyes klíma között (HALÁSZ 2006).

Meteorológiai adatokkal a 2016-os vegetációs időszakra rendelkezünk. A mérések 2016 március 9-én kezdődtek és október 10-én fejeződtek be. A vizsgált időszak alatt napi csapadékösszeg és napi középhőmérséklet adatokat rögzítettünk. A mért adatok alapján a vegetációsidőszaki csapadékösszeg 369 mm volt, a középhőmérséklet 16,2 °C.

A 33-as parcellában (EOVX = 298 986, EOVS = 661 678) 3 m-es mélységig 20 cm-ként Vér-féle hengerrel bolygatatlan talajmintát vettünk. Továbbá egy 4 m mély talajvízkutat létesítettünk, amibe DA-S-LRB-122 típusú nyomássondata telepítettünk. A szonda félóránként rögzítette a talajvíz állását mm-es pontossággal. Ezeket naponta átlagolva számítottuk a napi átlagos talajvízszintet.

A korábbi termőhelyfeltárások időszakos vízhatást mutattak, a nyomássondata adataiból számított átlagos áprilisi talajvízszint (2,42 m) többletvízhatástól független hidrológiára utal az adott évben.

A fűrt szelvény alapján történő helyszíni termőhelyfeltárás szerint a talaj típusa rozsdabarna erdőtalaj, homok fizikai féleséggel és közepes mélységű termőréteggel. A gyűjtött talajminták mechanikai összetételét, illetve térfogattömeget meghatároztuk. A Hydrus 1-D modellprogram (RADCLIFFE – SIMUNEK 2010) segítségével ezekből az adatokból számítottuk az egyes rétegek pF görbéit, aminek segítségével a kiszámítottuk a rétegekre jellemző diszponibilis vízkészletet.

A vízháztartás vizsgálatait GOMBÁSI *és munkatársai* (2018) számításaihoz hasonlóan végeztük. A felhasznált vízmennyiség meghatározásához szükség van arra, hogy ismerjük a növények által elpárologtatott vizet, illetve a felületekről történő párolgást. Ennek értékét a potenciális evapotranspirációval (PET) jellemezzük. A PET számításához a Hamon-képletet (DINGMAN 2002) alkalmaztuk, ami a napi középhőmérsékleten és a földrajzi helyzetből adódó naphosszokon alapul.

A 2016-os vegetációs időszak kezdetekor teljesen feltöltött diszponibilis vízkészletet feltételeztünk. Bevételeként értelmeztük a csapadékot. A PET értéket tekintettük vízfelhasználásnak, továbbá ezzel párhuzamosan vizsgáltuk a talajvízszint változását.

A vegetáció változásainak nyomon követésére távérzékelt levélfelületi index (LAI) idősort vizsgáltunk. MODIS szenzorok felvételein alapuló $500 \times 500 \text{ m}^2$ -es felbontású raszteres adatból az ültetvényre interpolált adatsort használtunk fel (MYNENI *et al.* 2015).

A tápanyag-utánpótlás hatásainak vizsgálatára meghatároztuk az élőfakészletet. Ehhez mellmagassági kerületet mértünk mm-es pontossággal, amit kör keresztmetszetet feltételezve mellmagassági átmérőre számítottunk ($d_{1,3}$), illetve a magasságot (h) 10 cm-es pontossággal határoztuk meg. Ezen adatpárokat a Király-féle fatérfogat függvény segítségével térfogatra számítottuk (SOPP 2000). Az így kapott egyedi fatérfogatókat parcellánként összegeztük, majd a parcellák területének ismeretében hektárra számítottuk át az összehasonlíthatóság érdekében. 4 db mintatörzset döntöttünk, amiből famintát vettünk. Ezen mintákból sűrűséget számítottunk. A sűrűség értékek segítségével lutrotonnára számoltuk át a köbméter adatokat. A 2015-ös és 2016-os dendromassza felvételek eredményeinek különbségeként számítottuk az éves növedéket.

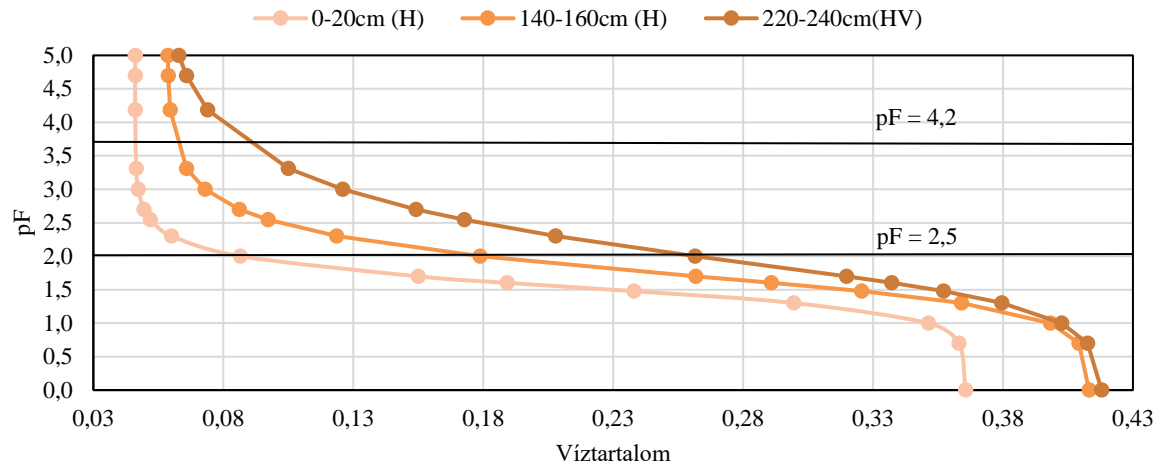
A tápanyag-utánpótlás hatásainak vizsgálatára egyszempontú varianciaanalízist (one-way ANOVA) végeztünk, el, az egyes kezelések eltérésének vizsgálatára Duncan-tesztet hajtottunk végre.

Vizsgálati eredmények

A 2. ábrán a mért adatokból modellezett három jellemző pF görbét tüntettük fel. Látható, hogy a feltalaj, a magas homok tartalma és alacsony térfogattömege végett igen kevés vizet képes raktározni, a szelvény mélyebb részeiben a finom részek arányának és a térfogattömeg értékének növekedésével nő a rétegek víztartóképessége is.

Az 1. táblázatban szerepelnek a 33-as parcellában vételezett talajminták talajfizikai eredményei. Látható, hogy a teljes szelvényben 153 mm diszponibilis víz tározódik maximálisan. A termőréteg vastagsága közepes mélységű (80 cm) a helyszíni leírás alapján, aminek a DV-tartalma maximálisan 6 mm.

A 3. ábrán nyomon követhető egyfelől a talajvízszint változása a vizsgálati időszakban, másfelől a csapadék napi értékeit tüntettük fel, illetve a PET alakulását és a LAI alakulását. Látható, hogy június közepéig a talajvízszint viszonylag állandó képet mutat, majd a nyári csapadékmentes időszakban a talajvíz erősen apadni kezd. A LAI értékei ezen időszakban is növekednek, ebből arra következtetünk, hogy bár a feltalaj vízkészlete kiürül a nyárfák a gyökérzetükkel elérték a talajvizet és a növekedésükhöz fel is használják. Ezen időszakra esik a PET maximuma is (6 mm/nap).



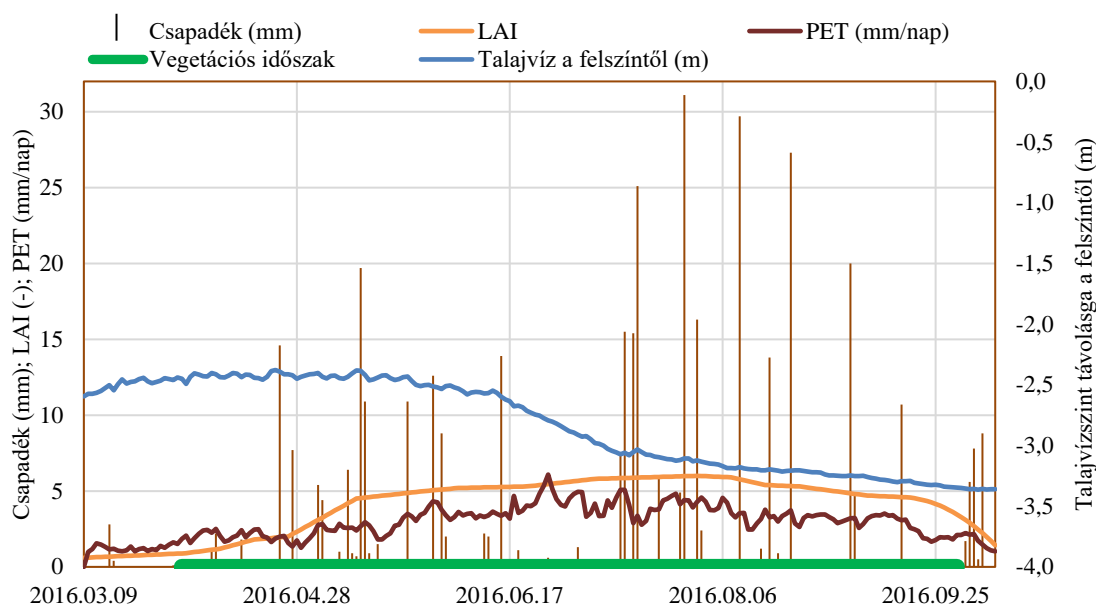
2. ábra: Jellemző pF görbék a vizsgált szelvényben, a mélység mellett a fizikai féleséget feltüntetve

1. táblázat: A 33-as parcellában vett talajminták talajfizikai vizsgálatának eredményei, feltüntetve a modellezett diszponibilis víztartalmat. Dupla vonallal jelezve a talajvízszintet.

Srsz.	Mélység	Térfogattömeg g/cm ³	Fizikai féleség	Diszponibilis víz		Kumulált DV	
	cm			mm/10cm	mm		
1	20	1,57	Homok	0,6	1		
2	40	1,50	Homok	0,9	3		
3	60	1,61	Homok	0,9	5		
4	80	1,68	Homok	0,4	6		
5	100	1,76	Homok	0,5	7		
6	120	1,59	Homok	0,4	7		
7	140	1,45	Homok	3,8	15		
8	160	1,63	Homok	4,0	23		
9	180	1,55	Homokos vályog	9,3	42		
10	200	1,59	Homokos vályog	9,2	60		
11	220	1,42	Homokos vályog	10,0	80		
12	240	1,57	Homokos vályog	9,3	99		
13	260	1,66	Homokos vályog	9,0	117		
14	280	1,65	Homokos vályog	9,0	135		
15	300	1,60	Homokos vályog	9,2	153		

A július közepi esőzések a talajvízszint csökkenését mérséklék. LAI maximuma augusztus elejére esik 6-os értékkel. Ezen időpont után a levélfelületi index csökken, majd erősen esni kezd szeptember végén, jelezve a vegetációs időszak végét.

A 4. ábra segítségével kívánjuk bemutatni, hogy a talaj DV mennyisége hogyan változik a vegetációs időszak alatt. A talaj víztartalmát a vegetációs időszak elején teljesen feltöltöttnek feltételeztük (99 mm) az 1. táblázat alapján. A talaj vízkészletét a csapadékkal növeltük és a PET értékével csökkentettük, ez alapján előállítottuk a talaj víztartalmi adatsorát. Június 13-ig rendelkezésre állt a talajban DV, majd 15-én érkező csapadékot (14 mm) június 17-ig tudta a feltalaj tárolni a növények számára elérhető formában. Ez a gyors mélybeszivárgást is mutatja. A vegetációs időszak további részében vízhiány lép fel. Látható, hogy a nyárközepi időszakban a talajvízszint intenzív csökkenésnek indul. Azaz elsősorban a talajvízből fedezték az ültetvény egyedei a növekedéshez szükséges vízfelvételt. A július közepétől érkező csapadékok kedvezően hatnak a növényzet fejlődésére, ezt mutatja a 3. ábrán a LAI értékének emelkedése ezen időszak alatt, illetve a talajvíz csökkenés ütemének csökkenése is.



3. ábra: A talaj vízháztartását befolyásoló tényezők, feltüntetve a LAI változásait és a vegetációs időszakot

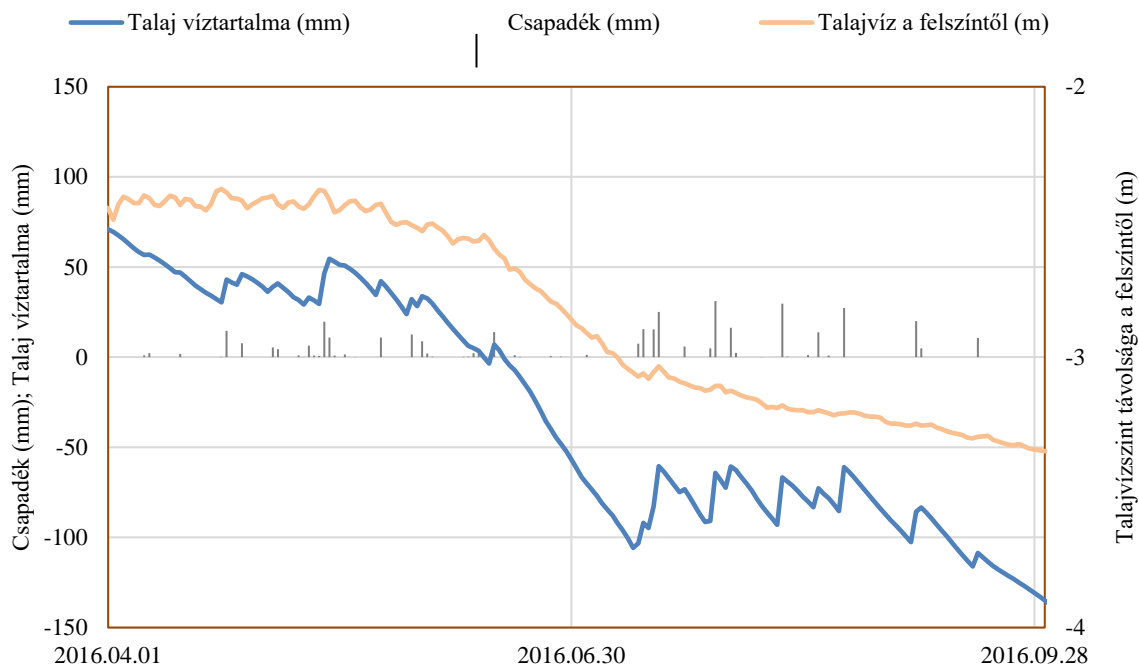
A 2. táblázat tartalmazza a dendromassa felvételeken alapuló számítások eredményeit a 2015-ös és 2016-os évekre. Fakészlet és növedék tekintetében is elkülönülnek az egyes tápanyagutánpótlási módok. Legnagyobb növedéket a vizsgálati évben a fahamu + szerves-trágya komplex (FH_SZ) kezelés mutatta átlagosan 18,7 t/ha/év-es értékkel. Ezt követi a fahamuval (FH) kezelt parcellák átlagos növedéke (17,3 t/ha/év). A szerves-trágya (SZ) kezelésű parcellák átlaga (16,4 t/ha/év). A sort a kontroll (K) parcellák átlagos növedéke zárja 13,8 t/ha/év-vel.

Megfigyelhető a faanyag sűrűség érték különbsége is az egyes kezelések között. A legnagyobb sűrűséget a leggyengébb növekedésű kontroll (K) parcellák esetében figyelhetjük meg. A legkisebb sűrűség értéket a jobban növekedő szerves-trágya és fahamu (FH_SZ) együttes kezelés és a fahamu (FH) kezelés esetében tapasztaltuk.

Az eredmények összehasonlítására végzett F-próba nem adott szignifikáns eredményt ($p = 0,203 > 0,05 = \alpha$), azaz a kezelések nem tekinthetők szignifikánsan különbözőnek. Az egyes kezelések egymásközötti viszonyának feltárására Duncan-próbát végeztünk. A 3. táblázat mutatja a próba eredménymátrixát. Kiténik, hogy a FH_SZ kezelés és a K parcellák különbsége magas ($p = 0,080$). A FH és SZ egymással viszonylag szoros összefüggést mutat ($p = 0,823$), hasonló a K parcellákkal a kapcsolat is ($p = 0,129$ és $p = 0,164$). Erősebb összefüggést mutat a FH a FH_SZ parcellákkal ($p = 0,716$), mint a SZ és FH_SZ ($p = 0,574$).

Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

A talaj vízháztartásának vizsgálatából kitűnik, hogy a vizsgált homok fizikai féleségű szelvény kis mennyiségű diszponibilis vizet képes tárolni, a megütött talajvízszintig (240 cm) mindösszesen 99 mm-t. A 2016-os évben 369 mm csapadék hullott, így összességében a növényzet számára elérhető víz 468 mm volt, nem számolva a talajvízzel.



4. ábra: A talaj víztartalmának változása a vegetációs időszak alatt. Feltüntetve a csapadékokat és a talajvízszintet

2. táblázat: A vizsgált évek fakészlete és növedéke parcellánként és kezelé-senként

Parcella	Kezelés	Sűrűség g/cm ³	2015		2016		Növedék	
			Térfogat m ³	Tömeg t	Térfogat m ³	Tömeg t	m ³ /ha/év	t/ha/év
			Átlag:					
33	K	0,48	10,4	5,0	12,3	5,9	22,3	10,6
46		0,48	-	-	-	-	-	-
52		0,48	8,3	4,0	11,4	5,4	32,3	16,9
Átlag:							27,3	13,8
38	FH	0,42	7,6	3,2	11,0	4,6	39,7	16,7
41		0,42	8,7	3,7	12,4	5,2	42,3	17,9
57		0,42	-	-	-	-	-	-
Átlag:							41,0	17,3
8	SZ	0,46	7,2	3,3	10,7	4,9	16,9	18,5
15		0,46	6,5	3,0	9,0	4,2	29,1	13,5
29		0,46	7,7	3,6	10,9	5,1	37,0	17,2
Átlag:							27,7	16,4
3	FH_SZ	0,42	9,0	3,7	13,3	5,5	50,4	21,0
20		0,42	6,8	2,8	11,2	4,7	51,8	21,5
24		0,42	5,2	2,2	8,0	3,3	33,0	13,7
Átlag:							45,1	18,7

3. táblázat: Az egyes kezelések növedékének összehasonlítása

	K	FH	SZ	FH_SZ
K	-	0,129	0,164	0,080
FH	0,129	-	0,823	0,716
SZ	0,164	0,823	-	0,574
FH_SZ	0,080	0,716	0,574	-

Az éves átlagos PET 3,2 mm/nap volt, azaz a vegetációs időszak alatt 586 mm volt a potenciális evapotranspirációs vízvesztés. Ez összességében 118 mm vízhiányt jelent az olyan növényzet számára, aminek a gyökérzete nem éri el a talajvizet. A talajvíz adatsorok lefutásán látható, hogy igen nagy mértékben felhasználta a növényzet a rendelkezésre álló talajvizet, míg 2016 április 1-én 2,450 m volt a talajvíz állása, szeptember 30-án 3,348 m, ami a vegetációs időszak alatt 0,9 m-es talajvízszint csökkenést jelentett. A vegetációs időszak alatt a száraz periódusban is növekedett a LAI értéke, ami szintén arra utal, hogy az ültetvény gyökérzete elérte és használta is a talajvizet.

A tápanyag-utánpótlás hatása szignifikáns különbséget nem mutatott, de ennek ellenére látható, hogy mindegyik alkalmazott kezelés esetében nagyobb átlagos növedéket mértünk, mint a kontroll parcellák esetében. A tápanyag-utánpótlás kedvező hatása lehet az intenzívebb gyökéreképződés, ami a talajvíz elérését segíti a száraz időszakokban.

Köszönetnyilvánítás: Szeretnénk köszönetet mondani a kísérleti terület biztosításáért az Ipolyerdő Zrt. Kelet-Cserháti Erdészetének. A kutatást a EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség” projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- BARKÓCZY ZS. – IVELICS R. (2008): Energetikai célú ültetvények. Erdészeti Kisfüzetek. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdővagyon-gazdálkodási Intézet. Sopron
- DINGMAN, S. L. (2002): Physical Hydrology. Prentice-Hall. Upper Saddle River. N.J.
- HALÁSZ G. (2006): Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat. Budapest.
- HEILIG D. – HEIL B. – KOVÁCS G. (2018): A növtér-szabályozás hatása fás szárú nemesnyár ültetvény dendromassza-hozamára. Erdészettudományi Közlemények. 8(2). 51-59.
- GOMBÁSI M. – GRIBOVSKI Z. – HEIL B. (2017): 1D water balance modelling of poplar plantations. Absztrakt. HydroCapra-2017, Catchment Processes In Regional Hydrology: Experiments, Patterns And Predictions. Vienna
- KOVÁCS G. – HEIL B. – SCHMIDT P. (2010): A fásszárú energiaültetvények létesítésének termőhelyi és technológiai kérdései. Konferenciaelőadás. InnoLignum. Sopron
- MYNENI, R. – KNYAZIKHIN, Y. – Park, T. (2015): MCD15A2H MODIS/Terra+Aqua Leaf Area Index/FPAR 8-day L4 Global 500m SIN Grid V006 [data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC (letöltés dátuma: 2019.02.10.)
- RADCLIFFE, D. E. – SIMUNEK, J. (2010): Soil physics with HYDRUS Modeling and Applications. CRC Press. Boca Raton
- SOPP L. (2000): Fatömegszámítási táblázatok. Állami Erdészeti Szolgálat. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- SZABÓ O. (2016): Természetes anyagokkal történő tápanyag-utánpótlás fás szárú energetikai ültetvényben. Doktori (PhD) értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar. Sopron.
- SZENTE E. (2016): Eltérő növtér hatásának vizsgálata fás szárú energetikai ültetvény hozamára a Dejtári Csemetekertben. Diplomamunka. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar. Sopron

FOLYAMATGÉPESÍTETT FAKITERMELÉSEK VIZSGÁLATA

HORVÁTH ATTILA LÁSZLÓ – SUDÁR FERENC JÁNOS – SZAKÁLOS NÉ MÁTYÁS KATALIN

Soproni Egyetem, Erdészeti-műszaki Környezettechnikai Intézet, Sopron

ahorvath@uni-sopron.hu; szakalosne.matyas.katalin@uni-sopron.hu

Bevezetés

Napjaink munkaerőhiánya a fakitermelések elvégzését is nehezíti, emiatt megfigyelhető tendencia, hogy hazánkban is terjedőben vannak a többműveletes fakitermelő gépek. A harvester-forwarder gépegyüttesek ma már a technikai, technológiai fejlesztéseknek köszönhetően használhatóak akár lombos állományok gyérítésében is, a rendszernek van helye a magyarországi szakmai gyakorlatban. Ugyanakkor kérdésként fogalmazódik meg, hogy milyen mértékben befolyásolja a munka minőségét, valamint milyen kíméletességi problémák merülhetnek fel az újszerű munkarendszerek alkalmazása során.

Vizsgálati anyag és módszer

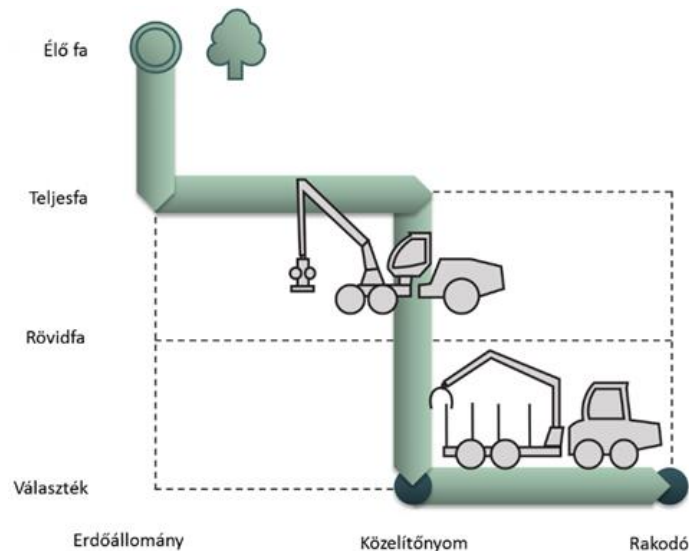
A fakitermelési munkarendszereket ill. munkarendszer-változatokat eddig elvi vagy tapasztalati alapon kialakított „pontozásos” vagy „százalékos indexelési” módszerekkel hasonlították össze a kíméletesség szempontjából. Pontozásos az ORMOS – RUMPF – KERESZTES (1990) által alkalmazott módszer, és a MIHÁLY (1993) által leírt súlyszámos értékelés is. Százalékos indexelési módszert dolgozott ki SUWALA (2000), amely a fakárok indexét és a felső talajréteg kárindexét átlagolja.

A fakitermeléssel okozható károsítások azonban nem korlátozódnak a faállományra és a talajban okozott károkra. Gólya olyan értékelő rendszert dolgozott ki, amely az erdei környezet többi elemét is figyelembe veszi. A fahasználatok komplex minősítése végezhető el a „gyérítési eredménykontroll” módszerrel amelynek egyik eleme a kíméletesség vizsgálata.

A terepi felmérések a Herceg Esterházy Magánalapítvány Lékai Erdőgazdaságánál zajlottak Néhány vizsgálat a Schwarzenbach és Langeck község határ 1-5 ha-os magánerdeiben is történt. A mintaterületek a Borostyánkő-és Kőszegi hegységben, illetve a Hochstraß-i kavicsplatón találhatóak. A munkarendszer jellemzői közül kiemelkedően fontos a 45,5 fm/ha feltártság az erdészet területén, ami igen magasnak számít. Összehasonlításképpen megemlítendő, hogy a hazai erdőkben ez az érték 4 és 22 fm/ha között változik, átlagosan 7,2 fm/ha. Az erdőfelújítás természetes úton történik, az újulat mindenhol jelen van, különböző koreloszlásban, és sűrűségben. A természetes újulat védelme érdekében fontos a vadállomány elviselhető szinten tartása, amelyet intenzív vadászattal valósítanak meg. A munkarendszert az *1. ábra* mutatja.

A vizsgálat során a mintaterületeken mért adatok:

- Közelítőnyom távolságok;
- Mintaterület nagysága;
- Fafaj, darabszám, mellmagassági átmérő, famagasság;
- Törzssérülés, sérülés nagysága, közelítőnyom mélysége.



1. ábra: Magasan gépesített fakitermelési munkarendszer

Vizsgálati eredmények

Az adatok feldolgozásához készült egy kiértékelő táblázat (2. ábra), amely tartalmazza az összes mért adatot. A kiértékelés minden esetben Microsoft Office Excel programmal valósult meg a használhatóság megkönnyítése érdekében. Minden oldalon egy mintaterület adatai, és azok kiértékelése látható, így könnyen áttekinthető és minden egyes mintaterület önmagában is minden szempontból értékelhető. Egy-egy kitermelésre vonatkozóan az oldal alján mintaterületek adatai összegződnek.

A kíméletesség egyik legfontosabb szempontja a dolgozókat érő hatások vizsgálata. A kézi motormanuális fakitermelésnél minden 16.000 m³ kitermelt fára jut egy baleset. Ha hozzávesszük a tény, miszerint az eltitkolt esetek ennek háromszorosa kiderül, hogy 5333 m³ fára jut egy baleset (HORVÁTH 2007). Egy 2014-es Svájci tanulmány szerint 8959 m³ motorfűrészsel kitermelt fára jut egy baleset, ezzel szemben a magasan gépesített munkarendszerek esetén ez az adat 152 756 m³/baleset. Hatalmas különbség adódik tehát, ha összehasonlítjuk a kézi motorfűrész és a gépi pl. harveszteres fakitermeléseket. A balesetek tizenhét-szer gyakrabban történnek meg a kézi fakitermeléseknél.

Kérdőíves felméréssel a harveszterrel végzett fakitermelések munkaminőségét befolyásoló tényezők feltárása történt. A környezeti tényezőkön kívül további részletekre is kitértek a válaszadók. A válaszok alapján a két legfontosabb körülmény csoport a személyes és a környezet (1. táblázat). A személyes vagy gépkezelő csoporton belül a felkészültség, a tapasztalat, a motiváltság és a személyiség befolyásolja leginkább az elvégzett munka minőségét. A környezet csoporton belül pedig a talajállapot, a közelítőnyomhálózat, a domborzat és a lejtés a leginkább befolyásoló tényezők a válaszadók szerint.

A magyar válaszok alapján egyértelműen kikristályosodik két súlyos probléma: az erdészeti szakoktatás alacsony színvonala, illetve az erdészeti vállalkozások alulfizetettsége. A kutatás gerincét a 71 mintaterületen 10 fakitermelés kíméletességi vizsgálata adta. Nagy hangsúly fektettünk a körülmények rögzítésére, így a kapott értékek összehasonlítási alapként szolgálhatnak.

A visszamaradó faegyedekben keletkezett sérülések vizsgálatának eredménye várakozásainknak és a szakirodalomnak megfelelően alakult, miszerint a vékonykérgű bükk, lucfenyő és jegenyefenyő magasabb százalékban sérül, míg a durvakérgű tölgy, vörösfenyő és erdeifenyő alacsonyabb mértékben. Ha a bükk első kiugró adatától (2. táblázat), eltekintünk 7,8% az eredmény, tehát így is a lucfenyő és a jegenyefenyő mellé sorolható. A vöröstölgyről kevés adat gyűlt össze, így nem vonható le következtetés.

2 mintaterület

2 mintaterület										Mintaterület nagysága																		
B					EF					Nettó fatérfogat					Sérülés mérete													
D	H	S	A	V(b)	V(vas)	D	H	S	A	V(b)	V(vas)	D	H	S	A	V(b)	V(vas)	D	H	S	A	V(b)	V(vas)					
cm	m	cm	m ²	m ³	m ³	cm	m	cm	m ²	m ³	m ³	cm	m	cm	m ²	m ³	m ³	cm	m	cm	m ²	m ³	m ³					
8,0	10	0	0,005	0,032	0,025	16,0	16	0	0,020	0,176	0,144	25,5	18	0	0,051	0,554	0,490	0,0	0	0	0,000	0,000	0,000	19,0	23,0	16,0	17,0	404
10,0	10	0	0,008	0,032	0,025	19	0	0,049	0,493	0,413	22,5	17	0	0,040	0,406	0,354							$s =$	37,5				
11,5	12	0	0,010	0,076	0,060	16,0	16	0	0,020	0,179	0,148	11,0	16	0	0,010	0,087	0,072							nyom	17,4			
7,0	9	0	0,004	0,022	0,017	17,0	17	0	0,023	0,210	0,174	9,0	12	0	0,006	0,046	0,036							%				
15,5	15	6	0,019	0,165	0,137	12,5	14	0	0,012	0,101	0,082	21,5	17	0	0,036	0,369	0,320							Terület				
						21,5	18	0	0,036	0,350	0,292	17,5	17	0	0,024	0,239	0,205							Félkerület Héron képlethez				
						16,0	17	0	0,020	0,185	0,154	10,0	14	25	0,008	0,064	0,052							Fix közelítőnyomok térfoglalása az állományban				
						20	18	0	0,031	0,297	0,247	15,0	16	0	0,018	0,165	0,139							Közelítőnyom távolság				
						13,0	14	6	0,013	0,109	0,089							16,0	17,0	t =	16,5			m				
						15,0	15	9	0,02	0,15	0,12							0,0	1,0	m =	0,5			cm				
																								Törzsszám				
																								n =	570			
																								db/ha				
																								Törzssérülés aránya				
																								S =	17			
																								%				
																								Fatérfogat				
																								V(b) =	112,0			
																								m ³ /ha				

Σ 1 0,046 0,344 0,278 2 0,243 2,250 1,867 13 40,0 0 0,0 0,000 0,000 0,000

% 20 9,55 20 50,5 13 40,0 0 0,0

Mért adatok Számított adatok Számított állományadatok

Sérült fák százalékos aránya Körlap szerinti elegyarány

Számított Fafaj-adatok

Sérülések darabszáma összesen Körlapok területe összesen Bruttó fatérfogat összesen Nettó fatérfogat összesen

2. ábra. Az adatok feldolgozásához használt sablon

A közelítőnyomok kialakításából adódóan elég hely van a gépek mozgásához, így tősesülés nem fordult elő. 30-40%-os erélyű gyérítések után körülménytől függően a törzssérülés 0-19% volt. Átlagosan 8-9% volt a sérült fák aránya.

A közelítőnyom hálózat vizsgálatának eredménye, hogy az átlagos közelítőnyom-távolság 16,2 m, a legkisebb átlagtávolság egy kitermelésnél 14,4 m, a legnagyobb 18,4 m volt. Az átlagos közelítőnyom szélesség 3-3,5 m. Megállapítható, hogy a kutatási területeken átlagosan az erdőállományok 16,7%-át teszi ki a közelítőhálózat. A közelítőnyomok mélységének mérése is megtörtént, amely alapján megállapítható, hogy 1-2 cm-nél mélyebb csapa ott alakul ki, ahol a lejtés megnő (20° felett), ahol a munkát alacsonyabb teherbírású talajon végezték, és nem volt elég vastag a gallyszőnyeg. Csupán 2 mintaterületnél tapasztaltunk kritikus, 10 cm-nél mélyebb közelítőnyomot (talajsérülést). Köszönhetően a talaj épségének a gyökérszem sem szenvedett nagyobb, számadatokkal jellemezhető sérülést.

Figyelemre méltó információt szolgáltatnak a magasan gépesített fakitermelések vizsgálata során kapott, költségekre vonatkozó szakirodalmi adatok: „A vizsgált harveszterek átlagos üzemóraköltsége 14 040 Ft. A gépekkel végrehajtható fakitermelés átlagos fajlagos költsége 1318 Ft/m³. A 2000–2500 Ft/m³ körüli forwarderes közelítési költséggel az összköltség 3500–4000 Ft/m³ -re tehető.” (HORVÁTH 2015).

Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

Összességében megállapítható tehát, hogy a vizsgált területeken – köszönhetően a megfelelően megválasztott gépeknek, jól kialakított hálózatnak és munkarendnek – nem tekinthető kíméletlen megoldásnak a magasan gépesített harvesztert és forwardert alkalmazó fakitermelési munkarendszerek használata.

2. táblázat. A sérülések összesítése fafajra, kitermelésre lebontva

Kitermelés	Fafaj						
	B	LF	JF	EF	KTT	VF	VT
	Sérülések százalékban						
Schwarzenbach	32	13	15	2	0		
1735, 1736	0	0					
1737, 1738	0	0				0	0
1743	13	6				8	
1707	2	4		3	0		
1734	8	7	0			4	
1705	14	27		11		0	
1740	10	2				0	
1743, 1744	13	6				8	
2740	10			8	8		
Átlag	10,2	7,2	7,5	6,0	2,7	3,3	0,0
	%	%	%	%	%	%	%

Köszönetnyilvánítás: A tanulmány/kutató munka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalomjegyzék

- Fürst Esterházy'sche Privatstiftung Lockenhaus / Forstwirtschaft auf 5.500 ha Waldfläche / Fürst Esterházy'sche Privatstiftung Lockenhaus. - 2017. 09 01. - <https://www.esterhazy-lockenhaus.eu/wirtschaftsbereiche/forstwirtschaft/>.
- HORVÁTH S. (2007:) Munkabaleseti körkép az erdőgazdálkodásban 2002-2006 / Dől a fa, munkavédelem és munkaügy az erdőgazdálkodásban. - Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar Erdővagyon-gazdálkodási Intézet.
- GÓLYA J. (2003): Munkarendszerek környezeti elviselhetősége / Fakitermelési munkarendszerek gyéritésekben. – Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron.
- HORVÁTH A. L. (2015): Többműveletes fakitermelő gépek a hazai lombos állományok fahasználatában. – PhD értekezés, NYME, Sopron.
- SZILY A (2012): A fakitermelés kíméletessége a Mecsekerdő Zrt.-nél. – Diplomadolgozat, Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar (Sopron).
- ZIESAK, M. – ROMMEL, R. – KÜHNE, K. – ZABEL, V. – FELTEN, A. (2014): Volkswirtschaftliche Beurteilung zur Förderung der Walderschliessung in der Schweiz. – Bundesamt für Umwelt (BAFU), Berner Fachhochschule BFH, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL
- KWF: 17.KWF Tagung [Online] / Mechanisierte Nadelschwachholzernte mit Raupenharvester und Kombiaggregat; Rücken mit Tragschlepper. - 2016.. - <http://www.kwf-tagung.org/kwf-tagung/fachexkursionen/programm/3-1-1-ttw-kombiagg.html>.
- KATONA K. (2009): A folyamatos erdőborítás és a vadállomány harmonikus kapcsolata a Pilis-tető bükköseinben. - Erdészeti Lapok. 2009. Július-augusztus, pp. 240-242.

ÚJ ADATOK A MAGYARORSZÁGI BÜKKÖSÖK FATERMÉSÉRŐL

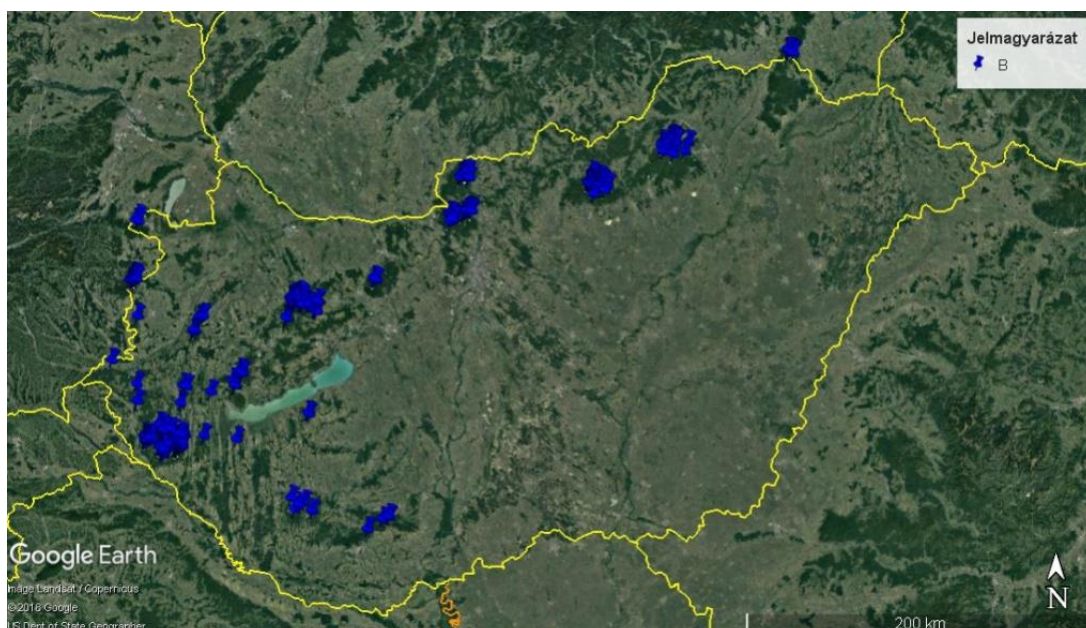
KOLLÁR TAMÁS

Nemzeti Agrárkutató és Innovációs Központ, Erdészeti Tudományos Intézet,
Ökológiai és Erdőművelési Osztály
kollart@erti.hu

A bükk (*Fagus sylvatica*) szubmontán-montán fafaj, magas levegő-páratartalmat igényel, ahol az évi csapadék minimum 600 mm. Árnyéktűrő, viszonylag erős árnyalás mellett is képes megtelepedni. Bőséges makktermésre csak 60-80 éves kora után lehet számítani. A felújításhoz szükséges makktermés általában 12-14 évenként jelentkezik, szórvány makktermése évente van. A számára kedvező hegyvidéki termőhelyeken 200-300 éves kort is képes elérni, azonban idős korban (80-90 éves kor után) gyakori fájának állgesztesedése (SOLYMOS 2000). Általában természetes úton magról újítják fel.

A bükk fafajú erdők 112 ezer ha területet borítanak Magyarországon, élőfakészlete 40 millió m³ (NÉBIH 2017). Területaránya az országos erdőterület 5%-a, míg fatömege ennél jelentősebb, 10%-ot teszi ki, tehát fatermésének pontos meghatározása nem elhanyagolható. Fája értékes, gazdasági jelentősége kiemelkedő, azonban védelmi és közjóléti hasznosítása is jelentős, általában a legkedveltebb kiránduló erdők.

Bükkösök fatermési vizsgálatával Greiner foglalkozott először. Tábláit 1886-ban adta közre, azonban alapadatai a mai Magyarországon kívülről származtak, nem is országos céllal készültek, azonban jobb híján az egész országban sokáig használták. Fekete Zoltán 1958-ban szerkesztett országos fatermési táblát, melyet 1968-ban Birck és Mendlik újított meg (BONDOR 1986). Bükk fatermési táblákat Magyarország bükköseire ezután utoljára 1983-ban publikált MENDLIK GÉZA (1983), azonban a fatermési táblákat a tartamkísérletek eredményei alapján folyamatosan felülvizsgálni szükséges. A NAIK-ERTI hosszúlejárátú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának újrafelvételezései jelentős adattömeg halmozódott fel a fafajok növekedésével kapcsolatban. Az 1983 óta eltelt 35 év felvételi eredményei és az informatikai technológia fejlődése célszerűvé teszi egy új bükk fatermési tábla létrehozását és korszerű publikálását.



1. ábra: A NAIK-ERTI bükk főfafajú kísérleteinek hálózata

Az adatgyűjtés helye, módszere

A fatermési táblák szerkesztésének kiinduló adatait a NAIK-ERTI hosszúlejáratú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának (KOLLÁR *et al.* 2018) bükk főfafajú parcellái adják (1. ábra), melyek az 1960-as évektől állnak rendelkezésünkre. Az egyes parcellák visszatérési ideje jellemzően 5 év, azonban ez a kísérlet hosszú fenntartási ideje miatt nem minden esetben állandó, ritka esetben kevesebb, gyakrabban több is lehet, munkaszervezési és anyagi feltételektől függően.

A parcellákban a faegyedek sorszámozással rendelkeznek, ezáltal ismert, hogy mely faegyedek mikor tűntek el (természetes mortalitás vagy fakitermelés). Kétoldali átmérőmérés helye állandó, az átmérő mérés milliméter pontosságú. A fák magasságát magassági görbe használatával állapítjuk meg, amennyiben magassági adat nem ismert, vagy nem interpolálható. A magasságmérések deciméter pontosságúak. A NAIK-ERTI jelenleg 361 bükkös főfafajú parcella adataival rendelkezik, azonban ezek egy része még nem került digitalizálásra, emellett egy részük már megszűnt. 218 parcella 897 jegyzőkönyve kizárólag papír alapon található meg, ezek digitalizálása még évekig eltarthat, így jelen vizsgálatunkban a digitálisan hozzáférhető adatokat használtuk fel. Ez 155 parcella 898 digitalizált jegyzőkönyvét jelenti, mely átlagosan 6 visszatérési felvételt jelent. A digitalizáláskor törekedtünk arra, hogy elsősorban a ma is élő parcellák korábbi adatai, illetve a legidősebb és leggyengébb termőhelyű állományok legyenek digitalizálva, hogy az adatok szórásmezője és eloszlása megfelelő legyen.

A parcellák felvételei alapján 2 állományrészt különítettünk el. Az egyik az élőfakészletet adó élőállomány, a másik pedig a 2 felvételi periódus között eltűnt (kitermelt, lábom száradt vagy kidőlt) mellékállomány, mely a kitermelhető faanyagot jellemzi. A mellékállomány a valósághoz képest alábecsült. A mellékállomány fatérfogatát az utolsó ismert adat alapján számoljuk, miközben az eltűnt faegyedek fakitermelésig megtermelt növedéket nem ismerhetjük, mivel a kitermelések, illetve az egyes fák elhalásának időpontja pontosan nem ismert, kizárólag a felvételek dátumai.

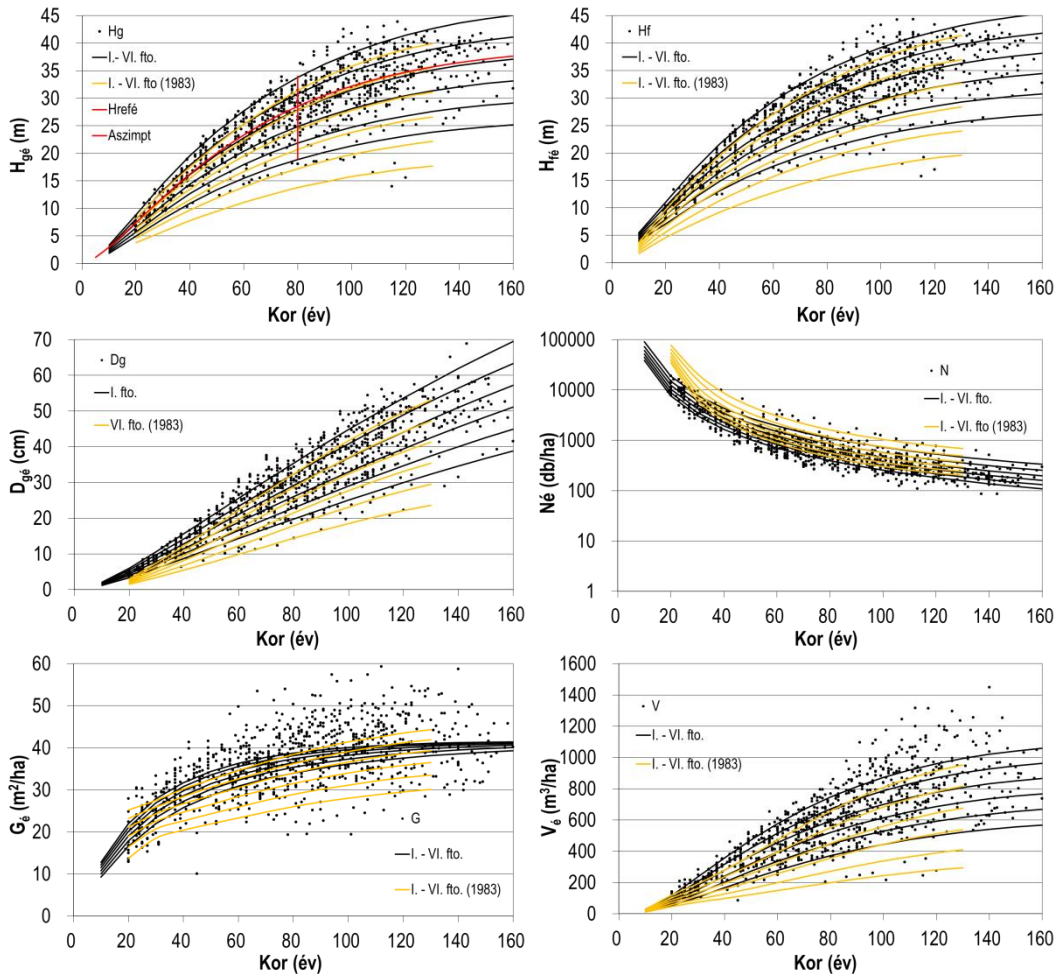
A parcellák faegyedeinek adatait ellenőrizzük, hogy a felvételi, adatbeviteli hibák kiküszöbölhetőek legyenek. Az ellenőrzéskor a hibás adatokat módosítjuk, hogy ne jelenjen meg átmérő vagy famagasságbeli csökkenés egy faegyedre vonatkoztatva. Az így ellenőrzött adatokat feldolgozzuk, hogy hektárra átszámítható faállományszerkezeti adatokat kapjunk (VEPERDI 1995). A feldolgozások Veperdi Gábor által készített Excel fájlrendszeren alapulnak, igény szerinti módosításokkal és ellenőrzési rendszerrel kiegészítve. Az algoritmusokat a legújabb fatömeg-számítási táblázatok (SOPP *et al.* 2013) alapján frissítettük, azonban 122 parcella adatai még az 1998-ban készült paraméterekkel lett kiszámítva, további 33 parcella adatai pedig már a 2013-as paraméterekkel. A vizsgált paraméterek a felsőmagasság, körlap szerinti átlagmagasság és átlagátmérő, tőszám, körlap, fatérfogat. Számoljuk az összes előhasználatot, előhasználati részarányt, összes fatermés fatérfogatát, folyó- és átlagnövedékét.

Fontos megemlíteni, hogy a tartamkísérleti hálózat alapjául szolgáló állományok csak kivételes esetekben teljesen elegyetlenek. Az állományok tőszámát, körlapját és fatérfogatát a körlap szerinti elegyaránnyal felszoroztuk, ezáltal 100%-os elegyarányú adatokat kaptunk. Az idős állományok esetében a záródás gyakran visszaesett a felújító vágások miatt. Ezekben az esetekben az adatokat a záródás értékkel is korrigálni kellett 100%-os záródásra.

A bükkösök faállomány szerkezeti adatainak megjelenítése és összevetése az utoljára publikált fatermési táblával

A kísérleti parcellák adatait, az 1983-as Bükk fatermési tábla (MENDLIK 1983) és az adatok alapján javasolható új fatermési tábla vezérgörbéit diagramokon ábrázoltuk (2-4 ábra).

Az új fatermesztési tábla szerkesztésének alapjául az erdőmérnöki karon oktató fatermesztés tanterv keretein belül kiadott oktatási segédlet szolgált (VEPERDI 2005). Az élőállományt és a mellékállományt azonos módszerrel számoltuk ki, két elkülönülő állományrészként vizsgálva. A fatermesztési tábla szerkesztésekor törekedtünk a korábban publikált táblák szerkezetének megőrzésére, azonban ez nem teljesen egyezik. A korábbi gyérintetlen állományokra vonatkozó főállomány és mellékállomány felosztást, a kezelt erdőkre vonatkozó élőállomány és mellékállomány felosztásra változtattuk. Ennek oka, hogy a mellékállomány elkülönítése a jegyzőkönyvekben nem egyértelmű. A diagramokon a hagyományokhoz híven 6, azonos relatív magassági növekedési menetű, egyenlő sávszélességű fatermesztési osztályra bontva mutatjuk be a szokásos állományszerkezeti adatokat.

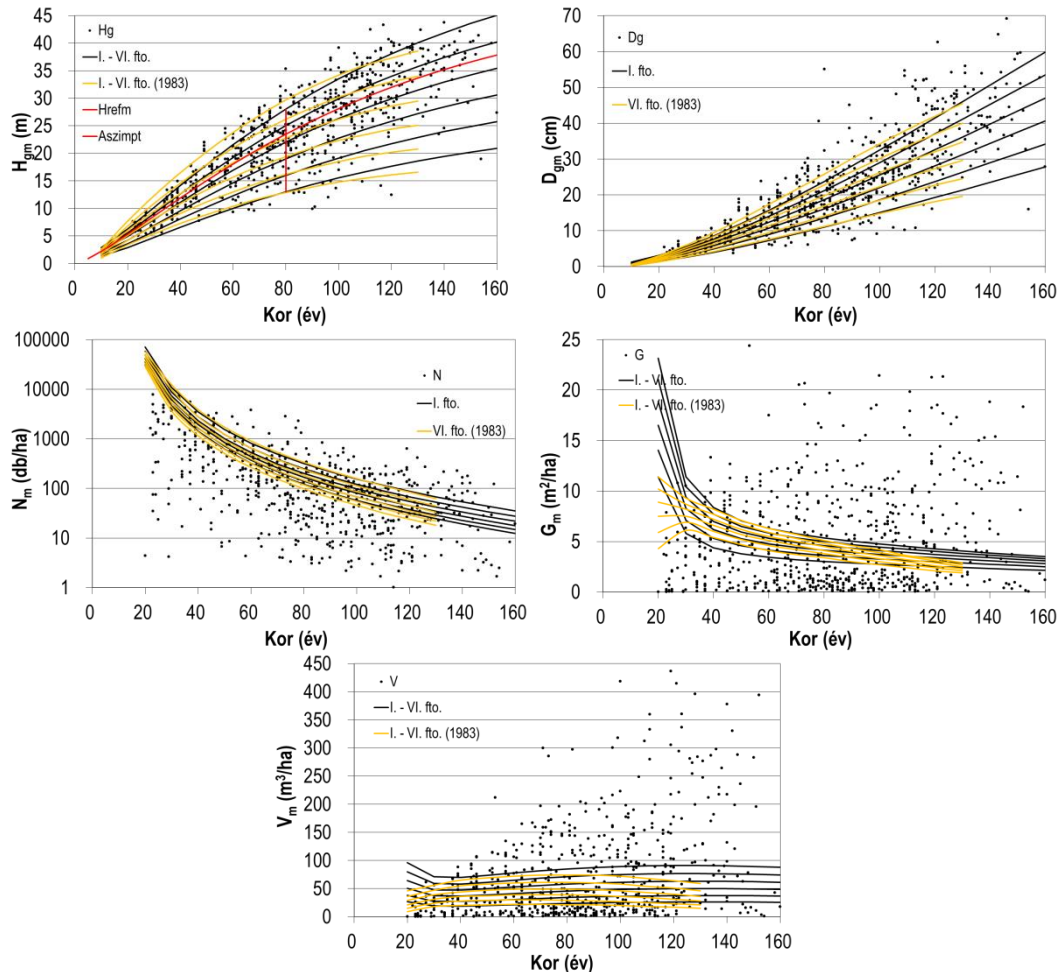


2. ábra: Az élőállomány faállományszerkezeti jellemzői a kor függvényében ($H_{gé}$, $H_{fé}$, $D_{gé}$, $N_é$, $G_é$, $V_é$), összehasonlítva az 1983-as fatermesztési tábla adataival

Az élőállomány (2. ábra) átlagmagassága ($H_{gé}$) és felsőmagassága ($H_{fé}$) esetében megfigyelhető, hogy a korábbi tábla gyenge fatermesztési osztályai nem jelennek meg az adatokban, ezért gyakorlatilag el kell tolni a görbéket. A hatodik fatermesztési osztályban majdnem másfél osztállyal, míg az első fatermesztési osztályban kb. fél fatermesztési osztállyal. A Mendlik tábla ráadásul csak 130 éves korig adta meg az adatokat, míg a mostani adatsorok 160 éves korig érvényesek. Az élőállomány átlag átmérője ($D_{gé}$) esetében kb. egy fatermesztési osztálynyi felfelé való eltolódás látható, míg a tőszámok ($N_é$) egy fatermesztési osztály csökkentést mutatnak. Az élőállomány körlapösszege ($G_é$) összegzi a korábbiakat, miszerint az átlagátmérő növekedett, a tőszám csökkent, ezáltal a körlap egy viszonylag szűkebb tartományt vesz fel, és időskorban ezt tartja. Az 1983-as tábla itt a pontthalmaz jó részét nem fedti. A pontok szórása

azonban jelentős, mely a felvételek gyéritéshez való viszonyával magyarázhatóak. Ahol gyérités utániak a felvételek, jellemzően kisebb körlapot mutatnak, míg ahol a gyéritések elmaradtak, vagy nem következtek be a felvételekig, ott jelentősebb körlapösszeget látni. Az élőállomány fatömege (V_ϵ) a gyenge fatermési osztályoknál 2 osztálynyi eltolódást mutat, míg a legjobb fatermési osztályban csupán fél fatermési osztály eltolódás látható.

A mellékállományra vonatkozó (3. ábra) átlagmagasság, átlagátmérő, tőszám és körlap adatok (H_{gm} , D_{gm} , N_m , G_m) kisebb eltéréseket mutatnak a korábbi tábla adataihoz viszonyítva, mint az élőállomány esetében tapasztaltak. A kitermelhető fatérfogat (V_m) azonban így is csekély növekedést mutat. Az adatpontok jelentős szórása a gyakori mintavételeket és az idősebb korban ritkán végrehajtott erőteljesebb gyéritéseket mutatja.



3. ábra: A mellékállomány faállományszerkezeti jellemzői a kor függvényében (H_{gm} , D_{gm} , N_m , G_m , V_m), összehasonlítva az 1983-as fatermési tábla adataival

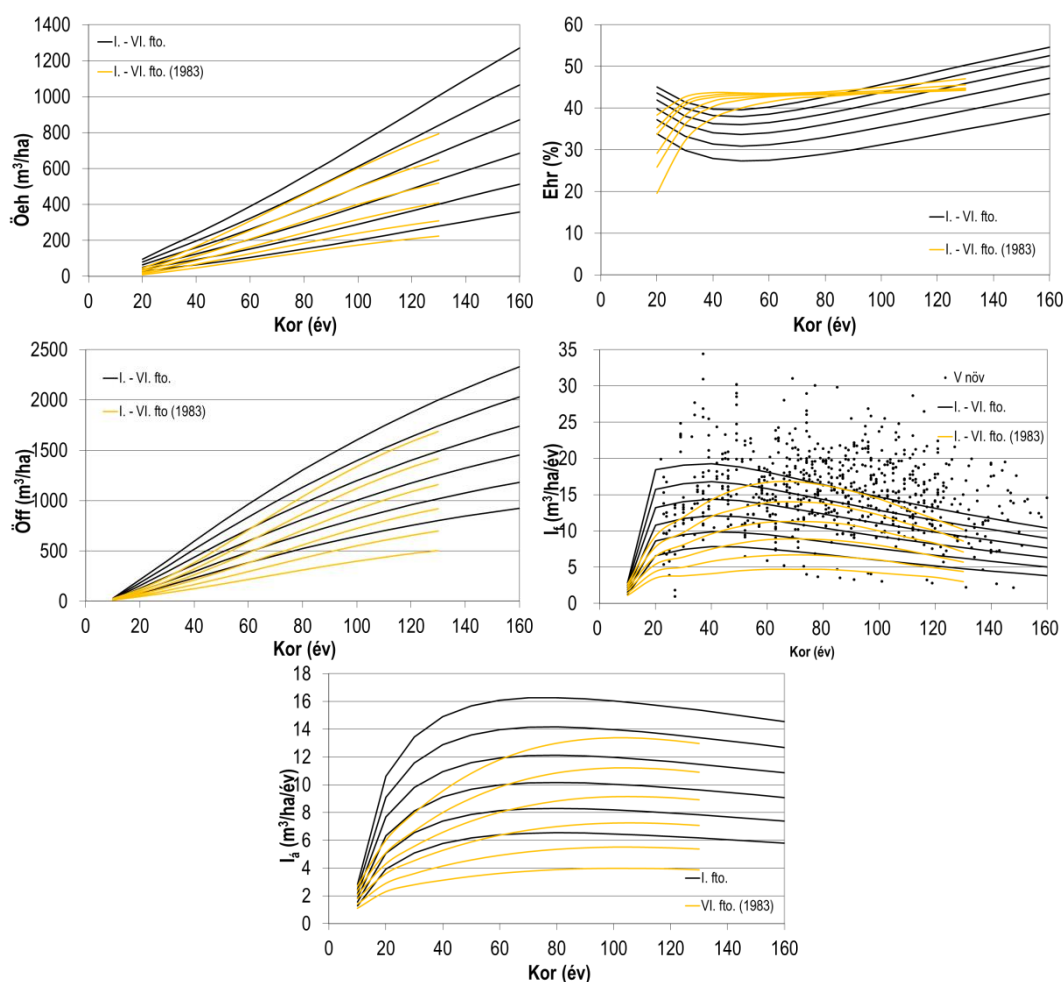
Az összes fatermésre vonatkozó adatok (4. ábra) szintén jelentős változásokat mutatnak. Az összes előhasználat (Öeh) egy osztálynyi többletet mutat, ezáltal az előhasználati részarányok (Ehr) egészen más számértékeket mutatnak, mint az 1983-as fatermési tábla. Az összes fatermés fatömege (Öff) egy osztálynyi eltolódást mutat. A folyónövedék (I_f) esetében a fiatalkori folyónövedék emelkedése illetve az időskori folyónövedék csekélyebb meredeksége szembevetendő. Emellett a gyenge fatermési osztályok növedéke is jelentősebb a korábbi táblához viszonyítva. A használt algoritmusok a mérési pontok alapján még így is gyakran alulbecslik a bükk állományok fatermését. A bükkösök átlagnövedéke (I_a) összegzi a korábbiakat, fiatal korban akár $4 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$, míg idős korban $2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$ értékkel szükséges megnövelni a bükkösök átlagos növedékének becslését, ami jelentősebb gyéritési erélyeket

jelenthet a jövőben. Ez a különbség jelentős fakitermelési lehetőséget és pontosabb fatérfo-
gat nyilvántartást nyújthat a gazdálkodóknak és a hatóságnak is a továbbiakban.

Összefoglalás

Az utoljára 1983-ban publikált Mendlik féle bükk fatermési tábla adatainak alapján alulbecsli a fafaj növedékét. Az 1983 óta eltelt 35 évben jelentős adattömeg halmozódott fel a NAIK-ERTI hosszúlejárátú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának újrafelvételezé-
seivel, mely alapján az országos fatermési táblát pontosítani célszerű.

A diagramokon bemutatott javasolt új fatermési tábla (2-4. ábra) jelentősen eltér a ko-
rábban publikálttól. Természetesen ez az eltérés faállományszerkezeti jellemzőkként, kor-
szakonként és fatermési osztályonként is jelentősen változik. Mindezek alapján javasolt egy
új, országos bükk fatermési tábla bevezetése. Ehhez szükséges ennek korszerű publikálása.
Szükséges a hagyományos táblázat formátum, emellett egy időben szükséges kiadni a táblák
alapján készült erdőnevelési modelleket is. Célszerű lenne digitális formában hozzáférhe-
tővé tenni az eredményeket, mely segítségével egyedi állományokra is elvégezhetőek a fa-
állománybecslések, és tervezések.



4. ábra: Az összes fatermés jellemzői a kor függvényében ($\ddot{O}eh$, Ehr , $\ddot{O}ff$, I_f , I_d), összehasonlítva az
1983-as fatermési tábla adataival

Köszönetnyilvánítás: Köszönettel tartozom minden korábbi és jelenlegi kollégámnak, akik segítettek
a NAIK-ERTI bükk főfafajú tartamkísérleteinek fenntartását, felvételezését és adatbeviteli munkáit.
Szintén köszönettel tartozom azoknak az erdőgazdaságoknak, melyek több évtizeden keresztül a ren-
delkezésünkre bocsájtották az erdőterületeket a kísérletekhez.

Irodalomjegyzék

- BONDOR A. (1986): A bükk. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- KOLLÁR T. – VEPERDI G. – RÉDEI K. (2018): A NAIK Erdészeti Tudományos Intézet hosszúlejáratú fatermési, erdőnevelési és hálózati tartamkísérleteinek múltja, jelene és jövője. Erdészeti Lapok, CLIII. évfolyam 10. szám, 2018. október, 306-310
- MENDLIK G. (1983): Bükk fatermési tábla (1983). Erdészeti kutatások, Vol. 75.. kötet, pp. 189-198.
- NÉBIH E. I. (2017): Erdővagyon és erdőgazdálkodás Magyarországon 2016-ben, Budapest: Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
- SOLYMOS R. (2000): Erdőfelújítás és -nevelés a természetközeli erdőgazdálkodásban. Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó
- SOPP L. (2013): Fatömeg számítási táblázatok. negyedik, változatlan kiadás szerk. Budapest: Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Erdészeti Igazgatóság
- VEPERDI G. (1995): Állományfelvételi adatok feldolgozása, feldolgozó algoritmusok Exel 5.0 táblázatkezelő programra, kezelés útmutató. Budapest: Erdészeti Tudományos Intézet, Erdőművelési és Fatermési osztály
- VEPERDI G. (2005): Fatermestan gyakorlati feladatok. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem

A 2017. ÁPRILISI BÜKKI HÓKÁROK FELMÉRÉSE ÉS ELEMZÉSE ŰRFELVÉTELEK ALAPJÁN

MOLNÁR TAMÁS^{1,2} – BIRINYI MÁTYÁS¹ – SOMOGYI ZOLTÁN² – KIRÁLY GÉZA¹

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

²NAIK Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály

molnar.tamas@erti.naik.hu

Bevezetés

A földrajzilag pontos és sokszor ingyenes űrfelvételek alkalmasak a nagyterületű, műhold alapú erdőtérképezésre. Erre a célra a NASA Terra (HLÁSNY *et al.* 2014), Landsat (ZHU 2014), és az ESA Sentinel-2 (BARKA *et al.* 2018) műholdképeit is felhasználhatjuk. Az űrfelvételeket feldolgozva és különböző vegetációs indexeket kiszámolva képet kaphatunk az erdők jelenlegi és múltbeli állapotáról, illetve ezek idősoros összehasonlításával a bekövetkezett változásokról is.

Az erdőállapotot különböző indexekkel fejezhetjük ki, ilyen a Normalizált Vegetációs Index (NDVI), a Továbbfejlesztett Vegetációs Index (EVI, KOVÁCS – GULÁCSI 2018), és a levélfelület-index (LAI, BARKA *et al.* 2018), melyek változásaiból ki lehet mutatni az éppen bekövetkező, vagy a már bekövetkezett erdőkárokat.

Korábbi elemzésekkel kimutattuk (MOLNÁR *et al.* 2019, nyomdai előkészítés alatt), hogy a 2017-es tavaszi erdőkárok leginkább az Északi-Bükköt és a Déli-Bükköt érintették. A legnagyobb összefüggő kárterület pedig az Északi-Bükkben található, ezért jelen tanulmányunkban erre a területre koncentráltunk. Elemzéseink során a Központi-Bükk erdészeti tájon belül Szilvásvárad és Nagyvisnyó község határokra vizsgáltuk meg a 2017. áprilisi hótörés, széltörés és széldöntés okozta károk hatását a vegetációra, terepi és távérzékelési módszerekkel. Ezek segítségével a 2016-os bázisévhez, mint még egészséges erdőállapotához viszonyítva egyértelműen kirajzolódnak a sérült erdőrészek által határolt területek 2017 nyarán, mind a Terra közepes felbontású MODIS, mind az Sentinel-2 nagyfelbontású MSI műholdképein, mind a terepi felmérésből készült térképen. A közepes felbontású felvételekkel pontos térbeli káreloszlást nem lehet kimutatni, ezért szükséges nagyfelbontású műholdképeket is elemezni többféle módszerrel.

Anyag és módszer

Távérzékelési módszerrel készítettünk erdőkár elemzést a NASA Terra műholdjának közepes felbontású MODIS és az ESA Sentinel-2 MSI nagyfelbontású műholdképeinek segítségével a káreset utáni, 2017.07.12-i (MODIS) illetve 2017. június 04. és 24-i időpontra (Sentinel-2). Az adott űrfelvétel a kárt követő első olyan felvétel, amely már a vegetációs időszak csúcán készült és nem nagy felhőborítottságú, de a felhő által kitakart képpontokat a 2017. június 24-i felvétel felhőmentes képpontjaival helyettesítettük. Ezután az űrfelvételek maszkolása következett; először a Szilvásváradi és Nagyvisnyó község határaitól kívüli területeket, majd az Országos Erdőállomány Adattár alapján az erdővel nem borított területeket is kivettük a felvételből, majd ezeken a felvételeken NDVI és EVI indexek segítségével vizsgáltuk az erdőt. Terepi bejárást végeztünk 2019 márciusában, amelynek tapasztalatai alapján osztályozott térképeket hoztunk létre.

Digitális domborzatmodell (DDM) alkalmazásával vizsgáltuk a káresemények domborzati elhelyezkedését, amelyhez a vízügyi HIDRODEM modellt alapul véve elemeztük a tengerszint feletti magasság, lejtés és kitérttség értékeit a károsított területeknek. Ezen tulajdonságok térbeli változatosságát is megvizsgáltuk a károsított erdőterületen, pixelszinten. Referenciaként az EGERERDŐ Zrt. Szilvásváradi Erdészetének erdőkárokra vonatkozó terepi felméréseinek adatait használtuk fel. Vonatkoztatási rendszernek az összes térképhez az Egységes Országos Vetületet (EOV) használtuk.

Terra MODIS űrfelvételek alkalmazása

Ezek a műholdképek a NASA Terra műholdjának MODIS szenzora által 2017. július 12-én készített $250 \times 250 \text{ m}^2$ felbontású MOD13Q1 vegetációs index (NDVI) felvételéből származnak, melyet 16-napos mozaik formájában lehet letölteni. A korábban leírt erdőterülettel maszkolt NDVI (Normalizált Vegetációs Index) és EVI (Továbbfejlesztett Vegetációs Index) térképek 1054 db pixelt tartalmaznak, ahol a fotoszintetikus aktivitást mutató skála segítségével kimutathatók a károsított erdőterületek (5. ábra), ugyanakkor ezen területek erdőrézlet szintű, pontos azonosítását a módszer nem teszi lehetővé.

A vegetációs index (NDVI) képletében (1) (Justice et al 1998):

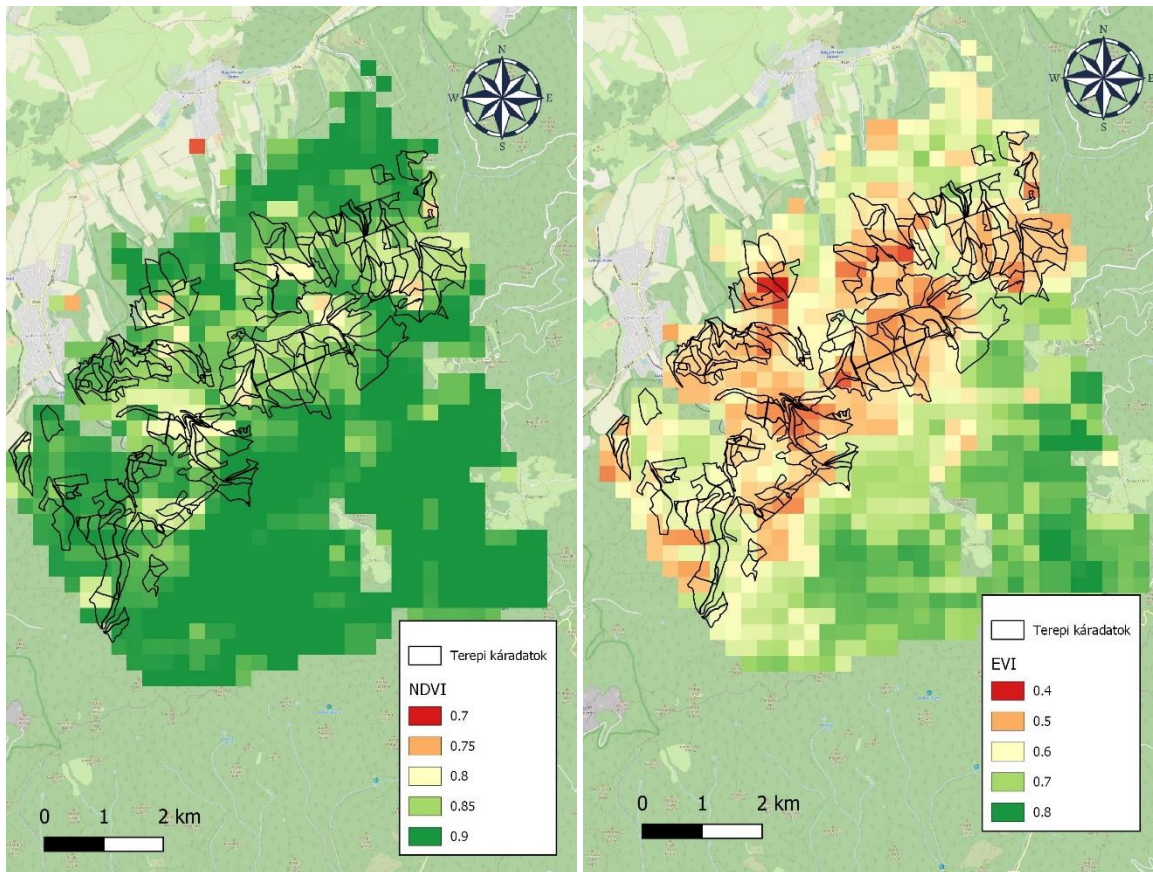
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

ahol a NIR a közeli infravörös, a RED pedig a vörös tartományt jelenteni, az NDVI pedig -1 és +1 közötti értékeket vehet fel. A skálán -1 a vízfelszínnek értéke, 0 a vegetáció mentes területé, és az egyhez közelítő értékek felelnek meg az egészséges növényzetnek.

A Továbbfejlesztett Vegetációs Index (EVI) képlete (2) (Flanagan et al 2002)

$$EVI = 2,5 * \frac{(NIR - RED)}{(NIR + C1 * RED - C2 * BLUE + L)} \quad (2)$$

ahol a NIR, RED, BLUE a spektrum közeli infravörös, látható vörös, illetve kék tartományai; az L, a C1 és a C2 az aeroszol visszaverési koefficiensek a kék és vörös csatornákból, melyeket a csatornákat befolyásoló aeroszolok hatását csökkentik. Ezek az értékek a következők: L = 1, C1 = 6, C2 = 7,5 és G (szorzó) = 2,5. Ezen a skálán az egészséges növényzet 0,2-0,8 értéket vehet fel.



5. ábra: Szilvásvár és Nagyvisnyó MODIS NDVI (a) és EVI térképe (b) 2017.07.12.

Sentinel-2 űrfelvételek alkalmazása

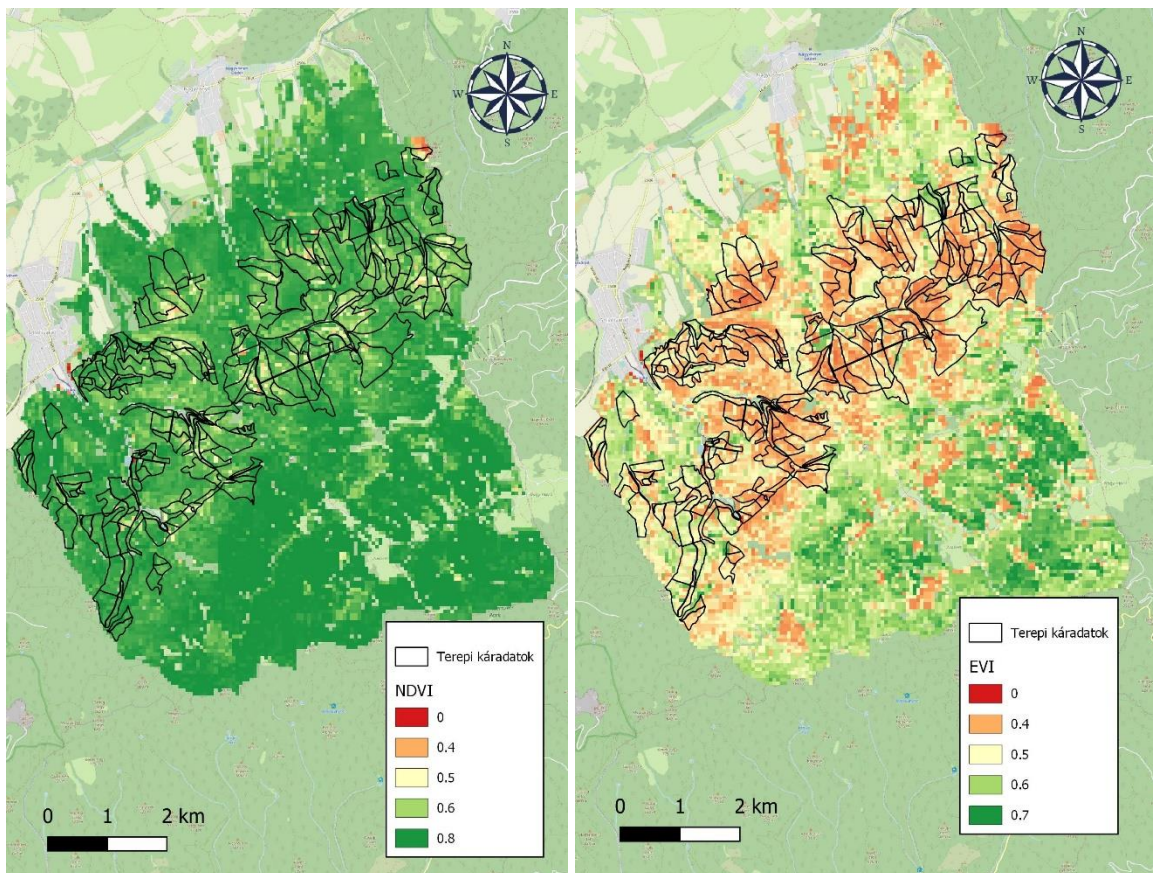
Az Európai Űrügynökség (ESA) Sentinel-2 L1C és L2A felvételei az ESA Copernicus Open Access Hub-járól származnak, előbbi csak egy globális, ún. PlanetDEM digitális domborzatmodellel, utóbbi egy fejlettebb eljárással, a Sen2Cor segítségével atmoszférikusan is korrigált. A letöltött, nagyfelbontású (10x10 m) raszterekből az NDVI index-térképeket a QGIS és a Sentinel Application Platform (SNAP) programok segítségével állítottuk elő.

Az elkészült $100 \times 100 \text{ km}^2$ -es térkép az NDVI skála közel teljes terjedelmén mozgó értékeket vett fel, melyek önmagukban nem mutatják elég markánsan a bekövetkezett változásokat, ezért maszkolással és szűréssel pontosítottuk az eredményt. Az űrfelvételek maszkolása először a Központi-Bükk erdőgazdasági tájon belül Szilvásvár és Nagyvisnyó községhatárokra történt, majd az Országos Erdőállomány Adattár alapján az erdővel nem borított, következő kódjegyzékű területeken is: út, nyiladék és vezetékek védősávja, erdei vízfolyás és erdei tó, erdei tisztás, erdei épület, tározó, csatorna és halastó. A megmaradt 923 db erdőrészletre az NDVI skála pontosabb lett, hiszen csak a valóban erdővel borított területek maradtak bent az elemzésben (6. ábra).

A Sentinel-2 űrfelvételeken is alkalmaztuk a Továbbfejlesztett Vegetációs Indexet (EVI) is, azonban ezen felvételen más a dinamikai tartomány, mint a MODIS műholdképeken.

A Sentinel-2 űrfelvételeken továbbá képosztályozást is végeztünk. Ehhez a QGIS térinformatikai program SCP (Semi-automatic Classification Plugin) modulját használtuk. Először a 2016. augusztus 28-i felvételt osztályoztuk, mint hőtörés előtti állapotot, majd a 2017. június 4-i és 24-i felvételből készített kompozitot, mint hőtörés utáni állapotot. A felvételeket előkészítettük, a pixelértékek simítására Gauss-szűrőt használtunk. Az űrfelvételek 2-es kék, 3-as zöld, 4-es vörös, és 8-as közeli infravörös sávjai tartalmazzák a legtöbb, számunkra

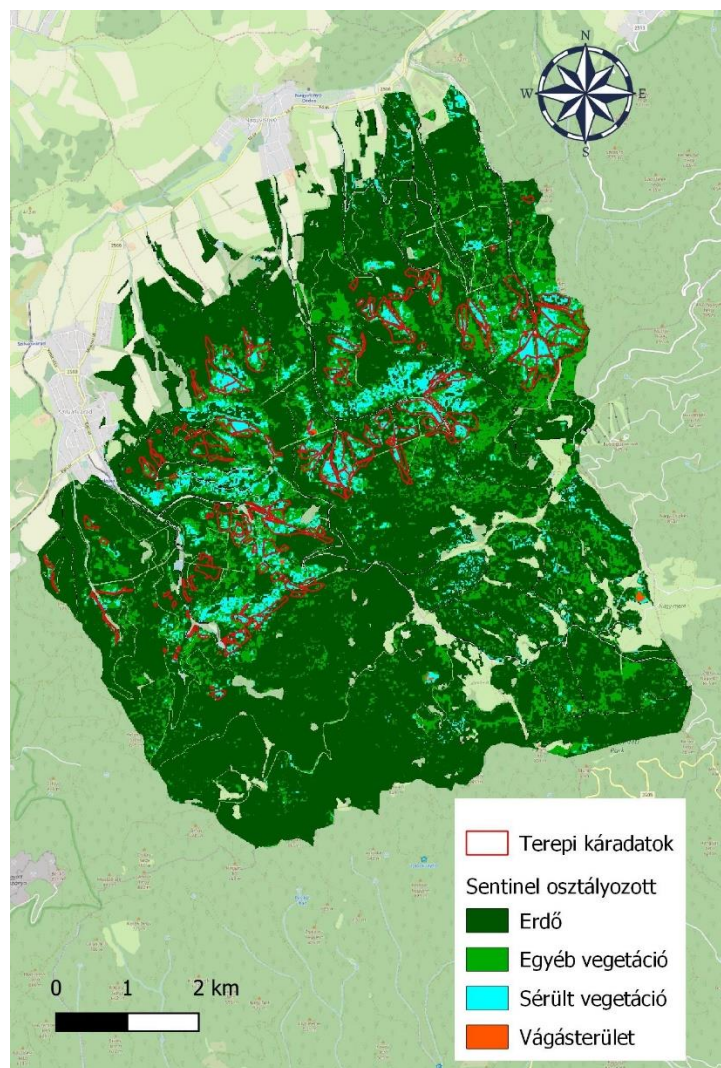
értékes információt, 10 m-es terepi felbontásuk lévén, így ezekből egy virtuális réteget hoztunk létre. Ezután a Központi-Bükk (211-es erdőgazdasági táj) térképével kivonatot készítettünk. Az SCP modulban felvettük a tanítóterületeket (ROI: regions of interest – érdeklődési területek) egy „scp” szöveges dokumentumba. A kijelölésnél nagy figyelmet kellett fordítani arra, hogy a jellemző osztályok (pl. erdő vagy rét) különböző színárnyalatait felvegyük. Így többek között a fenyőállományok és árnyékos domboldalak sötétebb színét, valamint a fiatal erdősítések világos színeit is figyelembe kellett venni. Négy fő felszínborítási osztályt hoztunk létre, amelyek közül kettőnek (erdő és sérült vegetáció) a területe a lényeges. A tanítóterületek kijelölése után lefuttattuk az osztályozást. Az osztályozott képet Szilvásvárad és Nagyvisnyó községhatárokra a 211-es erdőgazdasági tájba tartozó térképével ismét méretre vágtuk. A „Sérült vegetáció” osztály azokat a területeket képviseli, ahol a zárt erdőtömbök folytonossága megszakad, és a csupasz talajfelszín, valamint a dőlt törzsek színe láthatóvá válik a képen. Az osztály tanítóterületeit főként terepi bejárásaink tapasztalatai alapján vettük fel. Akár egy terepi bejárás is elegendő ahhoz, hogy később a műholdfelvételen önállóan felismerjük a hótörés és széldöntés által károsított vegetáció megjelenését (7. ábra).



6. ábra: Szilvásvárad és Nagyvisnyó Sentinel-2 NDVI (a) és EVI térképe (b) 2017.06.04.

Referencia káradatok

A terepi káradatok az Egererdő Zrt. Szilvásvárad Erdészeti Zrt.-től származnak, ahol 193 erdőrészletben jeleztek sérüléseket, összesen 560 hektáron, ahol a károsodás átlagos területe a teljes erőrészlethez képest 46,33%-os. A sérülésnek két típusát lehet elkülöníteni; a szálankénti sérülés területi aránya 48,82%, míg a tömbös károsításoké 51,18%. A tömbös károsítások tartalmazzák a sérült fatérffogat 83,20%-át. Fafaj tekintetében csaknem 81% bükk, 11% tölgy és 8% gyertyán, EKL, ELL és fenyő fafajok voltak érintve a katasztrófában.



7. ábra: Szilvásvárad és Nagyvisnyó osztályozott Sentinel-2 térképe a terepi káradatok poligonjaival 2017. 06. 04.

Digitális Domborzatmodell (DDM)

A rendelkezésünkre álló $10 \times 10 \text{ m}^2$ -es felbontású Digitális Domborzatmodell alapján vizsgáltuk meg a károsított területek tengerszint-feletti magasságát. Ebből a modellből továbbá levezetett modelleket állítottunk elő az inkrementális függvények segítségével. Meghatároztuk a lejtést ($^\circ$), és a kitettséget ($^\circ$ azimut), és elemeztük, hogy a károsított területek milyen lejtésű és kitettségű területeken voltak a leggyakoribbak.

Vizsgálati eredmények

Az Északi-Bükk általunk vizsgált 5435 ha-os területén az összes felhasznált kártérképezési módszert sikeresen alkalmaztuk. Mind a referenciaként vett terepi adatokból álló káradatok, valamint az ezekhez hasonlított űrfelvételek és elemzések is kimutatták a károsodásokat, bár eltérő mértékben és kiterjedésben. A közepes felbontású illetve nagyfelbontású műholdképeket elemezve 5,29-6,7%-os károsodást tapasztaltunk, melyek területe 297-364,03 ha között változott, a különbségek mértéke pedig 1,41% illetve 66,33 ha volt (1. táblázat). A Sentinel-2 alapú NDVI maximális 0,86-os értéke a sérülésnél 0,63 alá esett, ez több mint két tizedes eltérést mutat, míg a MODIS-nál ezek az értékek rendre 0,93 és 0,83, tehát egy tizedes az eltérés. Az EVI értékek közt is közel két tizedes eltérés van a két műhold adatainál.

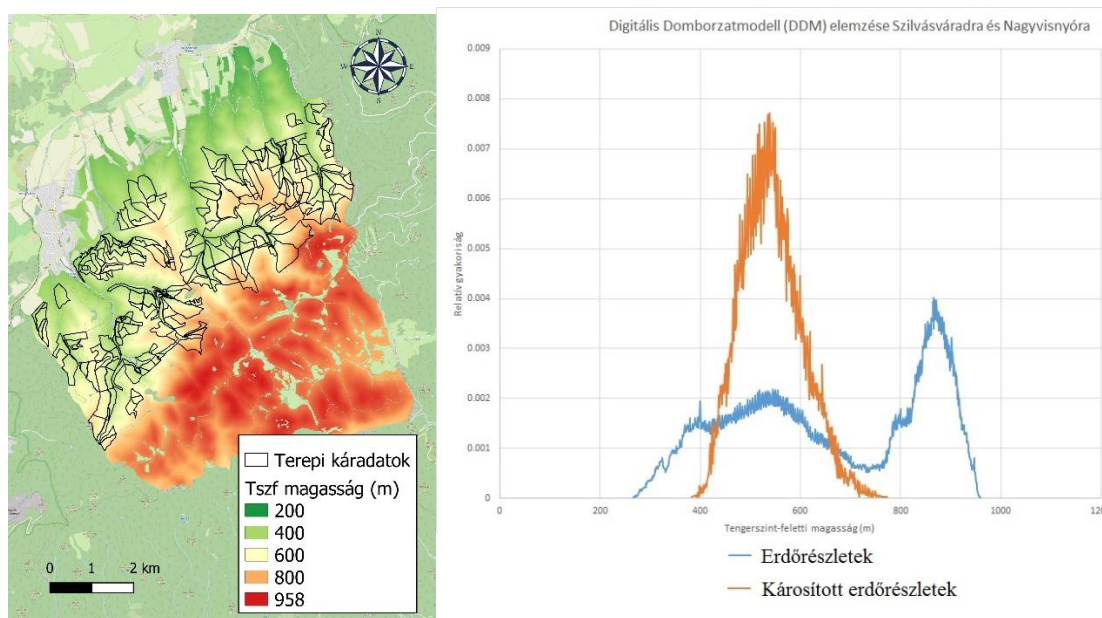
A károsítások definíciójának megválasztásánál problémát okozhatnak a műholdak időbeli és térbeli felbontásbeli, a feldolgozás (korrekció, szűrés, vágás) módszertani, az indexek

számításbeli, a terepi felvételezés módszerének különbségei. Ahhoz, hogy egységesebb, pontosabb képet kapjunk, a jövőben további kutatások szükségesek.

2. táblázat: A különböző módon kimutatott erdőkárok összehasonlítása

Forrásadat	Károsított terület részaránya (%)	Károsított terület nagysága (ha)	Károsítás definíciója
MODIS NDVI	5,3	298	NDVI < 0,82
MODIS EVI	6,2	346	EVI < 0,5
Sentinel-2 NDVI	6,7	364	NDVI < 0,63
Sentinel-2 EVI	6,0	329	EVI < 0,33
Sentinel-2 osztályozott	6,3	341	sérült vegetáció
Terepi káradatok	6,1	328	kárgyakoriság > 60%

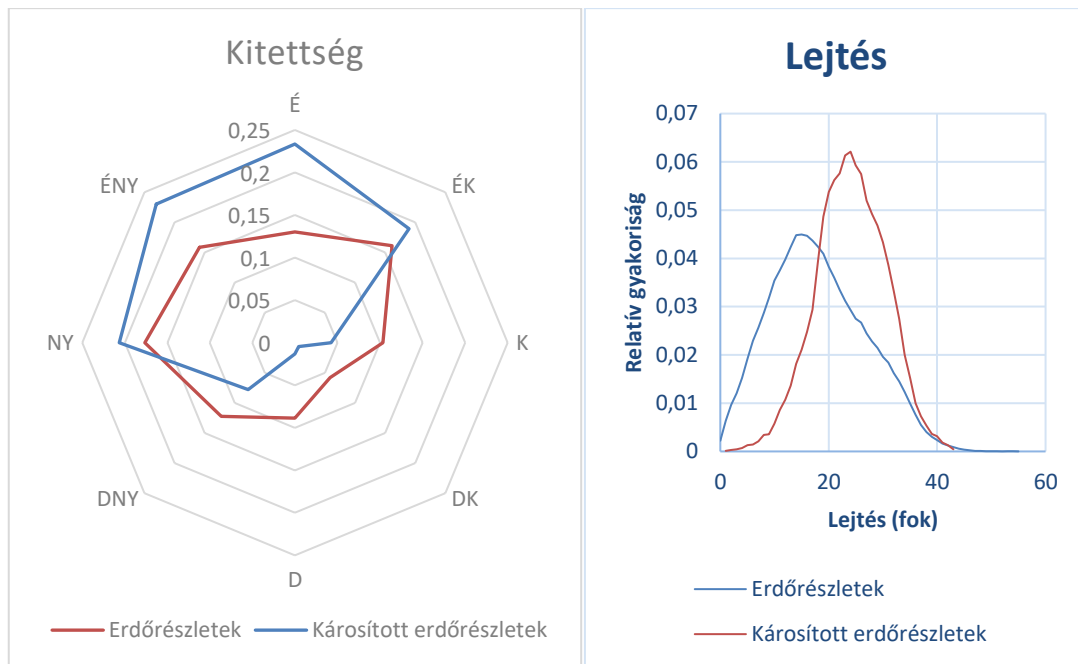
A Digitális Domborzatmodellből készült tengerszint-feletti magasság elemzését mutatja a következő ábra (8. ábra).



8. ábra: A tengerszint-feletti magasság és a károsított erdőrészetek elhelyezkedése közti kapcsolatot: (a) térképi, horizontális; és (b) a tszf. magassági, vertikális ábrázolásban

A gyakorisági eloszlás elemzése alapján a 420-676 m-es tszf. magasságú területeket érintett leginkább a káresemény (8. ábra), az eloszlás módusza 539 m-nél található. A 750 m-es tszf. magasság fölött már egyáltalán nem okozott kárt az áprilisi hó, a fennsíki területek épen maradtak. Ennek az a magyarázata, hogy a magas fekvésű területeken rövidebb a vegetációs időszak és a fák még nem voltak lombos állapotban, illetve ebben a magasságban a csapadék porhó formájában, nem pedig nedves hó formájában hullott. (Grédics, 2018.) A lejtés tekintetében 12°-36° fok közötti területek károsodtak leginkább, itt a módusz 24°-nál található. A kitettségek alapján pedig elsősorban az É-i és az ÉNY-i lejtők károsodtak, de még az ÉK-i és a NY-i kitettség esetében is gyakoriak voltak a káresemények (9. ábra).

A domborzatmodellek további, az űrfelvételekkel történő együttes elemzése is számos további lehetőséget takar, ez már azonban egy következő tanulmánynak lehet majd a témája.



9. ábra: A kitettség (a) és a Lejtés (b) a károsított és az összes erdőrészet esetében

Köszönetnyilvánítás: Köszönetünket fejezzük ki az Egererdő Zrt Szilvásváradai Erdészetének a terepi káradatok rendelkezésünkre bocsátásáért és a hasznos szakmai tapasztalatok megosztásáért.

Irodalomjegyzék

- BARKA, I. – LUKEŠ, P. – BUCHA, T. – HLÁSNY, T. – STREJČEK, R. – MLČOUŠEK, M. – KRÍSTEK, Š. (2018): Remote sensing-based forest health monitoring systems-case studies from Czechia and Slovakia. *Lesnícky Časopis*. 64. 259–275. 10.1515/forj-2017-0051.
- FLANAGAN, L. B. – L. A. WEVER, – P. J. CARLSON (2002): Seasonal and interannual variation in carbon dioxide exchange and carbon balance in a northern temperate grassland, *Global Change Biol.*, 8, 599–615.
- GRÉDIC L. (2018): Diplomamunka. Hókárosított állományok fahasználatának vizsgálata az EGERERDŐ Zrt. Szilvásváradai Erdészetének területén. SOE EMK EMKI. 4.
- HLÁSNY, T. – BARKA, I. – SITKOVÁ, Z. – BUCHA, T. – KONÓPKA, M. – LUKAC, M. (2014): MODIS-based vegetation index has sufficient sensitivity to indicate stand-level intra-seasonal climatic stress in oak and beech forests. *Annals of Forest Science*. 72. 10.1007/s13595-014-0404-2. Lambert et al, 2013,
- JOHN, R. – CHEN, J. – OUYANG, Z. – XIAO, J. – BECKER, R. – SAMANTA, A. – GANGULY, S. – YUAN, W. – OCHIRBAT, B. (2013): Vegetation response to extreme climate events on the Mongolian Plateau from 2000 to 2010. *Environmental Research Letters*. 8. 035033. 10.1088/1748-9326/8/3/035033.
- JUSTICE C. O. *ET AL.*, (1998): The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research, in *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 36, no. 4, pp. 1228-1249, July 1998. doi: 10.1109/36.701075
- KOVÁCS F. – GULÁCSI A. (2018): MODIS EVI/NDVI alapú monitoring erdőterületeken 2000–2017 között a klímaváltozás földrajzi hatásának kimutatásában. *Geodézia és Kartográfia*. 19-27. 10.30921/GK.70.2018.5.3.
- MOLNÁR T. – BIRINYI M. – KIRÁLY G. – MÓRICZ N. – KOLTAY A. – HIRKA A. – CSÓKA GY. – SOMOGYI Z. (2019): Egy bükki hótörés távérzékelési elemzése MODIS és Sentinel-2 ürfelvételek alapján. *Geomatikai Közlemények* 22., 2019. (Megjelenés alatt)
- ZHU, Z. – FU, Y. – WOODCOCK, C. – OLOFSSON, P. – VOGELMANN, J. – HOLDEN, C. – WANG, M. – DAI, S. – YU, Y. (2016): Including land cover change in analysis of greenness trends using all available Landsat 5, 7, and 8 images: A case study from Guangzhou, China (2000–2014). *Remote Sensing of Environment*. 185. 10.1016/j.rse.2016.03.036.

SPEKTRUMELŐKÉSZÍTÉSI ELJÁRÁSOK HATÁSA A BIODEGRADÁLT FAANYAG FT-IR SPEKTRUMAINAK ÉRTÉKELÉSÉBEN

KISS PÉTER ÁRON¹, RÁKOSA RITA², NÉMETH ZSOLT ISTVÁN²

¹ University of Applied Sciences Wiener Neustadt

² Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet
nemeth.zsolt@uni-sopron.hu

Bevezetés

A lignocellulóz tartalmú faipari, ill. mezőgazdasági melléktermékek biogáz-gyártási célú felhasználhatósága kiemelt jelentőségű. Alapanyagként történő felhasználásuk a lignintartalmat bontó, valamilyen előkészítő eljárást követően biztosítható. A korhasztásos lebontás ígéretes technológiai előkezelésnek tűnik, amelynek monitorozására FT-ATR-IR spektrometriás mérési és sokváltozós adatértékelési eljárást dolgoztunk ki. A vizsgálati módszerfejlesztéshez a fenyő- és a lombos faanyag mintákat, mint modell anyagokat fehér- illetve barna korhasztó gombával kezeltünk.

Az ATR reflexiós spektrometria lehetővé teszi a faanyag gyors és minta-előkészítés nélküli vizsgálatát. Az FT-ATR-IR spektrum rejtett információtartalmának kinyeréséhez a spektrum-előkészítő eljárások összehasonlítása kiemelt figyelmet kapott, mivel az adatelőkészítő eljárás szisztematikus megválasztása még nem alakult ki a spektrometriában (LEE *et al.* 2017), továbbá a különböző spektrum-előkészítési lehetőségeknek hatása a faanyag-, illetve gomba spektrumokra még nem kellően tisztázott. Hat spektrum-előkészítési eljárásnak a PCA (*principal component analysis*) felbontásra gyakorolt hatásosságát a spektrum-csoportok Wilks-lambda értékeinek összehasonlításával jellemeztük. A rejtett információ kinyerés spektrum-előkészítési paramétereiktől való függését vettük figyelembe a potenciális előkészítési eljárások deklarációjánál.

Anyag és módszer

Spektrométer: Shimadzu IRAffinity-1 FTIR + HATR-10 (ZnSe), 4000-670 cm^{-1} , felbontás: 1 cm^{-1} , apodizáció: Happ-Genzel, szkennelt spektrumok: 49; szoftver: IR-solution atmoszférikus spektrumkorrekció. Faanyag: erdeifenyő (*Pinus sylvestris*) és tölgy (*Quercus spp.*). Gomba: Barna korhasztó- (*Serpula lacrymans*) és fehér korhasztó gomba (*Pleurotus ostreatus*). A spektrumokat a faanyag mintákról ($8 \times 2 \times 0,3 \text{ cm}^3$) a korhasztó gombákkal való kezelés előtt (referencia minták) és közben (degradált minták) vettük fel. A korhasztási folyamat monitoring vizsgálata 7 héten keresztül zajlott, heti 1 mérési gyakorisággal. Ezen kívül a korhasztó gomba micélium tenyészetek spektrumait referencia spektrumokként is rögzítettük.

Adatelőkészítési stratégiák:

1. Mozgó átlag+SNV;
2. Mozgó átlag+ Trendmentesítés+SNV;
3. Savitzky-Golay-féle simítás+SNV;
4. Savitzky-Golay-féle simítás+Trendmentesítés+SNV;
5. Savitzky-Golay-féle simítás+ Első derivált+ SNV;
6. Savitzky-Golay-féle simítás+ Második derivált+SNV.

Eredmények és diszkusszió

Az alkalmazott adatelőkészítési eljárások három kategóriába sorolhatóak. Elsőként a spektrumok zaj komponensét csökkentő mozgó átlag illetve Savitzky-Golay-féle simítást alkalmaztunk. Mindkét módszer egy a spektrumokon végig csúsztatott ablakot használ. A mozgó

ablak által kijelölt tartományban történik a spektrumok modifikációja. A mozgó átlag a kiválasztott értékek középértékével helyettesíti a kijelölt tartományt. Minél nagyobb az ablak, annál nagyobb mértékben csökken a zajintenzitás, viszont ezzel arányosan csökken a vizsgált spektrum felbontása, ami információvesztést von maga után. A mozgó ablak méretének optimalizálása az értékelési eljárás részét képezte. A Savitzky-Golay módszerrel különböző fokszámú (2-5) polinomokat illesztettünk a kijelölt tartományra. Egy magasabb fokszámú polinom képes a kisebb spektrális változásokat is megközelítőleg visszatükrözni.

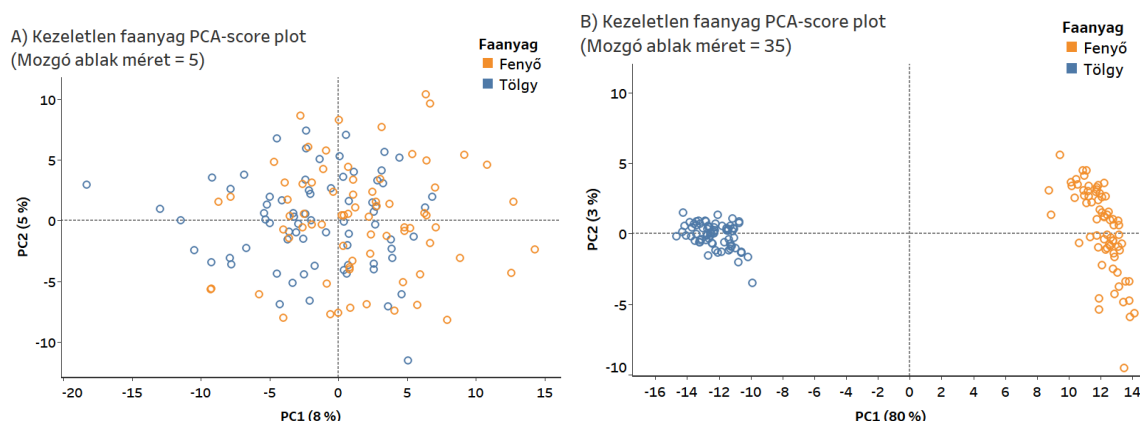
A faanyag, illetve gomba spektrumok nem lineáris alapvonal eltolódással is terheltek, amit nagyrészt a minta eltérő víztartalmának infravörös fényelnyelése okoz. Ennek korrekcióját trendmentesítéssel és spektrális deriváltak származtatásával valósítottuk meg. A trendmentesítéshez egy harmadfokú polinomot alkalmaztunk, amit faanyagnál az 1850-669 cm^{-1} -es és gomba micélium esetén a 2000 - 669 cm^{-1} -es hullámszám tartományra illesztettünk. A deriválás fokszámának növelésével hatékonyan lehet a nem lineáris jellegű alapvonal eltolódásokat korrigálni, viszont a nagyobb fokszám növeli a zajamplitúdót, ill. csökkenti a jel/zaj viszonyt. A magasabb rendű deriváltak használatának határt szab a spektrum felbontása, ill. a zaj amplitúdó nagysága (RINNAN *et al.* 2009). Ezért a deriválás előtt egy zaj komponens csökkentő eljárást iktattunk be. A spektrális deriváltakkal szemben a trendmentesítés a jel/zaj viszony csökkenése nélkül tette lehetővé a háttérjel bizonytalanságának korrekcióját.

A spektrométerben jelentkező elektromos fluktuációk, illetve a mintatestnek az egykristályra való felfekvésének tökéletlenségéből eredő szóródást a spektrum standardizálás (SNV), illetve a multiplikatív szóródási korrekció (MSC) adatelőkészítő eljárások alkalmazásával kompenzáltuk. Az esetek túlnyomó részében az SNV és MSC hasonló vagy akár egyenértékű eredményeket szolgáltat (RINNAN *et al.* 2009). E kettő közül az adatelőkészítési stratégiába az SNV módszert illesztettük.

A különböző adatelőkészítési stratégiákat (1–6.) a minták osztályozhatóságára kifejtett hatásuk alapján értékeltük. Az osztályozhatóságot a Wilks-lambda értékekkel számszerűsítettük, ill. jellemeztük:

$$\Lambda = \frac{|W|}{|W+B|}, \quad (1)$$

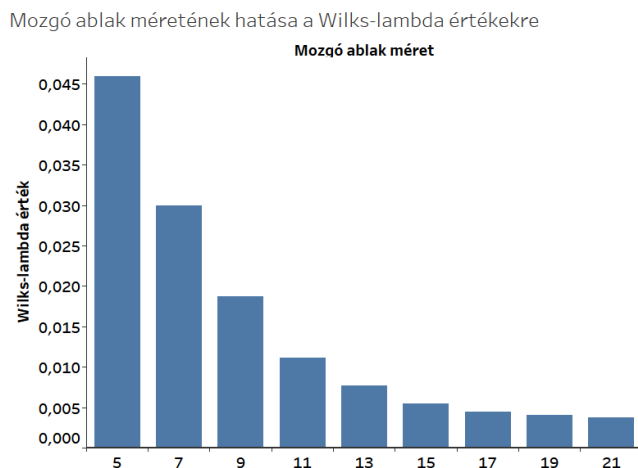
ahol Λ az adatelőkészítési eljárásra jellemző Wilks-lambda érték, W az osztályok közötti távolságok mátrixa és B az osztályokon belüli távolságok mátrixa.



1. ábra: Adatelőkészítési stratégia eltérő mozgó ablakméretnek a hatása a PCA felbontásra

A zajt csökkentő módszerek mozgó ablakának mértéke szignifikáns jelentőségű az eredmények szempontjából (1. ábra). Az optimális ablakméret meghatározása kulcsfontosságú. A derivált spekt-

rumok felhasználásakor átlagosan a magasabb ablak méretek bizonyultak megfelelőbbeknek, míg egyéb adatelőkészítő eljárásoknál kisebb ablakok voltak eredményesebbek. Ennek ellenére egy általános érvényű méret nem határozható meg, mivel az nagyban függ az adatok struktúrájától. Legeredményesebben a „*grid search*” eljárással lehetett a mozgó ablak optimális méretét meghatározni. A lehetséges ablakméreteket is a Wilks-lambda értékekkel mi-nősítettük (2. ábra).



2. ábra: Optimális mozgó ablak méretének vizsgálata (6. adatelőkészítési stratégia)

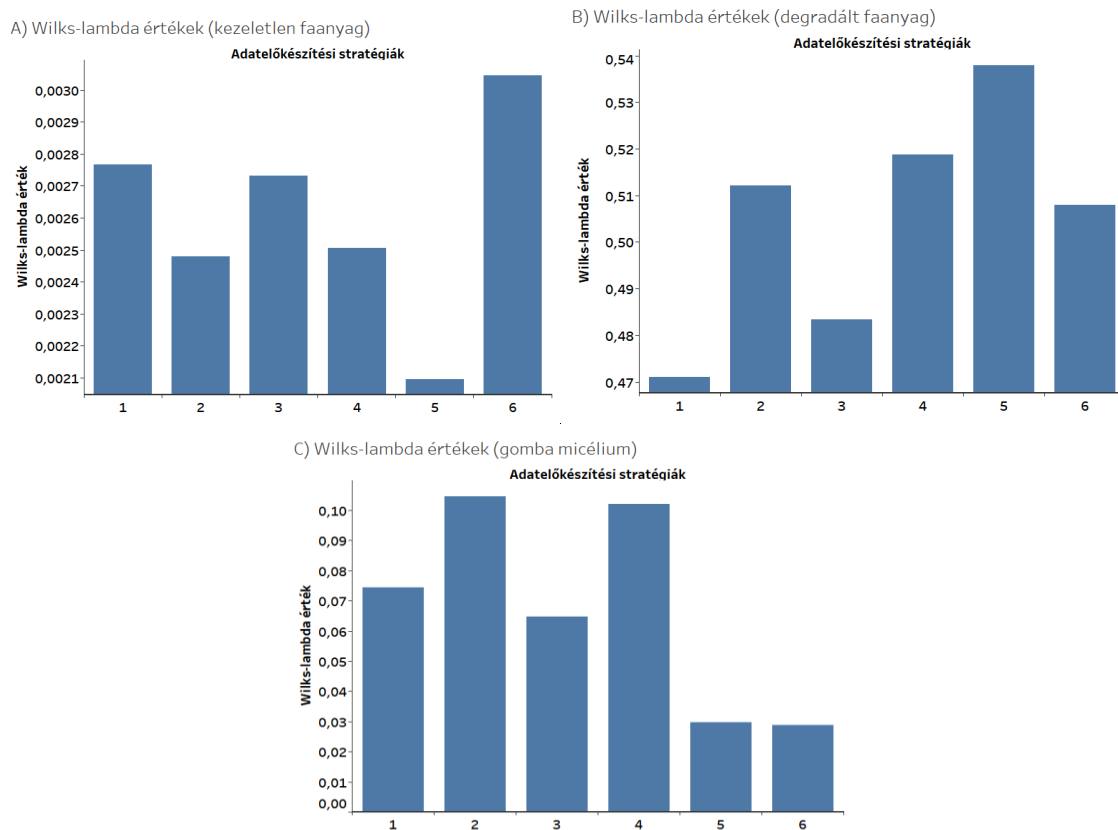
Végül az adatelőkészítési stratégiákat hasonlítottuk össze egymással, szinten a Wilks-lambda értékeket felhasználva. Az összehasonlításhoz a gomba micélium, a referencia- és degradált faanyag spektrumokat külön értékeltük (3. ábra). A módszerek abszolút rangsorolása a Wilks-lambda értékek alapján azonban nem általánosítható. Az adatstruktúra jelentős változása esetén a rangsor megváltozhat. Néhány adatelőkészítési eljárás Wilks-lambda értékei között csak kismértékű eltéréseket tapasztaltunk, ezek statisztikai értelemben ekvivalenseknek tekinthetők. A szignifikanciát közöttük a Grubbs-féle kiugróérték vizsgálati teszt (GRUBBS 1950) alapján értelmeztük.

Az adatelőkészítési eljárások közötti különbségek leginkább a magasabb víztartalmú minták esetén mutatkoztak meg. A referencia spektrumoknál légszáraz állapotú (12-16%) faanyagról készültek felvételek. Ennek következtében az adatelőkészítő stratégiák közötti különbségek minimálisak voltak (3.a.ábra). A faanyag degradációja közel 100%-os relatív levegő nedvességtartalom mellett zajlott. A degradálódó faanyag és a gomba micélium nedvességtartalmai megközelítőleg normáeloszlást követő valószínűségi változók. Így értékeiknek mintáról mintára adódó eltérései kapcsolatba hozhatók az előkészítési eljárások eredményei között tapasztalt különbségekkel. A degradált faanyag nedvességtartalma 30-50% között változott, a gomba micélium nedvességtartalma pedig 100%-os volt. Az ábrák is vizs-zatükrözik, hogy a derivatív adatelőkészítő eljárások a gomba micélium mérésekor voltak eredményesebbek, amikor a minták víztartalma közel száz százalékos volt (3.c. ábra). A degradált faanyag esetén a deriválást nélkülöző stratégiák közepes víztartalom mellett sze-repeltek hatásosan (3.b. ábra).

Összefoglalás

Adatelőkészítési eljárások segítségével szignifikáns mértékben növelhetjük a spektrumok minőségét. Az ATR mérési kivitelezés bizonytalansága, mint például a próbatest felfekvé-sének egyenletlenségei, kiküszöbölhetőek a megfelelő spektrumelőkészítő eljárás kiválasztásával. A rejtett információ kinyerés maximalizálása érdekében ezen eljárásokat a vizsgált anyag tulajdonságaira specifikusan szükséges kiválasztani. Zajcsökkentő eljárásoknál a mozgó ablak mérete jelentősen befolyásolja a spektrumok minőségét. Törvényszerűségek

kevésbé állapíthatók meg, ezért javasolt az adatelőkészítési paramétereknek optimalizálása az adott spektrumbázisra. A spektrális alapvonal sodródásának (drift) mértéke az anyagi összetevő mennyiségi arányától függ. Szerves, biológiai minták esetén a drift általában a próbatest víztartalmára vezethető vissza. Alacsony nedvességtartalom esetén nem mutatkozik jelentős különbség az adatelőkészítési módszerek között. Közepes nedvességtartalom (30-50%-os nedvességtartalom) esetén a trendmentesítés, míg nagyobb koncentrációk ($\approx 100\%$) esetén a deriválási módszerek hatásossága mutatkozott optimálisnak.



3. ábra: Adatelőkészítési stratégiák értékelése a Wilks-lambda értékek származtatásával. (Az adatelőkészítési stratégiák számozása az Anyag és módszer bekezdésnek megfelelően történt.)

Köszönetnyilvánítás: A kutató munka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- GRUBBS, F. E. (1950). Sample criteria for testing outlying observations. *Annals of Mathematical Statistics* 21 (1). 27–58.
- LEE L, C. – LIONG, C.Y. – JEMAIN A. A. (2017): A contemporary review on data preprocessing (DP) practice strategy in ATR-FTIR spectrum. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 163. 64–75.
- RINNAN, A. – BERG, F.V.D. – ENGELSEN S. B. (2009): Review of the most common preprocessing techniques for near-infrared spectra. *TRAC Trends in Analytical Chemistry* 28 (10). 1201–1222.

KÉKÜLÉST OKOZÓ GOMBÁK ÉS A SZÚBOGARAK KAPCSOLATA

BALÁZS BALÁZS – TUBA KATALIN – LAKATOS FERENC
Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet
balazsbalazsg@gmail.com

Bevezetés

A magyarországi fenyőállományok pusztulása mára már állandósult probléma a hazai erdőgazdálkodásban. A jelenség több tényező, komplex leromlási folyamatok következménye, melyek elsősorban a termőhelyi viszonyokra vezethetők vissza. A hazai fenyőállományok jelentős része szélsőséges adottságok között tenyészik, így igen gyenge egészségi állapotban vannak. A termőhelyi tényezők közül kiemelt fontosságú a klíma, melynek egyre dinamikusabb alakulását figyelhetjük meg. Gyakoribbá válnak az aszályos időszakok, az enyhe, hóborítás nélküli téli időszakok, amik a talajok száradását eredményezik. A szélsőséges időjárási jelenségek, mint a nyári jégverések, tovább ronthatják a helyzetet.

A legyengült állományokban gyakori a károsítások és betegségek előfordulása, különösen az elegyetlenül ültetett fafajok esetén. A fenyőket tekintve az egyik legfontosabb károsítók a szúbogarak, melyek az egész világon, így hazánkban is hatalmas ökológiai és gazdasági károkat okoznak. Magyarországon először 1946-1948 között tapasztaltak a soproni lucosokban jelentősebb szúkárokat, majd egy hosszabb kármentes időszak után a 80-as évek elejétől kezdve ismét szükségessé váltak a szúkárok miatti egészségügyi termelések. A legérélyesebb károsítások 1991-ben kezdődtek először a soproni lucfenyvesekben. Ezek a problémák később az egész Nyugat-Dunántúlon, a Bakonyban és az Északi-középhegységben is megjelentek. Az AESZ kimutatásai szerint 1990-1997 között közel 400 000 m³ lucfenyő került letermelésre a szúkárok következtében. A szúk az elmúlt évtizedekben is jelentős károkat okoztak nemcsak a lucfenyő, hanem más fenyő- és lombos állományokban is, így az ellenük való védekezés kiemelt fontosságú a tartamos erdőgazdálkodás fenntartásához (VARGA 2001).

A szúk hatása erdeink egészségére nézve nem merül ki az élettevékenységükkel okozott károsításokban. Erdővédelmi szempontból vektor szerepük is jelentős, mivel számos gombát hurcolnak magukkal, leggyakrabban a faanyag kékülését okozó gombákat. Ezeket a gombafajokat általában az Ascomycota törzs Sordariomycetes osztály két külön rendjébe sorolják. Az egyik rend az Ophiostomatales, az ide tartozó nemzetségek az *Ophiostoma* és a *Grossmannia*, valamint ivartalan alakjaik. A másik rend a Microascales, jellemző nemzetségei a *Ceratocystis* és az *Endoconidiophora*, valamint ivartalan alakjai. A szakirodalom ezeket a taxonokat az ophiostomatoid gombák gyűjtőfogalomba integrálva írják le, mivel morfológiai bélyegeik alapján nagyon hasonlóak. Az ophiostomatoid gombák egyes képviselői lehetnek patogének, de vannak köztük olyanok, melyek nem váltanak ki betegséget a gazdanövényen. Az aktuális kutatási trendek alapján, a szú-gomba kapcsolatrendszer sokkal árnyaltabbak. A társult gombaközösségek, nem szűkíthetők le patogén és nem patogén kategóriákra. A szúk és a gombák ún. szimbiózisban élnek. A szimbiózis kapcsán általában a kölcsönösen előnyös együttélésre, más szóval mutualizmusra gondolunk, ami a szimbiózis fogalmának egy szűkebb értelmezése. Tágabb értelemben a szimbiózis értelmezhető más együttélési formákra, ahol nem minden esetben beszélünk előnyökről. Amennyiben ez a kapcsolat legalább az egyik fél számára hátrányos, antagonizmusról beszélünk. Ilyen értelemben a patogenizmus az antagonizmus egy esete. Előfordulhat olyan kapcsolat is, melyben csak egy résztvevő vagy egyik résztvevő sem jut előnyökhöz. Előbbit kommenzalizmusnak, utóbbit neutralizmusnak nevezik. Ezek az interakciók a természetben nem minden esetben jelennek meg ilyen egyértelműen, számos átmenet létezik. Az egyes szimbiotikus kapcsolatok inkább a kapcsolat előjelét jellemző spektrum egy-egy pontján helyezkednek el. Megemlítendő, hogy

ugyanazon szimbiotikus kapcsolat különböző ökológiai kontextusokban eltérően jelenhet meg.

A szúk és gombák szimbiózisait vizsgálva két alapesetet kell elkülöníteni, ami a szúbogarak táplálkozásbiológiájából következik. Megkülönböztetünk fában és kéregben költő szúbogarakat. Az előbbit ambrózia bogarakként is szokás emlegetni, melyek erősen függnek mutualista szimbiontáiktól, az ún. ambrózia gombáktól. A tápanyagként szolgáló gombákat a xylemben készített menetek falára telepítik. Ezeket a gombákat egy speciális strukturában a mycangiumban szállítják. A mycangium mirigyei által termelt szekrétum védi és táplálja a gomba spóráit. A morfológiai adaptáció és az erős függés a szimbiontáktól jól mutatja, hogy ez a kapcsolat egy hosszú koevolúciós folyamat eredménye.

A másik nagy csoport a kéregben költő szúk, melyek a tápanyagban gazdagabb phloemmel táplálkoznak. A kéregben költő fajok kapcsolata nem teljesen tisztázott. Nem függnek annyira a gombapartnerektől, mint az ambrózia bogarak, mycangiumuk nincs vagy kevésbé fejlett. Többnyire az exoszkeleton felszínén, illetve annak szövetében szállítják gombapartnereiket, de ez előfordul egyes ambrózia bogaraknál is. A lazább függés ellenére a kéregben költő szúk számos előnyökhöz juthatnak szimbiontáik jóvoltából. A fa kolonizálása során a gomba segíthet legyűrni a fa védelmi rendszerét úgy, hogy a gomba metabolizálja a fa által termelt toxinokat, vagy akár a bogárra veszélyes kórokozók elleni védekezésben is fontos szerepet játszhatnak. A két nagy csoport között léteznek átmeneti formák is. Vannak olyan kéregben költő szúfajok, melyek a phloem mellett gombapartnereikkel is táplálkoznak, ez lehet általános és eseti jellegű is (SIX 2013; DAVIS *et al.* 2018).

A fentiek alapján elmondható, hogy a gombák és a szúk kapcsolatrendszer rendkívül összetett és számos átmeneti jellegű variációk léteznek, melyeket még nem értünk teljesen, viszont szerepük meghatározó az erdei ökoszisztémák egészségében és stabilitásában. Ezen kapcsolatok feltárása jó alapot adhat a jövőben új védekezési eljárások kidolgozásához is. Az Erdőművelési és Erdővédelmi Intézetben 2005 óta folynak kutatások a témával kapcsolatban. Az elmúlt években három jelentősebb fenyő fafajon, konkrétan a lucfenyőn, a fekete- és erdeifenyőn előforduló kéregben költő szúfajokat és társult gombáit vizsgáltuk.

Anyag és módszertan

A 2005–2007 közötti időszakban a luc-, az erdei- és a fekete- és erdeifenyő jellemző előfordulási helyein fogófák döntésére került sor, amit a szúbogarak megtelepedése utáni mintavétel követett. Lucfenyő minták gyűjtése 2005-ben az Északi-középhegység, a Dunántúli-középhegység és Nyugat-Dunántúl területein történt. Az erdeifenyő törzsek mintavételi helyszínei 2006-ban Dél- és Nyugat-Dunántúl, illetve az Alföld voltak. A fekete- és erdeifenyő minták a Dunántúli-középhegységről és az Alföldről származnak, ezek mintavételére 2007-ben került sor. Újabb mintavételek 2017-ben történtek Vas megyében, erdei rakodóról származó erdeifenyő törzsekből.

A fogófákból származó minták fényeklektorba helyezése során kikelő bogarak meghatározása morfológiai bélyegeik alapján történt. A rakodókról származó faanyag esetén az egyes szúfajok jelenlétére többnyire kárképük, ritkább esetben egyedeik alapján lehetett következtetni.

A kékülts faanyagokból 5-10 cm vastag mintakorongokat vágunk. Ezekből véső segítségével néhány centiméteres rostdarabokat hasítottunk. Ezeket a gomba kitenyésztésének céljából, a megszokott protokollt alkalmazva, táptalajokra oltottuk (MEA, PDA). A tenyészeteket legalább 2 hétig inkubáltuk folyamatos megfigyelés alatt. Telepmorfológiai bélyegek alapján kiválasztottuk a kékültsel összefüggésbe hozható típusokat. A több telepből álló, illetve szennyeződött tenyészetekből, átoltással tiszta tenyészeteket állítottunk elő a további vizsgálatok érdekében.

A gombák azonosítását morfológiai és molekuláris genetikai módszerekkel végeztük, a bevont külföldi partner intézet munkatársainak segítségével (Universität für Bodenkultur, Wien – Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz). A vizsgált gombafajok morfológiai bélyegek alapján történő azonosítása az esetek többségében nem teljesen egyértelmű, ezért fajszintű hovatartozásuk pontos megállapításához genetikai vizsgálatok elvégzése is szükséges volt.

A 2005 és 2007 közötti időszakban gyűjtött minták genetikai vizsgálatánál alkalmazott markerek az újabb mintáknál sajnos nem voltak megfelelőek. A 2017. évi mintagyűjtést követő vizsgálatok során a gombák sejtmagi riboszómális RNS-ét kódoló gének ITS (Internal Transcribed Spacer) régióit polimeráz láncreakcióval amplifikáltuk (WHITE *et al.* 1990). A termékeket az Eurofins Genomics laboratóriumának küldtük el szekvenálásra, a kapott eredményeket pedig az NCBI (National Center for Biotechnology Information) adatbázisával vetettük össze.

Eredmények

A lucfenyő fogófaakat csak a betűzőszú (*Ips typographus*) kolonizálta. Hozzá kapcsolódóan morfológiai bélyegek alapján 6 ophiostomatoid gombafajt azonosítottunk. Ezek a *Ceratocystis*, *Ophiostoma*, *Grosmannia* ivaros, és a *Graphium* ivartalan nemzetségekbe tartoznak (1. táblázat).

3. táblázat: Betűzőszúval társult ophiostomatoid gombák

Szú	Társult gomba	Lelőhely	Gyűjtés éve
<i>Ips typographus</i>	<i>Ceratocystis polonica</i>	Bakonybél, Sopron, Telkibánya	2005
	<i>Ophiostoma ainoae</i>	Bakonybél, Sopron, Telkibánya	2005
	<i>Ophiostoma piceae</i>	Bakonybél, Sopron, Telkibánya	2005
	<i>Grosmannia penicillata</i>	Bakonybél, Sopron, Telkibánya	2005
	<i>Grosmannia piceaperda</i>	Bakonybél, Sopron, Telkibánya	2005
	<i>Graphium fimbriatorum</i>	Bakonybél, Sopron, Telkibánya	2005

A 2006-ban gyűjtött erdeifenyő-mintákon az *Ips sexdentatus*, a *Tomicus minor*, a *Tomicus piniperda* és az *Orthotomicus laricis* szúfajok kerültek beazonosításra. A társult ophiostomatoid gombák morfológiájuk alapján a *Ceratocystis*, és *Ophiostoma* ivaros, valamint a *Graphium* ivartalan nemzetségek fajai (2. táblázat).

Az ophiostomatoid gombák mellett számos egyéb gombát is azonosítottunk. Ezek közül meghatározó a *Sphaeropsis sapinea* előfordulása volt, ami *Pinus*-félék hajtáspusztulását okozza. Bár nem tartozik az ophiostomatoid gombák közé, szintén kiválthatja a faanyag kékülését. A 2017-es Vas megyei mintákban szintén kimutattuk a *S. sapinea* jelenlétét erdeifenyőn, amit a genetikai vizsgálatok eredményei is alátámasztottak (3. táblázat). A minták többségéből *Trichoderma* telepeket tudtunk kinevelni, illetve a többi telep is gyakran fertőzöttnek bizonyult ezzel a gombanemzetséggel. E vizsgálat során ebben az évben ophiostomatoid gombákat nem sikerült izolálni. A helyszíneken az *Ips sexdentatus*, *Tomicus minor* és *Tomicus piniperda* szúfajokat figyeltük meg.

Feketefenyőn az *Ips sexdentatus*, *Tomicus minor* és *Tomicus piniperda* szúfajok károsításai voltak jellemzőek. A gombákra irányuló morfológiai vizsgálatok alapján szinte kizárólag csak a *Sphaeropsis sapinea* jelenléte volt kimutatható. Ophiostomatoid gombákat itt sem sikerült izolálni.

Eredmények megvitatása

A lucfenyőn károsító *Ips typographus* mellett összesen 6 ophiostomatoid gombát tudtunk azonosítani. A szúhoz társult gombaközösség fajösszetétele mindhárom helyszín esetén

megegyezik. A 6 gombafajból az *Ophiostoma ainoae*, a *Grosmannia penicillata*, a *Grosmannia piceaperda*, és a *Graphium fimbriasporum* fajokat csak az *Ips typographus*-szal tudtuk összefüggésbe hozni, és csak lucfenyőn azonosítottuk. Ezek alapján feltételezhető, hogy a gombafajok és a szű között szorosabb kapcsolat áll fenn és nem csak alkalmi társulásról van szó.

4. táblázat: Erdeifenyőn talált szűfajok és társult gomba fajaik

Szűfaj	Társult gomba	Lelőhely	Gyűjtés éve
<i>Ips sexdentatus</i>	<i>Ceratocystis coerulescens</i>	Nagybajom, Óriszentpéter	2006
	<i>Ophiostoma canum</i>	Kerekegyháza	2006
	<i>Ophiostoma piceae</i>	Kerekegyháza	2006
	<i>Ophiostoma minus</i>	Debrecen, Nagybajom	2006
	<i>Ophiostoma piliferum</i>	Óriszentpéter	2006
	<i>Graphium pseudormiticum</i>	Kerekegyháza	2006
<i>Tomicus minor</i>	<i>Ceratocystis coerulescens</i>	Kerekegyháza	2006
	<i>Ophiostoma canum</i>	Kerekegyháza, Óriszentpéter	2006
	<i>Ophiostoma piceae</i>	Kerekegyháza, Óriszentpéter	2006
	<i>Ophiostoma minus</i>	Debrecen, Nagybajom	2006
	<i>Ophiostoma piliferum</i>	Óriszentpéter	2006
	<i>Graphium pseudormiticum</i>	Kerekegyháza	2006
<i>Tomicus piniperda</i>	<i>Ceratocystis coerulescens</i>	Debrecen	2006
<i>Orthotomicus laricis</i>	<i>Ceratocystis coerulescens</i>	Óriszentpéter	2006
	<i>Ceratocystis polonica</i>	Óriszentpéter	2006
	<i>Ophiostoma brunneociliatum</i>	Óriszentpéter	2006
	<i>Graphium pseudormiticum</i>	Óriszentpéter	2006

5. táblázat: A genetikai vizsgálatok eredményei

Izolátumok kódja	Azonosított faj	Lelőhely	Gyűjtés ideje
CS2	<i>Acremonium strictum</i>	Csákánydoroszló	2017.08.15.
CS3	<i>Fusarium</i> sp.	Csákánydoroszló	2017.08.15.
CS4, CS5, CS6, CS7	<i>Trichoderma</i> sp.	Csákánydoroszló	2017.12.07.
D1, D2, D3, D4	<i>Trichoderma</i> sp.	Daraboshegy	2017.12.06.
SZ1, SZ3	<i>Sphaeropsis sapinea</i>	Szentpéterfa	2017.08.08.
SZ2, SZ7	<i>Bionectria ochroleuca</i>	Szentpéterfa	2017.08.08.
SZ5	<i>Fusarium</i> sp.	Szentpéterfa	2017.08.08.
SZ8, SZ9	<i>Trichoderma</i> sp.	Szentpéterfa	2017.08.08.
R1	<i>Sphaeropsis sapinea</i>	Rádóckölked	2017.08.07.
R3	<i>Umbelopsis isabelliana</i>	Rádóckölked	2017.08.07.
R5, R6	<i>Trichoderma</i> sp.	Rádóckölked	2017.08.07.
V1	<i>Bionectria ochroleuca</i>	Vép	2017.08.08.

A szűfajokat tekintve erdeifenyőn az *Ips sexdentatus* és a *Tomicus minor* mindenhol előfordult. A két szűfajjal társult gombák fajösszetételükben és előfordulásukban szinte teljesen megegyeznek. Csak ennél a két szűfajnál lehetett az *Ophiostoma canum*, az *Ophiostoma minus* és az *Ophiostoma piliferum* jelenlétét megfigyelni. Úgy tűnik mind a szűk, mind a gombák élőhelye nagymértékben fedik egymást, így valószínűleg közvetlenül hatnak egymás élettevékenységeire. A *Ceratocystis coerulescens* és a *Graphium pseudormiticum* megjelenése viszonylag általánosnak tűnik erdeifenyőn, kapcsolatuk a szűkkel nem specifikus.

A *Tomicus piniperdahoz* csak egy esetben tudtunk gombát rendelni, a *Ceratocystis coerulescens*-t. Ez az információ önmagában kevés bárminemű következtetés levonásához. Az

Orthotomicus laricis szúfajt csak Óriszentpéteren találtuk meg, így összehasonlítási alapunk nincs. Megjegyzendő, hogy az *Ophiostoma brunneociliatum* gombafaj csak ennek a szúnak a megjelenéséhez kapcsolható.

A *Sphaeropsis sapinea* megítélése bizonytalan. Nem egyértelmű, hogy a szúk közreműködésével fertőzte meg a gazdanövényt vagy más, esetleg mechanikai sérüléseken keresztül, vagy akár természetes úton telepedett meg és szaporodott fel a fenyőkben. A szakirodalmak alapján általában a fiatal hajtásokat fertőzi, ez esetben a kékülés a hajtásban jelentkezik, ritkábban a törzsön is megjelenik. Az általunk kitenyészített telepek a fa törzséből származnak. A 2007-es feketefenyő és a 2017-es erdeifenyő-mintákból nem sikerült ophiostomatoid gombákat kitenyészteni, azonban a rájuk jellemző tüneteket minden mintán megfigyeltük. Erre az egyik magyarázat az, hogy a *S. sapinea* gyors telepfejlődésével kiszorítja az ophiostomatoid gombákat az adott szubsztráton. A másik magyarázat elsősorban a 2017-es vizsgálatokra nézve valószínűsíthető, mégpedig a mintavételek időpontjának helytelen megválasztásához kapcsolódóan. A mintákat rakodón tárolt faanyagból vettük, amelyek jellemzően a mintavételt megelőzően több hete kerültek kitermelésre, és amelyeken már sikeresen megtelepedtek az olyan fajok, mint az *Acremonium strictum*, *Fusarium* sp., illetve *Trichoderma* sp. Ezek a fajok jobban adaptálódtak a szaprofita életmódhoz, mint az ophiostomatoid gombák, így azok kiszorulnak ebből az élettérből.

Összességében a kapott eredményeink alapján csak feltételezéseink vannak a szúgomba-gazdanövény kapcsolatrendszerrel illetően. A gombák szimbiotikus karakterének, illetve szerepük meghatározására további mintavételek, és összetettebb vizsgálatok szükségesek, melyeket a jövőben tervezünk végrehajtani.

Irodalomjegyzék

- DAVIS, T. S.; STEWART, J. E.; MANN, A.; BRADLEY, C.; HOFSTETTER, R. W. (2018): Evidence for multiple ecological roles of *Leptographium abietinum*, a symbiotic fungus associated with North America spruce beetle. *Fungal Ecology* <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2018.04.008>
- SIX, D. L. (2013): The Bark Beetle Holobiont: Why Microbes Matter. *Journal of Chemical Ecology* 39(7): 989-1002.
- VARGA F. (2001): Erdővédelemtan. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- WHITE, T. J.; BRUNS, T. D., LEE, S.; TAYLOR, J. W. (1990): Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for Phylogenetics. – In: INNIS, M. A.; GELFAND, D. H.; BRINSKY, J. J.; WHITE, T. J. (eds.): PCR protocols: A guide to methods and applications. Academic Press, San Diego, USA, pp. 315–322.

ERDEI SZALONKA (*SCOLOPAX RUSTICOLA* L.) SZÍNVÁLTOZATOK ELŐFORDULÁSA 2017-BEN MAGYARORSZÁGON

BENDE ATTILA¹ – LÁSZLÓ RICHÁRD²

^{1,2}Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézet

¹bende.attila.tibor@uni-sopron.hu

²laszlo.richard@uni-sopron.hu

Bevezetés

Az Európai Unió madárvédelmi direktívájának hazánk vadászati törvényében való érvényre jutása jelentős változást eredményezett a 2008-as évben mind a szalonkavadászat, mind pedig a fajjal kapcsolatos kutatás terén. Az erdei szalonka vadászható státusza ugyan megmaradt, azonban a 2009-es esztendőben nem volt szalonka vadászati lehetősége a madár a magyar vadászoknak, hiszen nem állapítottak meg idenyt e faj esetében. Ezt követően az Országos Magyar Vadászati Védegylet koordinálásával 2009-ben indult el – a derogációból

fakadóan – az Erdei Szalonka Monitoring program, amihez 2010-ben a biometriai paraméterek vizsgálatával csatlakozott a Soproni Egyetem Erdőmérnöki Karának Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézete. A dolgozatban részletezett vizsgálat tárgyát képező erdei szalonka szárnyakat az adatszolgáltatók a mintavételezést követően az egyik oldalon könyöknél levágták, kifeszítették és kiszáritották. Az ilyen módon preparált szárnyakat egységes borítékokban küldték be a Szent István Egyetem Vadvilág Megőrzési Intézetébe, ahonnan a szárnyminták a Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézetbe kerülnek további vizsgálatok céljából. A monitoring program protokolljának megfelelően a szárnyminták a kormeghatározás célját szolgálták, azonban a mintákból készített fényképes adatbázisok kiváló lehetőséget kínálnak számunkra a szín és mintázat jellegzetességeinek nagy mintaszámokon alapuló vizsgálatára. E dolgozatban a 2017-es év tavaszán gyűjtött erdei szalonkák szín- és mintázatbeli jellegzetességeire vonatkozóan a beérkezett és vizsgálatra alkalmas állapotú szárnyak (n = 1321) tollazatának sajátos eltérései alapján közöljük eredményeinket.

Anyag és módszer

Az adatszolgáltatók a megelőző évek metodikájával azonos módon a 2017-es év tavaszán elejtett erdei szalonkák egyik – könyöknél levágott, 130-160 fokban széthúzott –, preparált szárnyát küldték be vizsgálat céljából. A beérkező minták elsősorban a kormeghatározás célját szolgálták ugyan, mindemellett a mintákból összeállított fényképes adatbázisok kiváló lehetőséget kínáltak a szín és a mintázat változatosságának vizsgálatára. Minden egyes szárnyról az egyedi azonosíthatóság igényével, állandó megvilágítási viszonyok mellett fotodokumentáció készült.

A rendellenes, különleges színezettel és mintázattal kapcsolatos szakirodalom úgy nemzetközi, mind hazai vonatkozásokban szegényes. A témával kapcsolatos legtöbb ismeretanyagot Franciaországban publikálták, hiszen a hazai mintavételi adatokat nagyságrenddel meghaladó területekben gyakrabban kerülnek kézre figyelemre méltó erdei szalonka kuriózumok. Az unikális színezetű madarak körében a francia szalonka kutatók alapvetően négy színváltozatot különítenek el; *fekete* (sötét) tollazatot, a *barna* tollazatot, az *agate* vagy *achát* tollazatot, illetve az *izabella* tollazatot (BOIDOT 2012). Tovább finomítják az osztályozás rendszerét a fenti fő kategóriákon belül leírt színváltozatokkal (pl.: feketén belül: a vörös és a rigófeke) (BOIDOT 2012).

Az egyes színváltozatokon belül pedig a színezetet további kategóriákba sorolják a pasztell árnyalatok segítségével (pl.: a fekete pasztell, agate pasztell, vöröses pasztell, izabella pasztell) (BOIDOT 2010).

Munkánk során a fent részletezett francia metodikánál egy lényegesen egyszerűbb, objektív besorolást lehetővé tevő klasszifikációt alkalmaztunk, mely során három kategóriába sorolva osztályoztuk a beérkező mintákat: *normál* (klasszikus vad színű) (1. ábra), *flavisztikus* (világos) (2. ábra) és *melanisztikus* (sötét, erőteljesebben pigmentált) (3. ábra). (LÁSZLÓ *et al.* 2014; BENDE – LÁSZLÓ 2017a,b; 2018a,b). A 2017-es évben gyűjtött szárnyminták értékeléséhez – hasonlóan a 2010-2014-es évek mintáinak elemzése során is – ezt az osztályozási metódust követük.

Az erdei szalonka esetében számos a pigmentációt befolyásoló mutáció ismert, amelyek sokféle színváltozatot eredményezhetnek, ugyanakkor ezek megjelenése még a közel egymillió példányt kitevő éves területekben is ritka esemény. E kuriózumok speciális esete a pasztell mutáció, ami a színanyagok koncentrációjának csökkenése révén jön létre, tehát azok minősége nem változik (KOPF 1986). Ennek megfelelően a fekete tollak szürkés színezetűek, míg a vörösesbarna tollak sárgásbarna színűvé „fakulnak”. A koncentrációcsökkenés mértéke rendkívül változatos lehet, így az elváltozás különböző mértékben fakó tollazatot eredményez. Ez azt jelenti, hogy a pasztellként leírt színezetű erdei szalonka, tulajdonképpen egy különböző mértékben fakó, de normál mintázatú madár.



1. ábra: Normál (vad) színezetű madár

Eredmények

A 2017-es év tavaszán Magyarországon keresztülvonuló erdei szalonkák szín- és mintázatbeli jellegzetességeire vonatkozó eredményeinket – a meghatározáshoz megfelelő állapotban lévő – 1321 szárnyminta tollazatának jellegzetes eltérései alapján közöljük. Az elejtett erdei szalonkák szín szerinti megoszlása a következő volt: a normál színezet (91,3%) volt a meghatározó melyet gyakoriságban a flavisztikus színváltozat követett (6,7%), míg a minta fennmaradó, kisebb hányada melanisztikus (2,0%) volt (4. ábra).

Az Erdei Szalonka Monitoring keretében 2017-ben intézetünkben megvizsgált szárnyminták közül mindösszesen egyetlen unikális erdei szalonka szárnyminta érkezett be (5. ábra). Sajnos e különleges erdei szalonka elejtési körülményei nem ismertek.

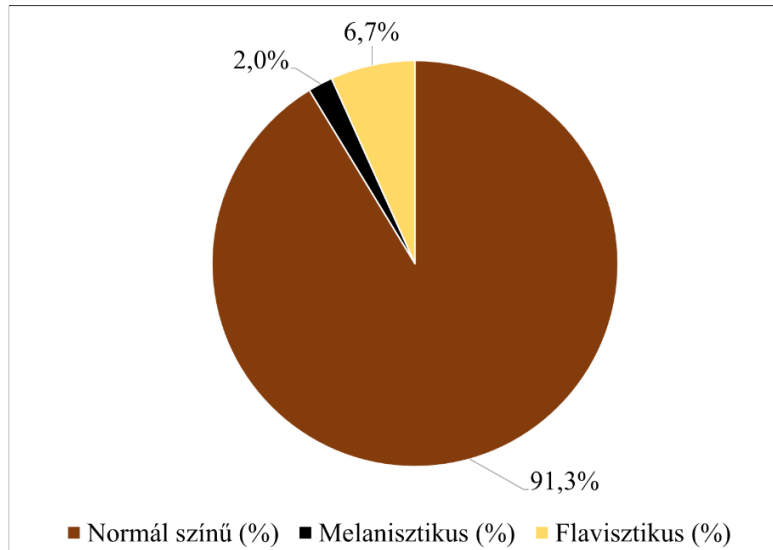
E minta érdekessége, hogy a melanin hígulása a szárny meghatározott régióira – részben a kéz, illetve a karevezők tollazatára-, illetve részben azok fedőtollaira –, koncentrálódik. E minta nagyon hasonló a Franciaországból BOIDOT (2008) által közölt – ALAIN LE CONIAC-tól kapott – két Oroszországból, valamint Franciaországból származó mintához. Ezek szokatlan színezetű, speciális melanin hígulással jellemezhető, kékesszürke szárnyminták voltak. Azt nem tudjuk szemrevételezés alapján megállapítani, hogy a kékesszürke tónusú minta – vajon a BOIDOT (2008) által bemutatott mintákhoz hasonlóan – szintén opál mutáció-e vagy sem, de a melanin hígulás egyenlőtlensége és intenzitása szemrevételezés alapján is jól látható (4. ábra).



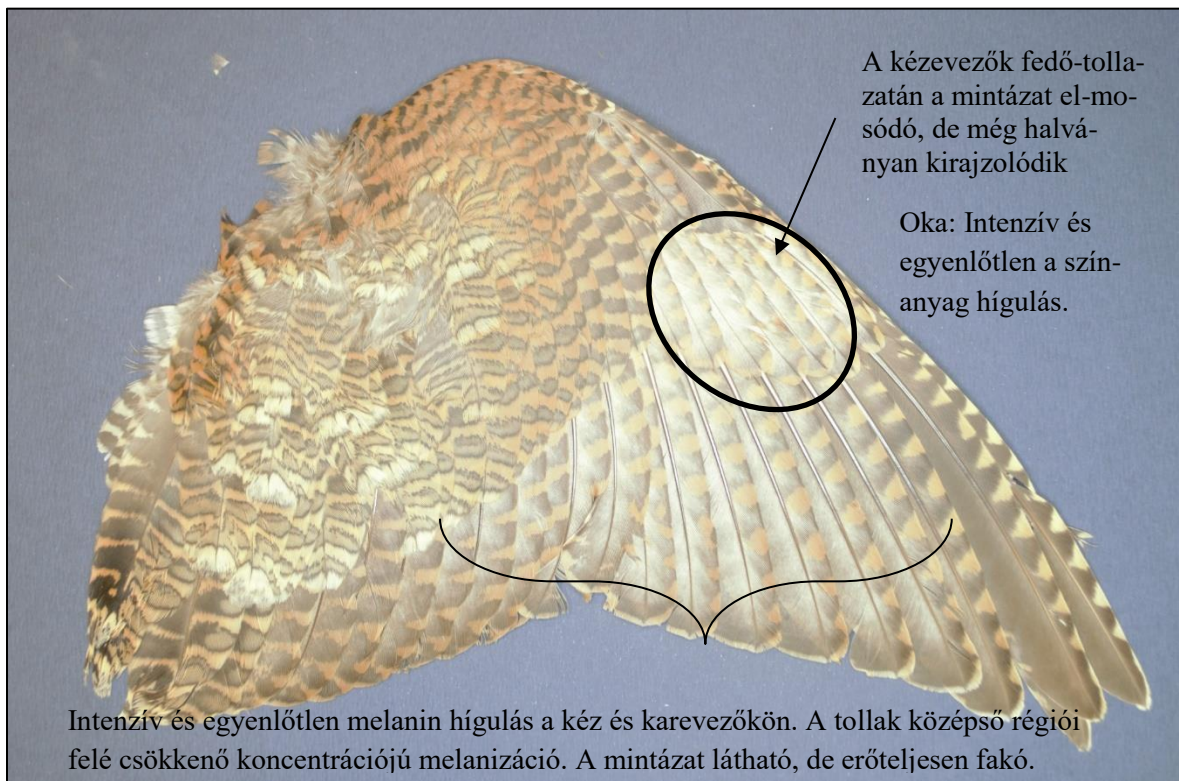
2. ábra: Világos, pasztell árnyalatokkal jellemezhető (flavisztikus) színváltozat



3. ábra: Sötét, erőteljesebben pigmentált (melanisztikus) színváltozat



4. ábra: Az erdei szalonka (*Scolopax rusticola L.*) szín- és mintázatbeli megoszlása Magyarországon 2017-ben.



5. ábra: Melanin hígulással jellemezhető pasztell kuriózum

Összefoglalás

A Magyar Erdei Szalonka Teríték Monitoring keretében a 2017-es évben beküldött erdei szalonka szárnyminták szín- és mintázatbeli változatosságát vizsgáltuk. Az intézetünkbe beérkezett 1321 szárnyminta értékelését követően megállapítottuk, hogy Magyarországon a normál színezetű madarak részesedése volt a meghatározó (91,3%), melyet gyakoriságban a flavisztikus színváltozat (6,7%) követett, míg a fennmaradó kisebb hányad melanisztikus (2,0%) minta volt. A 2017-es szárnymintáinak szín- és mintázatbeli megoszlását tekintve közel azonos arányokat tapasztaltunk, mint a már közölt 2010; 2011; 2012; 2013 és 2014 években (LÁSZLÓ *et al.* 2014; BENDE – LÁSZLÓ 2017a,b; 2018a,b).

A néhány különleges színezetű – tehát melanin hígulással jellemezhető – erdei szalonka hazai megkerülésére vonatkozó kevés értékes adatot (pl.: LAKATOS 1886; DONÁSZY 1907; BODNÁR 1908) gazdagítja a monitoring keretében 2017-ben terítékre került pasztell kuriózum. Az elmúlt több mint 100 évben mindösszesen néhány unikális színezetű erdei szalonkáról adtak hírt a magyar vadászok. E különleges pasztell madarak ritka megkerülését mutatja az is, hogy a 2017-es vizsgálati anyagban mindössze 0,008%-os részedéssel fordult elő ilyen mutáció, így az általunk közölt néhány különleges erdei szalonka igazán értékes adalékot jelent a fajjal kapcsolatos ornitológiai szakirodalmi adatok bővítéséhez.

Köszönetnyilvánítás: Köszönjük a vadásztársak lelkiismeretes adatszolgáltató munkáját, amivel segítették, megalapozták a Magyar Erdei Szalonka Monitoring tevékenységét, eredményeit. A kutatást az Országos Magyar Vadászati Védegyelet támogatta.

Irodalomjegyzék

- BENDE A. – LÁSZLÓ R. (2018a): Woodcock (*Scolopax rusticola* L.) diversity of wing sample colors and patterns in 2013 in Hungary. XVII. International Conference on Application of Natural-, Technological- and Economic Sciences. Szombathely: ELTE 2018. (megjelenés alatt).
- BENDE A. – LÁSZLÓ R. (2018b): Erdei szalonka (*Scolopax rusticola* L.) színváltozatok előfordulása 2014-ben Magyarországon. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása XVII. Nemzetközi Konferencia. Eötvös Lóránd Tudományegyetem Savaria Egyetemi Központ, Szombathely (megjelenés alatt).
- BENDE A. – LÁSZLÓ R. (2017a): Erdei szalonka (*Scolopax rusticola* L.) színváltozatok előfordulása 2011-ben Magyarországon. In: BIDLÓ A., FACSKÓ F. (szerk.) Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 168-171.
- BENDE A. – LÁSZLÓ R. (2017b): Az erdei szalonka (*Scolopax rusticola* L.) szárnyminták szín- és mintázatbeli változatossága 2010-ben Magyarországon. In: FÜZESI I. – KOVÁCS E. – PUSKÁS J. (szerk.) XVI. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia = International Conference on Application of Natural-, Technological- and Economic Sciences: Az előadások összefoglalói = Abstracts of the Presentations. ELTE Szombathely. p. 23.
- BOIDOT, J-P. (2008): Bécasse des bois à plumage inhabituel. *La Mordorée*, No. 246. pp. 92-93.
- BOIDOT, J-P. (2010): Différentes observations de bécasses des bois à panachure blanche limitée. *La Mordorée*, No. 255. pp. 219-221.
- BOIDOT, J-P. (2012a): Bécasse des bois à plumage inhabituel. *La Mordorée*, No. 261. pp. 29-38.
- BODNÁR B. (1908): A Maros-Tisza-közének madárvilága. *Vadászat és Állatvilág*. 8. évf. 17. sz. pp. 167- 175.
- DONÁSZY F. (1907): Az erdei szalonka és vadászata. *Vadászat és Állatvilág*. 7. évf. 6. sz. pp. 77.
- KOPF, F. H. M. (1986): Het kweken van kanaries, Best In: VAN GROUW, H. (2006): Not every white bird is an albino: Sense and nonsense about colour aberrations in birds. In: Dutch Birding - International journal on Palearctic birds, January 2006.
- LAKATOS K. (1887): Az erdei szalonka természetrajzi leírása. *Vadász-Lap* 8. évf. 1. sz. p. 7.
- LÁSZLÓ R. – BENDE A. – FARAGÓ S. (2014): Szín és mintázatbeli eltérések a magyarországi erdei szalonka szárnyminták között. In: BIDLÓ A. – HORVÁTH A. – SZŰCS P. (szerk.) IV. Kari Tudományos Konferencia: Konferencia kiadvány. 407 p. Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Sopron, pp. 265-268.

A CREMAP PÁROLGÁSTÉRKÉP LESKÁLÁZÁSA ERDŐÁLLOMÁNYOK VÍZHÁZTARTÁSÁNAK VIZSGÁLATÁHOZ

CSÁKI PÉTER – CZIMBER KORNÉL – KIRÁLY GÉZA – KALICZ PÉTER –
ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA – GRIBOVSZKI ZOLTÁN
Soproni Egyetem, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet, Sopron
csaki.peter@uni-sopron.hu

Bevezetés

Az erdők vízháztartásának vizsgálatához elengedhetetlen a párolgás minél pontosabb meghatározása. Ehhez nyújtanak segítséget az egyre szélesebb körben alkalmazott távérzékelési adatokon alapuló párolgásbecslő módszerek. Magyarországra jelenleg a MODIS felszíni hőmérséklet adatokon alapuló CREMAP (Calibration-Free Evapotranspiration Mapping, SZILÁGYI – KOVÁCS 2011) a legmegbízhatóbb térben osztott párolgásbecslő modell.

A CREMAP párolgástérképek térbeli felbontása $1000\text{ m} \times 1000\text{ m}$ (1 km^2), így használatukkal csak korlátozott léptékű elemzések folytathatók, pl. az erdőt, mint egy felszínborítási kategória lehet összehasonlítani a többi kategóriával (mezőgazdasági területek, mesterséges felszínek, stb.). Az Országos Erdőállomány Adattár (2012) vektoros adatbázisnak a CREMAP párolgástérképre fektetésével látható, hogy ez utóbbinál jóval kisebbek (átlagosan 5-6 ha) a hazai erdőgazdálkodásban használt erdőrészek (1. ábra).

Nagyobb felbontású párolgástérképekkel lehetőség nyílna az egyes erdőrészek, erdőállományok vízforgalma közötti különbségek elemzésére. Származtatott adatokkal pontosabban lehetne becsülni a vízfelhasználás hatékonyságát, a biológiai produktót, így a kutatás az erdőgazdálkodás számára gyakorlati hasznosíthatósággal is járna. Ezért a kutatás céljaként a CREMAP párolgástérképek leskálázási módszerének kidolgozását tűztük ki.

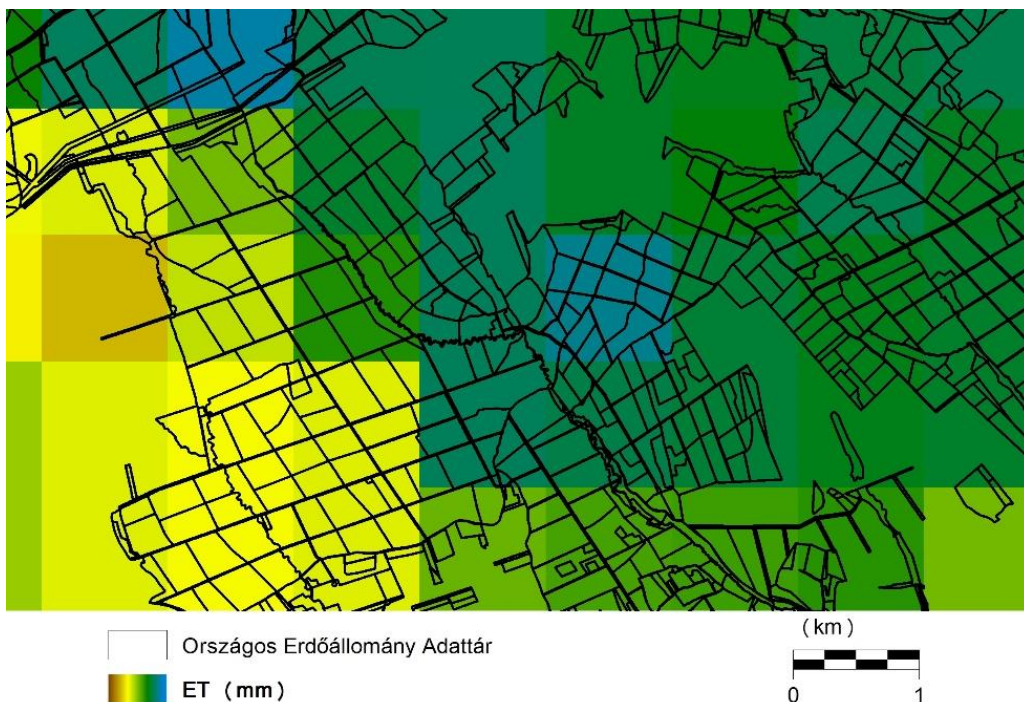
Vizsgálati anyag és módszer

A CREMAP párolgástérképek előállítására 1 km^2 -nél nagyobb felbontásra – a modell tulajdonságaiból fakadóan – nem lehetséges (KOVÁCS 2011). De hogy egy pixelen (raszter cellán) belül mely területeknek lehetett nagyobb a párolgása, és melyeknek alacsonyabb, arról információt nyújthat valamilyen nagyobb felbontásban rendelkezésre álló vegetációs index. A leskálázás során egy adott pixel felbontását növeljük, abból kiindulva, hogy a létrejövő több pixel átlaga az eredeti nagyobb pixel értéke.

A rendelkezésre álló CREMAP párolgástérképek (SZILÁGYI – KOVÁCS 2011) mellé, a szakirodalmak alapján (ALLEN *et al.* 2011, HONG *et al.* 2011, MAHOUR *et al.* 2017) a MODIS NDVI (Normalizált Vegetációs Index) lett kiválasztva, mint változó, a regresszió meghatározásához. Az NDVI érték egy adott helyen a biomassza mennyiségét tükrözi, nevezetesen a levelek klorofill- és víztartalmát. Minél magasabb az NDVI, annál nagyobb a zöld tömeg, ami egészséges, vízzel és tápanyaggal jól ellátott növényállományt jelez [1]. A leskálázás próbaidőszakának a 2003-as év vegetációs periódusát jelöltük ki (május-október). Hosszú távra értelemszerűen nem lehet vegetációs index alapján leskálázni, ugyanis az indexek évről-évre változnak (erdőállományoknál lehetnek kivágások vagy letermelés, mezőgazdaságban váltogatják a vetett növényt az adott parcellán stb.).

A MODIS NDVI adatok [2] előállítására a Google Earth Engine platformjával [3] készült 1 km^2 -es, valamint $250\text{ m} \times 250\text{ m}$ -es felbontásban ($6,25\text{ ha}$) a vizsgált időszakra (2003 május-október). Ezután a CREMAP párolgástérképek és az 1 km^2 -es NDVI értékek közötti összefüggés meghatározása következett cellánként. A vizsgálatból kihagytuk a vizes és vizenyős területeket (szűrés), mivel ezek a magas párolgástérképek mellett alacsony NDVI értékekkel rendelkeznek (nagyobb vízfelület, kevés növényzet), így torzíthatják a vizsgált kapcsolatot. A párolgás és az NDVI között a logaritmikus összefüggés volt a relatív leghosszabb

sabb (2. ábra). A kapcsolat determinációs együtthatója eléggé alacsony ($R^2 = 0,33$), ám mivel igen jelentős az elemszám ($N = 86892$ db), az összefüggés szignifikánsnak tekinthető. Annak ellenére, hogy a kapcsolat nem túl erős (aminek a nagyon szóródó pontfelhő is az oka lehet), az NDVI, mint tulajdonképpen súlyozás, a párolgástérkép leskálázásához használható. Így a meghatározott logaritmikus regressziós egyenlettel elvégeztük a párolgás számítását az adott időszakra ($250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ -es felbontásra, az NDVI adatok felhasználásával).



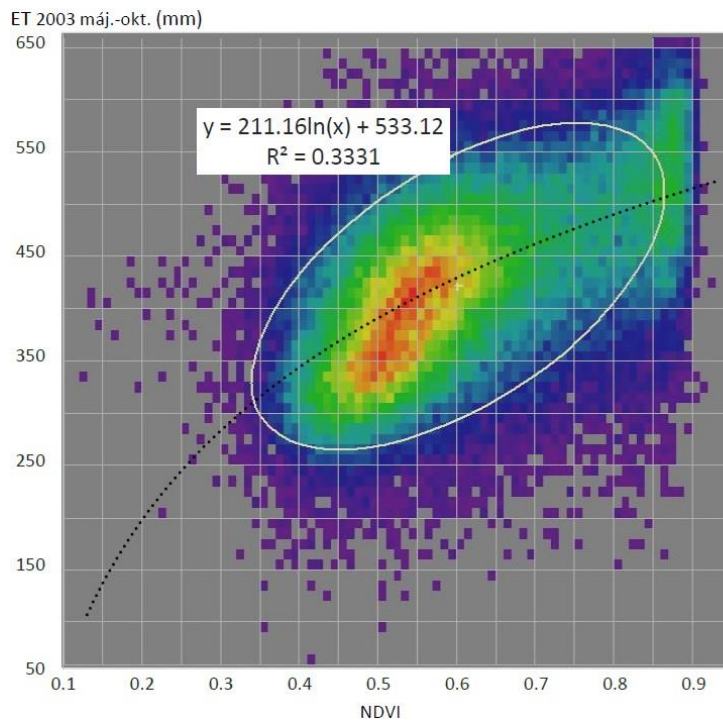
10. ábra: Az Országos Erdőállomány Adattár vektoros adatbázis és az 1 km^2 felbontású raszteres párolgástérkép (ET) metszete.

Annak érdekében, hogy a leskálázással létrejött 16 db kisebb pixel átlaga ne változzon az eredeti 1 km^2 -es pixelen belül (CREMAP), egy kvantálási folyamat (normalizálás) alkalmazása volt szükséges. A kvantálás után a térkép vizes és vizenyős területekkel való kiegészítése következett. Ezek esetében az eredeti pixelekből interpolációval (kubikus konvolúció) állítottuk elő a 16 db $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ -es pixelt.

Az erdőállomány típusok vízháztartásának számszerűsítéséhez az előállított raszteres párolgástérképet az Országos Erdőállomány Adattár (2012) vektoros állományával kellett metszeni. A különböző erdőállományok hidrológiai összehasonlítása érdekében a korábban alkalmazott 101 db faállomány típust 15 db típusba (célállomány) vontuk össze a 61/2017. XII. 21. FM rendelet („az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény végrehajtásáról”) alapján. Ezek a következők: bükkös, gyertyános-tölgyes; tölgyes; cseres; molyhos tölgyes; akácos; hazai egyéb kemény lombos; idegenhonos kemény lombos; nemes nyáras vagy nemes fűzes; hazai nyáras; víztűrő egyéb lágylomb; hazai egyéb lágylomb; erdeifenyves; feketefenyves; egyéb fenyves. Az egy típusba tartozó, egymás mellett elhelyezkedő területeket összevontuk, majd egy, a párolgástérképre illeszkedő $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ -es rácshálóval metszettük. Az így létrejött vektoros állományt, ami alkalmas a területi szűrésre, feltöltöttük a hozzá tartozó párolgásértékekkel. Egy $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ -es párolgás pixelhez több faállomány típus is tartozhat. A statisztika során az ilyen „kevert pixelek” értéke beszámításra kerülne több kategóriába is, tompítva ezzel a faállomány típusok között jelentkező különbségeket. E probléma kiküszöbölésére a vizsgálat során újból területi szűréseket alkalmaztunk. Az elemzéseknél csak a teljes „tisza pixeleket”

vettük figyelembe, tehát csak azokat a cellákat, amelyek teljes területe (6,25 ha) egy faállomány típusba tartozott.

A térinformatikai adatok szerkesztéséhez, térképek készítéséhez a DigiTerra MAP [4] és a QGIS [5] szoftvereket használtuk.



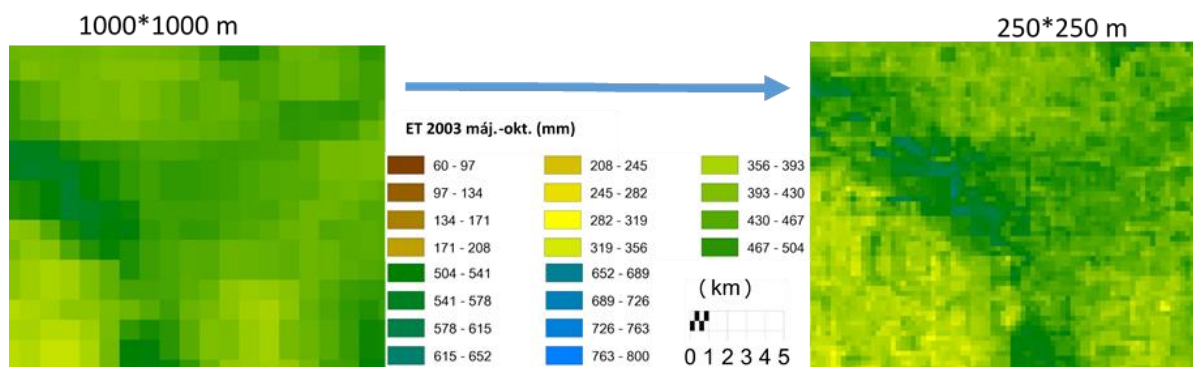
2. ábra: Az NDVI és a párolgás (ET) kapcsolata, és a regressziós egyenlet.

Vizsgálati eredmények

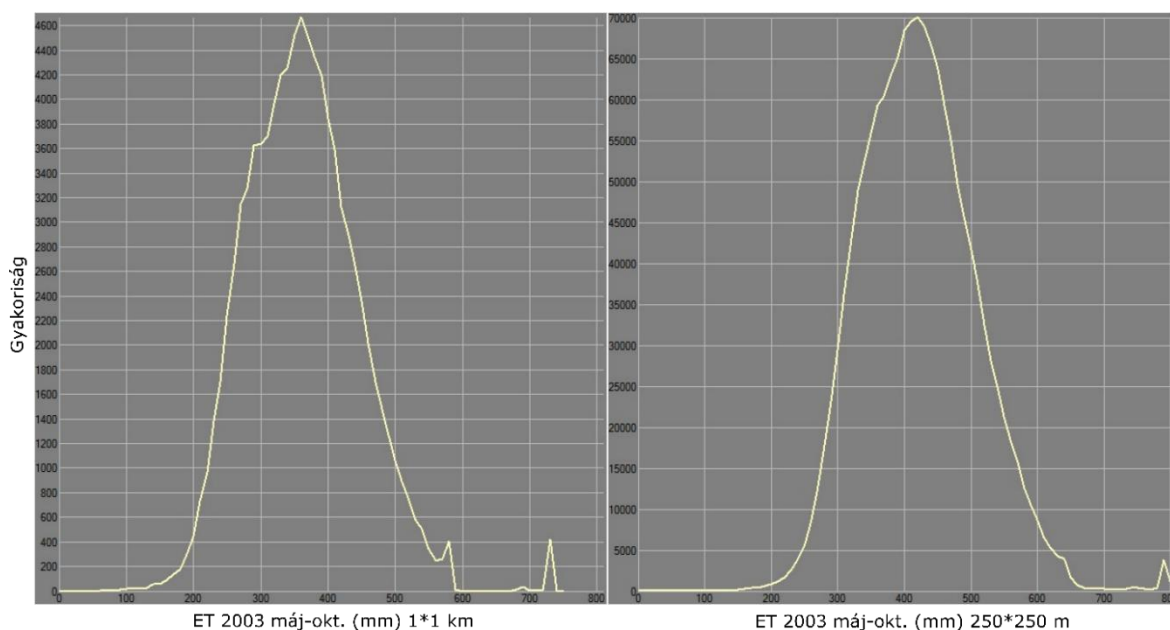
A 3. ábrán látható az eredeti CREMAP, valamint a leskálázással kapott párolgástérkép egy kivágatának összehasonlítása. A leskálázott térkép tizenhatszorosa pixelszámmal rendelkezik az eredetihez képest.

Összehasonlítottuk az eredeti és a leskálázott párolgástérképek gyakorisági hisztogramját (4. ábra). Elmondható, hogy a leskálázás során a párolgásértékek eloszlása nem változott meg az eredeti 1 km²-es térképek értékeinek eloszlásához képest.

A faállomány típusok párolgásának összehasonlítása a leskálázott térképpel a fentebb leírt módon történt. A vizsgálatra 10745 db „tisztá pixel” állt rendelkezésre, amelyek teljes területe (6,25 ha) egy faállomány típusba tartozik). Az eredményeket az 1. táblázat és az 5. ábra mutatja.



3. ábra: Az eredeti CREMAP (bal oldalon), valamint a leskálázással kapott párolgástérkép (jobb oldalon) egy kivágatának összehasonlítása.



4. ábra: A párolgásértékek (ET) gyakorisági hisztogramja, 2003 május-október.
Bal: eredeti CREMAP (1*1 km). Jobb: leskálázott térkép (250*250 m)

1. táblázat: Faállomány típusok párolgásának összehasonlítása (2003 május-október).

B: bükkös, GY-T: gyertyános-tölgyes, T: tölgyes, CS: cseres, MOT: molyhos tölgyes, A: akácos, H-EKL: hazai egyéb kemény lombos, I-EKL: idegenhonos kemény lombos, NNY/NFÜ: nemes nyáras vagy nemes fűzes, HNY: hazai nyáras, VT-ELL: víztűrő egyéb lágylomb, H-ELL: hazai egyéb lágylomb, EF: erdeifenyves, FF: feketefenyves, EGYF: egyéb fenyves.

ET 2003 máj.-okt.	Faállomány típusok														
	B	GY-T	T	CS	MOT	A	H-EKL	I-EKL	NNY/NFÜ	HNY	VT-ELL	H-ELL	EF	FF	EGYF
Átlag (mm)	556	540	493	483	423	482	487	470	493	428	571	485	492	390	449
Medián (mm)	565	552	499	491	427	485	501	474	484	414	568	488	503	393	429
Szórás (mm)	69	59	72	73	88	71	88	104	87	80	58	53	61	74	90
Var. eh. (%)*	12	11	15	15	21	15	18	22	18	19	10	11	12	19	20
Pixel-szám (db)	2127	908	2139	2162	139	1634	279	40	432	156	78	106	319	183	43

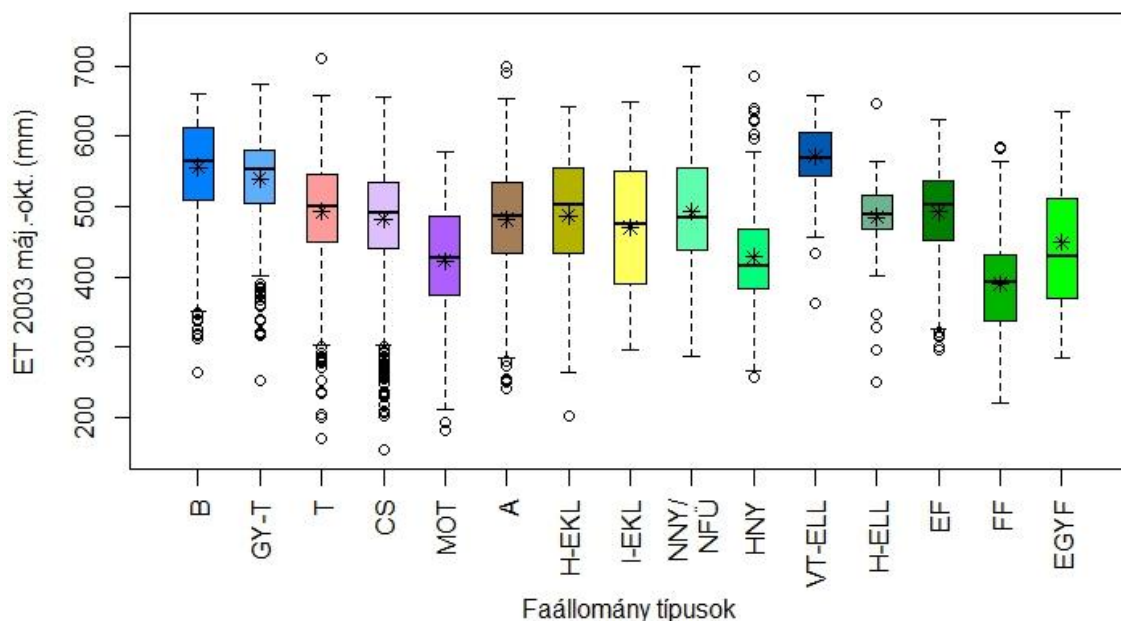
* Variációs együttható

A vizsgált időszakban a „Vízűrő egyéb lágylomb” kategória átlagos párolgása volt a legmagasabb (571 mm). Ebbe a kategóriába tartoznak a fűzesek és az égeresek. Ezt követték a „Bükkös” és a „Gyertyános-tölgyes” kategóriák. A legalacsonyabb átlagos párolgással a „Feketefenyves” faállomány típus rendelkezett (390 mm). Szintén alacsony átlagos érték jellemezte a „Molyhos tölgyes”, a „Hazai nyáras” és az „Egyéb fenyves” (lucfenyves, vörösfenyves, stb.) kategóriákat. A legnagyobb szórással és variációs együtthatóval az „Idegenhonos kemény lombos” (104 mm és 22%) faállomány típus rendelkezett.

Vizsgálati eredmények értékelése, következtetések

A leskálázott adatok nyilvánvalóan több bizonytalansággal terheltek, mint az eredeti értékek (HONG *et al.* 2011). A kutatásban alkalmazott módszer bizonytalanságai a következő forrásokból erednek. Először is, az eredeti párolgástérképek (CREMAP) 1 km²-es felbontása miatt elmosódik a pixelen belüli területek különbözősége, tehát az eredeti párolgásérték egy

térbeli átlagnak tekinthető (KOVÁCS 2011). Továbbá, a felhasznált műholdas adatok – a CREMAP-hoz MODIS felszíni hőmérséklet adatokat használtak fel, a leskálázáshoz pedig MODIS NDVI értékeket használtunk – szintén terheltek bizonytalanságokkal (MIURA *et al.* 2000, SUN *et al.* 2004). A két külön évre is meghatározott párolgás-NDVI kapcsolat determinációs együtthatója alacsony (bár az elemszám nagyon magas), így a regressziós egyenlet alkalmazásából is erednek bizonytalanságok. A különböző faállomány típusok térbeli elkülönítéséhez használt Országos Erdőállomány Adattár esetében elmondható, hogy az adatbázisban szereplő adatok nem minden esetben fedik a valóságot (BÁRDOS 2016). Ahogy arról már volt szó, vizekre és vizenyős területekre a módszer nem használható, az ezekre a helyekre jellemző nagyon alacsony NDVI értékek miatt.



5. ábra: Faállomány típusok párolgásának összehasonlítása (2003 május-október).
B: bükkös, GY-T: gyertyános-tölgyes, T: tölgyes, CS: cseres, MOT: molyhos tölgyes, A: akácos, H-EKL: hazai egyéb kemény lombos, I-EKL: idegenhonos kemény lombos, NNY/NFÜ: nemes nyáras vagy nemes fűzes, HNY: hazai nyáras, VT-ELL: víztűrő egyéb lágylomb, H-ELL: hazai egyéb lágylomb, EF: erdefenyves, FF: feketefenyves, EGYF: egyéb fenyves. (Doboz: az eredmények 50%-a. Alsó és felső bajusz: alsó kvartilis, felső kvartilis. Csillag: átlag. Vastag vonal: medián. Karika: kiugró értékek.)

A leskálázáshoz használt NDVI helyett valószínűleg szorosabb kapcsolatot adna a párolgással a LAI (levélfelületi index), ám ez a paraméter jelenleg csak 500 m × 500 m-es felbontásban érhető el [6]. A faállomány típusok vízháztartásának összehasonlításához a párolgás helyett jobb lenne a párolgás csapadékhoz viszonyított arányát vizsgálni. Ám, mivel a rendelkezésre álló csapadéktérképek alacsony térbeli felbontásúak, az interpolálásuk a 250 m × 250 m-es felbontásra csak még jobban növelné a bizonytalanságot.

A bizonytalanságok figyelembe vételével a módszer használható kiindulási alapként térben osztott párolgásadatokat leskálázására. A leskálázott adatokkal egyes erdőállományok egymáshoz viszonyított párolgása összehasonlítható. A jövőben elérhetővé válhatnak megbízhatóbb és/vagy nagyobb térbeli felbontású távérzékelt adatok, amelyekkel a módszer tovább fejleszhető.

Köszönetnyilvánítás: A kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-3-III kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja és az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- ALLEN, R. G. – PEREIRA, L. S. – HOWELL, T. A. – JENSEN, M. E. (2011): Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. *Agricultural Water Management*, 98(6), 899-920.
- BÁRDOS ZS. (2016): Az erdők vízháztartásra gyakorolt hatásának értékelése párolgástérképek segítségével a Kiskunságban. Diplomamunka. Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar. Sopron
- HONG, S. H. – HENDRICKX, J. M. – BORCHERS, B. (2011): Down-scaling of SEBAL derived evapotranspiration maps from MODIS (250 m) to Landsat (30 m) scales. *International Journal of Remote Sensing*, 32(21), 6457-6477.
- KOVÁCS Á. (2011): Tó- és területi párolgás becslésének pontosítása és magyarországi alkalmazásai. PhD értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. Budapest
- MAHOUR, M. – TOLPEKIN, V. – STEIN, A. – SHARIFI, A. (2017): A comparison of two downscaling procedures to increase the spatial resolution of mapping actual evapotranspiration. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 126, 56-67.
- MIURA, T. – HUETE, A. R. – YOSHIOKA, H. (2000): Evaluation of sensor calibration uncertainties on vegetation indices for MODIS. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38(3), 1399-1409.
- SUN, L. – CHEN, L. F. – LIU, Q. – LIU, Q. H. – SONG, A. B. (2004): Analysis on uncertainty in the MODIS retrieved land surface temperature using field measurements and high resolution images. In *IGARSS 2004. 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (Vol. 3, pp. 2083-2086). Ieee
- SZILÁGYI J. – KOVÁCS Á. (2011): A calibration-free evapotranspiration mapping technique for spatially-distributed regional-scale hydrologic modeling. *J. Hydrol. Hydromech.*, 59, 2011, 2, 118–130.
- [1] Országos Meteorológiai Szolgálat - NDVI ismertető: https://www.met.hu/ismertetok/NDVI_ismerteto.pdf. Hivatkozás dátuma: 2019. február 25.
- [2] MODIS NDVI adatlap: <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php>. Hivatkozás dátuma: 2019. február 25.
- [3] Google Earth Engine: <https://earthengine.google.com/platform/>. Hivatkozás dátuma: 2019. február 25.
- [4] DigiTerra MAP térinformatikai szoftver: <https://digiterra.hu/termekek/digiterra-map/>. Hivatkozás dátuma: 2019. április 3.
- [5] QGIS térinformatikai szoftver: <https://qgis.org/hu/site/>. Hivatkozás dátuma: 2019. április 3.
- [6] MODIS levélfelületi index (LAI) adatlap: <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod15.php>. Hivatkozás dátuma: 2019. március 2.

HARVESZTEREK MUNKAMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

HORVÁTH ATTILA LÁSZLÓ – HORVÁTH BÉLA – SZAKÁLOS NÉ MÁTYÁS KATALIN
Soproni Egyetem, Erdészeti-műszaki Környezettechnikai Intézet, Sopron
ahorvath@uni-sopron.hu; szakalosne.matyas.katalin@uni-sopron.hu

Bevezetés

A fahasználatokat is érintő munkaerőhiány miatt a fejlett gépek alkalmazása és ezzel egyidejűleg szemléletváltás is szükségszerűvé vált a hazai erdőgazdálkodásban. Kutatási tevékenységünk révén a gépesítettség változását, a gépek alkalmazhatóságát és teljesítményét évek óta nyomon követtük, vizsgáltuk, előre jeleztük és fogjuk ezt tenni a jövőben is. A

faegyedek kitermelésének technológiai műveletei jelentősen eltérnek motormanuális és folyamatgépesített szinten. A különbözőségek okán mások a munka minőségi és mennyiségi kivitelezésének lehetőségei. A gyakorlati életben egyre gyakrabban kompromisszumot kell kötni a választékok magas minőségi felkészítettsége és a termelékenység vagy egyáltalán a fakitermelés elvégzése között.

Vizsgálati anyag és módszer

A harveszterekkel végrehajtott fakitermelések egyik legfontosabb jellemzője a térbeli rend. Fahasználati módoktól függetlenül, minden vizsgált gép esetében átlátható, következetes – harveszteres munkára jellemző – térbeli rend alakult ki a munkavégzés során. A fakitermelések pászttákban történtek, a géppel vagy kialakították a közelítőnyomokat, vagy a meglévőket használták. A közelítőnyomok mindkét oldalán elvégezték a kitermelendő faegyedek döntését, gallyazását, választékolását, darabolását és választékok szerinti rakásolását a gép mellé egyik, vagy mindkét oldalra. A gallyanyag pedig vagy a közelítőnyomon szőnyegként, vagy valamelyik oldalon koncentráltan helyezkedett el. A többműveletes fakitermelő gépek hazai erdőállományokban történő alkalmazhatóságának vizsgálata során terepi adatgyűjtések történtek többek között a gépek teljesítmény és munkaidőszerkezet meghatározásához. Terepi munkák során az időadatok, a választékadatok és az állomány adatainak rögzítése mellett megfigyelésre kerültek a gépek, ill. a gépkezelők munkája. A munka jellegéből adódóan, ill. a munkaműveletek gyors egymásutánisága miatt a munkaminőség részletekbe menő számszerűsítésére nem volt lehetőség. A harveszterek munkaminőségének értékelése terepi megfigyelésekre, feljegyzésekre és fotódokumentációra alapozottan történt meg.

Vizsgálati eredmények

A termelt választékokat megvizsgálva megállapítható, hogy a harveszterekkel nem végezhető magas minőségű gallyazás. Még fenyő állományok esetében is előfordul, hogy a gallyazás nem lesz teljesen palástsima. A komolyabb probléma a lombos állományok esetén jelentkezik, ahol a térgörbeség és a vastagabb oldalágak részaránya a mérvadó. A probléma főleg a koronarész faanyagának feldolgozásánál jelentkezik. A hegyesszőgben álló ágak esetében gyakrabban előfordult, hogy az ívkések csonk hátrahagyásával végezték el az ágak eltávolítását (1. ábra). Ez a probléma általában úgy került orvoslásra, hogy a gépkezelő esetenként többször is oda-vissza megjárta a harveszterfejben a faanyagot.

Azokat a 10 cm-nél vastagabb ágakat – amelyeket az ívkésekkel nem lehetett levágni – úgy távolították el, hogy a gépkezelő a fejet áthelyezte a problémát okozó ágra, majd a vágószerkezettel levágta (2. ábra).

A nagyobb térgörbeséggel rendelkező részek esetében gyakori jelenség volt, hogy az ívkések kisebb nagyobb darabokat távolítottak el a faanyagból (3. ábra). Ezt a gépkezelők az esetek többségében a kések kismértékű nyitásával próbálták ellensúlyozni.

Általában a tavaszi időszakban (a nedvkeringés élénkülése idején) volt megfigyelhető, hogy a nagy nedvességtartalmú kéreg könnyen leválik a faanyagról a menesztő hengerek és az ívkések által kifejtett erő hatására (4. ábra).

Általában a vékonyabb kérgű fafajok esetében a menesztő hengerek bütykei szembetűnő nyomot hagynak, de ez az esetek többségében a faanyagot nem érik el, nem károsítják. A hengerek azonban komoly kárt okozhatnak abban az esetben, ha görbeség vagy erősebb ág miatt megakad a fej, a hengerek viszont álló helyzetben elpörögnek. Ilyen esetben a bütykök felszabdálják a faanyagot is, illetve mélyedést vájnak bele (5. ábra).

A felsoroltak az esetek többségében az alacsonyabb értékű választékok termelésénél voltak megfigyelhetők, ezért árbevétel csökkenést nem okoztak. A törzsrészből kikerülő értékesebb választékok esetében általában csak a menesztő hengerek által a kéregben hagyott bütyöknymok voltak megfigyelhetők, de ezek sem okoztak értékcsökkenést (6. ábra).

Ellenben minőségromlást okozott az a jelenség, amikor a kivágandó fa tövastsága meghaladta a vágószerkezet hosszát. Ilyen esetben a törész palástja kisebb-nagyobb mértékben felhasadt (7. ábra). Ez a jelenség ritkán fordult elő, mert a gépkezelők ezt megelőzően a harveszterfejjel egy hajkvágást ejtettek a döntési irányba, majd a fejet áthelyezve hajtották végre a döntőfűrészvágást. Ilyen esetekben mindig negatív törési lépcsőt (7. ábra) alkalmaztak, hogy a daru segítségével tudják elősegíteni a döntést. A törési léc eltörése esetén így a fa nem lökhető le a tuskóról és nem válik a dőlő fa irányíthatatlanná, nem okoz veszélyhelyzetet, balesetet vagy anyagi kárt.



Bükk



Gyertyán



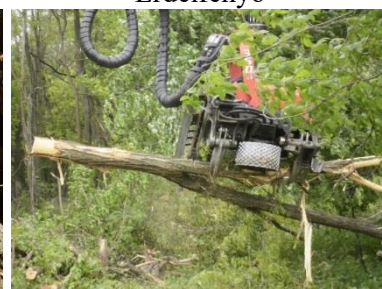
Erdeifenyő



Nemesnyár



Lucfenyő



Akác

1. ábra: Rossz minőségű gallyazás (Forrás: Saját képek)



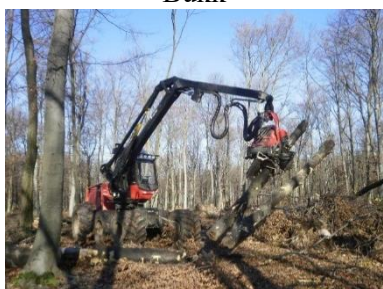
Bükk



Gyertyán



Csertölgy



Bükk



Feketeenyő



Akác

2. ábra: Vastag oldalág eltávolítása (Forrás: Saját képek)

Az elvégzett munka kíméletességét legszembetűnőbben a talajban, az újulatban és a visszamaradó állományban okozott kártételek mutatják. A vizsgálatok során a harveszterek minimális károkat okoztak az erdő talajában. Csak néhány centiméteres kerékcsapák jelezték az ott elhaladó gépeket. Meredekebb terepviszonyok, ill. nedvesebb talajviszonyok esetében fordult elő kisebb talajfelszín-károsítás, amelyet a megcsúszó kerekek okoztak (8. ábra). Az erdőben közlekedő gépek, az aljnövényzetben és az újulatban maradandó károsodást nem okoztak. A nagy odafigyeléssel dolgozó gépkezelők a visszamaradó állományban sem okoztak tősérüléseket. A tőtől elválasztott fák, a dőlés következtében gyakran okoztak koronasérülést, de mivel a gépkezelő a dőlést a darukarral tudta irányítani, ezért ennek aránya alacsonyabb, mint egy hagyományos fakitermelés esetében. A gépek által kibocsátott kipufogógázok (8. ábra) felhasználása, ártalmatlanítása pedig rövid időn belül megtörténhet a növényzet közvetlen közelségének következtében. A kismértékű károsanyag-kibocsátást pedig a szigorú környezetvédelmi előírások biztosítják. A legújabb harvesztereket már Euro3-as és Euro4-es belsőégésű dízelmotorok működtetik, a 2010-ben módosított 2000/25/EK jelű, az Európai Parlament és Tanács által kiadott irányelvek alapján (Európai, 2010).



Bükk



Gyertyán



Nemesnyár



Csertölgy



Magas kőris



Erdeifenyő

3. ábra: Ívképek hatása a görbeségre (Forrás: Saját képek)



Akác



Nagylevelű hárs



Bükk



Csertölgy



Nagylevelű hárs



Madárcseresznye

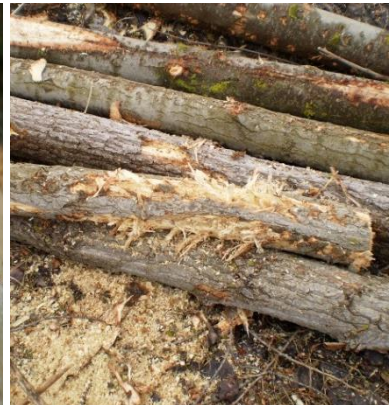
4. ábra: Harvesterfej kérgező hatása (Forrás: Saját képek)



Akác



Bükk



Nemesnyár



Akác



Erdeifenyő



Feketefenyő

5. ábra: Menezítő hengerek faanyagkárosító hatása (Forrás: Saját képek)



Nemesnyár



Nemesnyár



Lucfenyő



Nemesnyár



Bükk



Erdeifenyő

6. ábra: Menesztő hengerek nyoma a faanyagon (Forrás: Saját képek)

Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

A többműveletes fakitermelő gépekkel szerkezeti kialakításukból következően végezhető kíméletes és kíméletlen munka is. A kíméletesség lehetőségét természetesen befolyásolják az időjárás-, a terep- és az állományviszonyok, valamint a gép műszaki állapota. A fakitermelés kíméletességének a méretke azonban döntő többségben a gépkezelő szakképzettségén, szakmai tudásán, elhivatottságán és nem utolsósorban mentalitásán, motiváltságán múlik. Ezért nagyon fontos volna a többműveletes fakitermelő gépekkel dolgozók megfelelő képzése – megfelelő OKJ-s képzés lehetővé tétele (2013. szeptember 1-től már nem indítható ilyen tanfolyam) – továbbképzése.



Csertölgly



Csertölgly



Lucfenyő



Bükk



Csertölgly



Gyertyán

7. ábra: Felhasadó törész és negatív törési léc (Forrás: Saját képek)

Köszönetnyilvánítás: A tanulmány/kutató munka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.



Gép nyoma tavaszi időszakban (CS-GY-B állományban)



Gép nyoma havas időben (NNY állomány)



Gép nyoma nagyon meredek domboldalon (Feketefenyves)



Gép nyoma száraz talaj estében (GY-B állományban)



Idősebb gép kipufogógáza (nagyobb igénybevétel esetén)



Fiatalabb gép kipufogógáza (nagyobb igénybevétel esetén)

8. ábra: Kíméletes fakitermelés harveszterrel (Forrás: Saját képek)

Irodalomjegyzék

HORVÁTH A. L. (2015): Többműveletes fakitermelő gépek a hazai lombos állományok fahasználatában. NYME EMK EMKI, Doktori disszertáció, Sopron, 145 p.

HORVÁTH A. L. – MAJOR T. – RUMPF J. (szerk.), SZÉNÉ. MÁTYÁS K. (2016): Erdőhasználat, Mezőgazda Kiadó, Budapest, ISBN:9789632867199, 390 p.

http://szakkepesites.hu/szakmak/tobbfunkcios_fakitermelogep_kezeloje.html

A LOMBKORONÁN ÁTHULLÓ CSAPADÉK MÉRÉSÉNEK AUTOMATIZÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

KALICZ PÉTER – CSÁKI PÉTER – ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA – GRIBOVSZKI ZOLTÁN
Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet,
Vízgazdálkodási Intézeti Tanszék, Sopron
kalicz.peter@uni-sopron.hu

Bevezetés

Az erdőre hulló esővíz egy része nem éri el az avartakarót, hanem a fák leveleit, ágait bednedvesíti. A lombkoronán közvetlenül áthulló esőcseppek mellett a megtapadt víz egy része a levelekről lecsöpögve vagy az ágakon majd a törzsön lefolyva érkezik le. A fent maradt víz a csapadék esemény alatt vagy után elpárolog. Ezt a légkörbe visszajutó vizet hívjuk korona intercepciónak. A lombkoronán áthulló és a fatörzseken lefolyó vízmennyiség az állományi csapadék. Ez azonban nem a talajt éri el, hanem az avarfelszín, amely szintén jelentős mennyiségű vizet felvesz és visszatart, amelynek egy része elpárolog. Ez utóbbi rész az avarintercepció (FÜHRER 1992). Bár az erdőszeti hidrológiának fontos és sokat vizsgált eleme, de általánosan elmondható, hogy az intercepció sajnos gyakran elhanyagolt és kevésbé vizsgált része a vízkörzésnek (SAVENIJE 2004).

A lombkorona a csapadék leérkezésének térbeliségét és időbeliségét jelentősen megváltoztatja. Az így létrejött mintázatot domborzati és meteorológiai jellemzők mellett elsősorban az állomány szerkezete határozza meg. Az erdőgazdálkodás megelőző évszázadaiban

létrehozott egykorú erdőkhöz képest ma, az elsősorban gazdasági rendeltetésű erdőktől eltekintve, a változatos koreloszlást mutató örökerdők létrehozására törekszünk. A korábban jórészt egységesen kezelt erdőrészekben lécek vagy vonalak mentén kap fényt és teret az újulat, ami nem csak a levélfelület térbeliségében növeli a változatosságot, hanem a felszíni érdességet is jelentősen megnöveli. Az erdészeti hidrológiai kutatás látókörébe bekerültek az agrárerdészeti rendszerek is, amelyekbe a köztes mezőgazdasági használatot lehetővé tevő, sajátos térbeli rendet követve ültetik a fás növényzetet. Ezek a változások az egykorú zárt erdőkkel összevetve a felszínt elérő csapadék eloszlásában jóval jelentősebb tér- és időbeli különbségeket okozhat. Ezeknek a csapadék módosító hatásoknak a megismerése az erdészeti hidrológia fontos feladata.

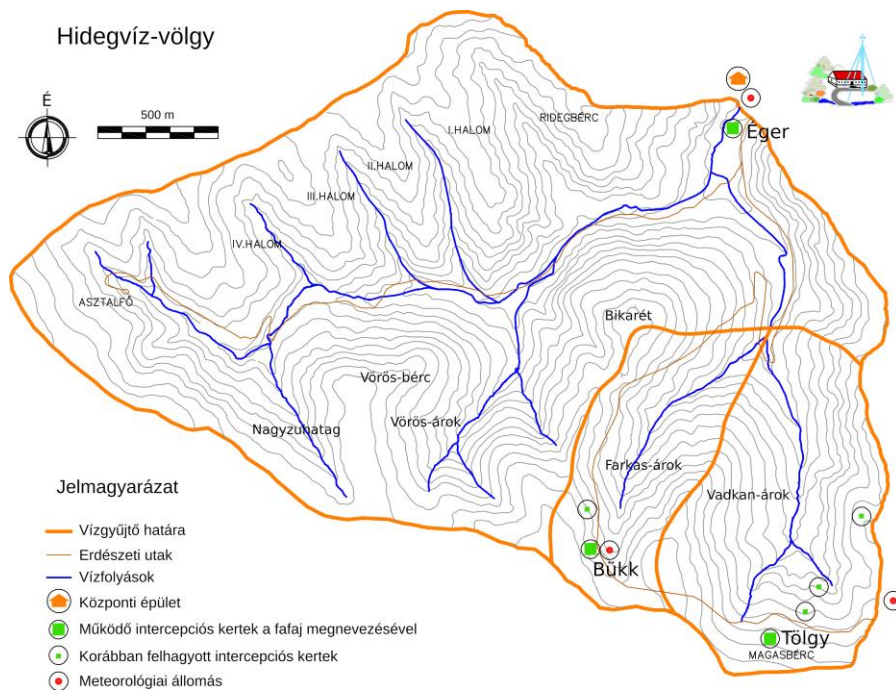
Vizsgálati anyag és módszer

Intercepció méréseket az Erdőmérnöki Kar keretein belül az 1970-es években kezdtek Farkasgyepűn (KOLOSZÁR 1981). Tartamvizsgálatok Sopron közelében – az 1980-as évek közepétől – folyamatos fejlesztéssel kialakított kísérleti vízgyűjtőben kezdődtek. A kutatási terület a Sopronon keresztül folyó Rák-patak felső vízgyűjtőjén, a Hidegvíz-völgyben helyezkedik el (GRIBOVSKI *et al.* 2006). Az 1. ábrán jelölt központi épület mellett létesített meteorológiai állomás után sorra szerelték fel a mérőkerteket bükk, kocsánytalan tölgy és luc főfafajú erdőrészekben (KUCSARA 2007).

Az eredeti mérőkertekből már csak a bükkös működik. A legtöbbször költöző lucfenyő intercepció mérést a sorozatos szűkárósítások egészségügyi kitermelései miatt feladtuk. Helyette, harmadik kertként, a központi épület közelében elhelyezkedő égeresben indítottunk mérést (*1. ábra*). A kertekben több-kevesebb sikerrel törekedtünk az egységes felszereltség elérésére. Az áthulló csapadékot a bükkösben és az égeresben FÜHRER (1992) mintájára elhelyezett kádakkal, illetve az összes kertben szabályos hálózatban elhelyezett tölcserékekkel fogjuk fel, és a vizet mérőpontként kihelyezett felfogó edényekbe gyűjtjük. A törzsön lefolyó vizet hasonlóképpen, törzsgalléronként fogjuk fel. Az így összegyűlt vizeket időszakonként kimérjük. KUCSARA (1998) ezekben a kertekben végzett mérései alapján paraméterezte bükk és luc állományokra MERRIAM (1960) intercepció függvényeit, amelyeket ma is használunk.

Az intercepció mérését a kutatás indítása óta hasonló elvek alapján végezzük. Kezdetben erős volt a törekvés a csapadékeseményhez kötődő adatkivételre. A vízgyűjtő fejlesztésével egyre szaporodó kutatási és egyéb feladatok, nehézségek miatt napjainkban a gyűjtőedényeket heti, kétheti gyakorisággal ürítjük. Ez sokszor azt eredményezi, hogy több különböző csapadékesemény összegzett állományi csapadékáról kapunk információt. Ez a nagyobb léptékű változások követéséhez megfelelő, de értelemszerűen nem tudunk a különböző átlagos csapadékintenzitásokhoz intercepció értéket rendelni. A térbeli felbontás további növelése a rendelkezésre álló erőforrások mellett a jelenlegi mintavételezési gyakorlat fenntartásával nem kivitelezhető.

A bevezetőben említett kihívások, miszerint több információt kell gyűjteni a jelenség tér- és időbeli tulajdonságairól nem csak hazánkban, hanem nemzetközi szinten is felmerültek. A nagy térbeli változékonyság miatt azonban nagy a szükséges mintaszám. VOSS *és munkatársai* (2016) terepi tapasztalatok és modellezési munka alapján a térbeli struktúra feltárására legalább 150, egymáshoz közel elhelyezett mintavételi pontot javasolnak. Ilyen nagyszámú automata adatgyűjtő beszerzése még a nagyobb költségvetéssel működő projektek számára is megterhelő. Feltáró jellegű méréseknél ezért egy alternatíva az automaták hálózatát manuális mérőpontokkal besűríteni a térbeli felbontás növelésének érdekében (STAELENS *et al.* 2006).



1. ábra. Intercepciós mérőkertek elhelyezkedése a hidegvíz-völgyi vízgyűjtőben

A sok erőforrást igénylő, részletes adatbázist nyújtó intercepció mérés a hagyományos kézi adatgyűjtésre alapuló mérésekkel csak feltárási jelleggel végezhető el. A térbeli megoszlás mintavételezésére nagyszámú eszközre, a csapadékmegosztás időbeli alakulásának tanulmányozásához nagy időbeli felbontás elérésére van szükség. Hosszabb idősorok előállításához, a nagyobb frekvenciájú mintavétel biztosítására automata adatgyűjtő eszközöket kell telepíteni. Az igények kielégítésére, a költséges műszerbeszerzés helyett, saját eszközfejlesztés útját választottuk. Két irányba indult el az áthulló csapadék mérő fejlesztés; az első vízszint-méréssel működik és a második billenőedényes szenzoron alapszik.

Az első fejlesztési irány alpműszerének a kutatási területen széles körűen alkalmazott, légzőcsővel rendelkező, hazai gyártású vízszintmérőt (www.dataqua.hu) választottuk. Ennek kialakítása lehetővé teszi, hogy a nyomásmérésen alapuló eszköz mm pontosan rögzítse a vízállást. Temperált körülmények között kicsi vízszintingadozások kimutatására is alkalmas (GRIBOVSKY *et al.* 2013). A mérőeszközt egy nagyobb gyűjtőtartályba nyúló csillapító cső veszi körül. A csillapító cső elsősorban a hordóba érkező víz keltette zavaró vízszint lengésektől védi a szenzort, és a tartályból kinyúlva lehetővé teszi a nedvességre érzékeny részek vízmentesen tartását. A tartályba vezetjük az 1 m² felfogó felülettel összegyűjtött, lombkoronán áthullt csapadékot. Az adatgyűjtő percenként képes eltárolni az aktuális vízszintet, amely az eső hullása alatt az áthulló csapadék karakterisztika vonalát rögzíti perces időbeli feloldással.

A második fejlesztési iránynál billenőedényes szenzoron alapuló áthulló csapadék mérőt tervezünk. Az adatgyűjtés alapja, hogy központi fallal elválasztott két azonos méretű kamrát alakítanak ki, amely a szimmetria tengelye körül átbillenhet. Állítható ütközők határolásával két stabil pontja van a rendszernek, amelyekben az egyik vagy a másik kamra található felül. A billenőedény tömegközéppontja a tengely fölött van. A kialakításának megfelelő térfogat beérkezését követően – amely az állítható ütközőkkel finomhangolható – a megtelt kamra eltolja a tömegközéppontot, s az instabillá váló rendszer átbillen a másik állásába. A térfogatáramról a billenések száma és időpontja alapján kapunk információt. Ennek a megoldásnak előnye, hogy a billenések időpontját közvetlenül el lehet tárolni. Hátránya, hogy nagyon alacsony fluxus nem mérhető vele, illetve a beérkező nagyobb anyagáram-

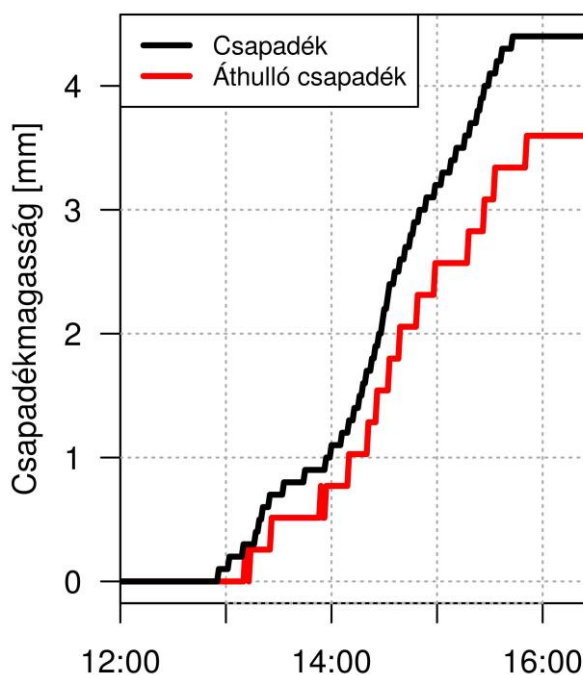
nál a billenések alatt beömlő vízmennyiség nem kerül mérésre. Ez utóbbi az eszköz dinamikus kalibrálásával korrigálható. Az eszközhöz saját fejlesztésű digitális adatgyűjtőt készítettünk.

Vizsgálati eredmények és értékelésük

A fejlesztéshez teszt területként a projektbe bevont hidegvíz-völgyi mintavízgyűjtőben (1. ábra) a patak-menti égeresben létesített mérőkeretet jelöltük ki. A 2.a. ábrán látható a telepített adatgyűjtő. A fényképen jól látható a vízszintmérőt magában rejtő cső, és a tartályból kinyúló felfogó felület.



a.



b.

2. ábra. Az áthulló csapadékot mérő eszköz (a) és regisztrátuma a szabadtéri csapadékkal (b)

A 2.b. ábrán a központi épület mellett található meteorológiai állomáson (1. ábra) mért csapadék és a telepített adatgyűjtővel rögzített áthulló csapadék karakterisztika vonalai láthatóak. Az ábra 2018. augusztus 24-én rögzített csapadékeseményt és a belőle áthulló részt szemlélteti. A csapadékmérő nagyobb felbontású, 0,1 mm-es a billenőedényének kamrája. Az ábra jól mutatja, hogy a szintmérésen alapuló áthulló csapadék mérő érzékenysége – bár nem éri el a csapadékmérőét – jóval kisebb 1 mm-nél. A mérés jellegéből adódóan az áthulló csapadék kezdete a nyers adatokból nem állapítható meg egyértelműen. A kiválasztott ábra érdekessége, hogy a majdnem 20%-os különbség nem egyértelműen a csapadékesemény kezdetekor keletkezik. A görbékből jól látható, hogy e csapadékeseménynél a szabadterületi csapadék intenzitás változásait jól leköveti az áthulló csapadék görbéje.

Megállapítható, hogy a kitelepített berendezés alkalmas az áthulló csapadék regisztrálására. A szintváltozást csapadékmagasságba átváltó egyenlet finomítására és az adatsorok ellenőrzésére még szükség lesz a további feldolgozáshoz. Amikor elkészül a már működő adatgyűjtőnek értékes kiegészítője lesz a billenőedényes típus.

Összefoglalás

Hosszú évek fáradságos manuális adatgyűjtésének eredményeként a lombkoronán áthulló csapadék mennyiségéről képet alkothattunk, azonban a folyamat időbeliségéről így nem kaphatunk információt. A folyamat időbeliségének vizsgálatához csak a nagy frekvenciával

mérni képes, digitális adatgyűjtők szolgáltathatnak adatokat. Jelen közlemény az áthulló csapadék mérésének automatizálása érdekében tett erőfeszítéseket és terveket foglalja össze. Bemutatja a Sopron mellett található hidegvíz-völgyi kísérleti vízgyűjtő égeres kertjébe telepített vízszint mérésen és a fejlesztés alatt lévő billenőedényes szenzoron alapuló áthulló csapadék mérőket.

*Köszönetnyilvánítás:*Jelen publikáció az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerepvállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatásával valósult meg. Kalicz Péter munkarésze a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- FÜHRER E. (1992): Intercepció meghatározása bükk, kocsánytalan tölgy és lucfenyő erdőben. *Vízügyi közlemények*. 74(3) 281–296.
- GRIBOVSZKI Z. – KALICZ P. – KUČSARA M. (2006): Streamflow characteristics of two forested catchments in Sopron Hills. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*. 2. 81–92. URL: aslh.nyme.hu/
- GRIBOVSZKI Z. – KALICZ P. – SZILÁGYI J. (2013): Does the accuracy of fine-scale water level measurements by vented pressure transducers permit for diurnal evapotranspiration estimation? *Journal of Hydrology*. 488. 166–169.
- KOLOSZÁR J. (1981): Természetes erdei ökoszisztémák és a csapadék. In. MAJER A.–KOVÁCS I. (eds.): *Erdő és víz*. VEAB Erdészeti Szakbizottság, Veszprém. 78–87.
- KUČSARA M.: (1998): Az erdő csapadékviszonyainak vizsgálata. *Vízügyi Közlemények*, 80(3) 456–477
- KUČSARA M. (2007): Erdészeti hidrológiai kutatások az ERFARET támogatásával. *Erdészeti lapok*. 142(1) 17–18.
- MERRIAM, R. A. (1960): A note on the interception loss equation. *Journal of Geophysical Research* 65(11) 3850–3851.
- SAVENIJE, H. H. G. (2004): The importance of interception and why we should delete the term evapotranspiration from our vocabulary. *Hydrological Processes* 18(8), 1507–1511.
- STAELENS, J. – SCHRIJVER, A. D. – VERHEYEN, K. – VERHOEST, N. E. C. (2006): Spatial variability and temporal stability of throughfall water under a dominant beech (*Fagus sylvatica* L.) tree in relationship to canopy cover. *Journal of Hydrology* 330, 651–662.
- VOSS, S. – ZIMMERMANN, B. – ZIMMERMANN, A. (2016): Detecting spatial structures in throughfall data: The effect of extent, sample size, sampling design, and variogram estimation method. *Journal of Hydrology* 540 527 – 537.

PAULOWNIA FAJOK FAANYAGÁNAK TULAJDONSÁGAI

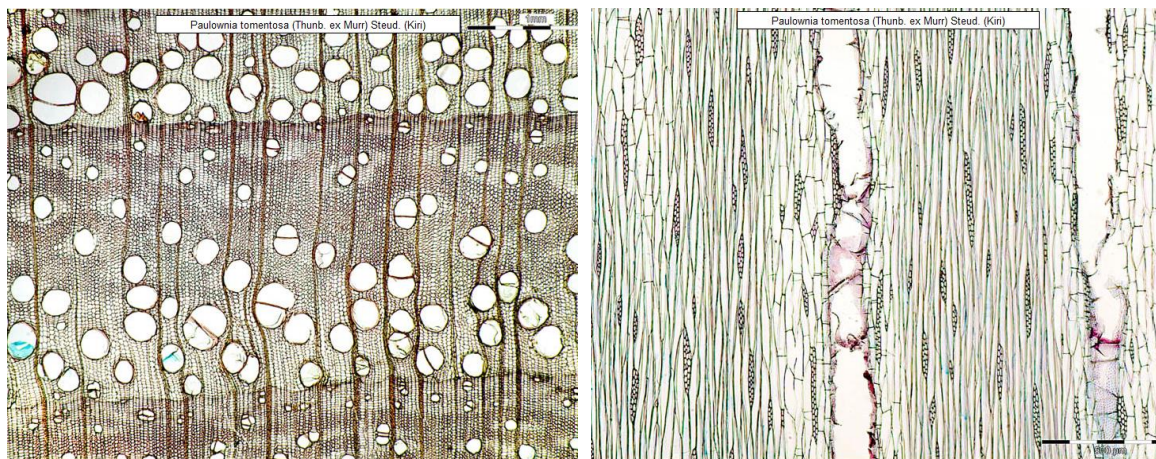
KOMÁN SZABOLCS – NÉMETH RÓBERT – FEHÉR SÁNDOR
Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar,
Faanyagtudományi Intézet
koman.szabolcs@uni-sopron.hu

Az elmúlt években az iparifa iránti kereslet folyamatosan növekszik. A fa alapanyag költségének növekedése szükségessé tette az ágazat számára az alacsonyabb költségű fafajok felkutatását. Az utóbbi időben egyre nagyobb figyelmet szenteltek az olyan gyorsan növekvő fafajokra, mint a , mint a Paulownia, nyár, éger stb., melyek megoldást nyújthatnak a problémára. (DOGU *et al.* 2017). A nagy szárazanyagprodukciónak energetikai ültetvények nagyon fontos forrást jelentenek a bioenergetika számára is. A Paulownia is ezen fajok közé tartozik gyors növekedése és az éghajlati viszonyokhoz való alkalmazkodó képessége miatt. A Paulownia a világ egyik leggyorsabban növekvő faja, a családon belül 6 (egyéb források szerint

17) faj található. A császárfa (*Paulownia* spp.) elkülönítése még az élőfa alapján is nehéz a hibridizáció miatt, és a faanyaguk is nagyon hasonló tulajdonságokkal rendelkezik.

Mikroszkópos jellemzők

Az edények gyűrűs vagy félig gyűrűs elrendezésűek (1. ábra), nem alkotnak önálló mintázatot, egyenként szétszóródva vagy 2-3(-4) tagú radiális sorban állnak, a korai pásztában nagyméretűek (átmérő: 200-300 μm). Az edényekben vékony falú tillisz látható. A keskenyebb edények spirális sejtfallvastagodással rendelkeznek. Edénytracheidák vagy vazicentrikus tracheidák hiányoznak. A farostok nagyon vékony falúak. Nincsenek rekeszes rostok a fában. Csak a rostok radiális oldalán láthatók az egyszerű gödörkék. A növekedési zónahatár jól látható, a zónahatár közelében az edények ritkábban állnak. Az apotracheális hosszparenchima hiányzik. A paratracheális hosszparenchima vazicentrikus, aliform, elnyújtott-aliform, aliform-összekapcsolódó vagy a késői pásztában sávozott. Esetenként az évgyűrűhatáron helyezkedik el, kvázi marginális parenchimaként. A bélsugarak fekvő sejtípusból álló homogén felépítésűek vagy kocka és álló sejtípusból álló heterogén szerkezetűek is lehetnek. Csempe alakú sejtek a bélsugárban nincsenek. A bélsugarak 3-5 sejt sor szélesek, mennyiségük 3-6 bélsugár/tangenciális mm. Prizmatikus kristályok nincsenek sem a bélsugárban sem a hosszparenchimában. Szilikátberakódás nincs (MOLNÁR *et al.* 2016).



1. ábra *A* fatest mikroszkópos megjelenése (fotó: Richter – Dallwitz)



2. ábra *A* fatest makroszkópos megjelenése (fotó: Komán)

Makroszkópos jellemzők

A geszt és szíjacsk határ halvány, a bél nagy átmérőjű (1-2 cm) (2. ábra). A faanyag halványsárga rózsaszínes árnyalattal. A likacsok mérete az évgyűrűben kifelé haladva csökkenő, a korai pásztában pedig általában nem alakul ki szabályos likacsgyűrű, ezért a félig gyűrűslikacsúak közé sorolható. A geszt széles, szerkezete finom, az évgyűrűk szélesek. Az évgyűrű

jól kirajzolódik, a bélsugarak szabad szemmel nem láthatók tisztán, de kézi nagyítóval jól kivehetők. A sugármetszeten sávozott, húrmetszeten flóderes rajzolatú a faanyag. A fa gyalulás után fényes, puha, szagtalan (MOLNÁR *et al.* 2016).

Fahibák, fakárosodások, tartósság

Nem időjárásálló, nem rovarálló. Nem tartós fafaj, talajjal érintkezve legfeljebb 5 évet bír (MOLNÁR *et al.* 2016).

Felhasználás

Gyors növekedésük és fűrészipari értékük miatt, sok Paulownia fajt természetnek világszerte. Széleskörű hasznosítása az ipari felhasználástól (bútor-és épületfa, papíripari alapanyag, energia célú biomassza, stb.) a méhészeti és gyógyszeripari hasznosításon át (kéreg, levél, virágzat) a díszítő funkcióig (parkfa, művészi fafaragványok alapanyaga) terjed. Könnyen megmunkálható és szép rajzolatú fája miatt Japánban tradicionális bútorfaként használják, ahol a jó minőségű rönk értékes alapanyagként számít (KOMAN – FEHER 2017). A kevésbé értékes alapanyag egyéb területeken használható, mint pl. forgácslapgyártás (KALAYCIOGLU 2005), de alkalmazzák hő- ill. elektromos szigetelő anyagként is (AFBI 2008).

A magas szilárdság/tömeg arányának köszönhetően jól alkalmazható a hajóépítésben, légiközlekedésben, szörfdeszkák és lakókocsik készítésél (SAN *et al.* 2016). Rezonáns tulajdonságai miatt hangszerfaként is keresett (ROOHNIA *et al.* 2011), de a cellulóz- és papíripar számára is alkalmas alapanyagként tartják (ASHORI – NOURBAKHS 2009). Mivel rövid vágásfordulójú alapanyag, ezért a falemezipar számára is fontos nyersanyag lehet (NELIS *et al.* 2018).

A faanyag felhasználhatósága szempontjából elengedhetetlen a légszáraz sűrűség ismerete, amelyből következtetni lehet a szilárdsági tulajdonságokra (KIAEI 2013). A faanyag sűrűsége, valamint a hajlítószilárdság (MOR) és a statikus rugalmassági modulus (MOE) között szoros összefüggés van (ZHANG 1997). A Paulowniát a legkisebb sűrűségű fafajok között tartják számon, amelynek légszáraz sűrűsége kb. 0,25-0,3 g/cm³.

Az utóbbi időben egyre nagyobb érdeklődés mutatkozik a Paulownia iránt Európában, de faanyagtulajdonságaik irodalmi feldolgozása még kevésbé fellelhető. Ahhoz hogy meghatározzuk a faanyagok lehetséges felhasználási területeit viszont elengedhetetlen az alapvető tulajdonságaik ismerete. A különböző Paulownia fajták között - mint ahogyan például a nyárak esetében is - igen nagy változékonyság lehet. A tanulmány célja, a hazánkban fellelhető Paulownia fajok/fajták faanyagjellemzőinek feltárása.

Vizsgálati anyag és módszer

A vizsgálatok kivitelezése az alábbi szabványok szerint történt:

- Sűrűség (DIN 68364:2003)
- Zsugorodás (DIN 52184:1979)
- Statikus hajlítószilárdság (DIN 52186:1978)
- Rugalmassági modulus (DIN 68364:2003)

Az alkalmazott berendezés Instron 4208 típusú univerzális anyagvizsgáló. A vizsgálatok kezdetéig a próbatestek normál klímán (T=20°C; φ=65%) kerültek tárolásra.

Eredmények

A vizsgált Paulowniák sűrűsége hasonlóan más Paulownia fajtákhoz nagyon alacsony (AKY-ILDIZ – KOL 2010; FLYNN – HOLDER 2001; HASSANKHANI *et al.* 2015; KALAYCIOGLU *et al.* 2005; KIAEI 2012; SENELWA – SIMS 1999; MINATO *et al.* 2004) (1. táblázat).

A légszáraz sűrűség értéke egyes esetekben már a balsafára megadott (WAGENFÜHR 2007) érték felső tartományába esik. Az eredményül kapott sűrűségi tartomány alsó részétől alacsonyabb sűrűség a Paulowniák esetében megbízható forrásból származó irodalmakban nem található. Ilyen alacsony légszáraz sűrűség mellett, minden bizonnyal a bázissűrűség értéke is igen kismérékű. Ez többek között a hámozhatóság, megmunkálhatóság vagy a papírgyártási potenciál előrejelzőjese szempontjából lehet fontos. Az alacsony érték ebből a szempontból előnyt jelenthet ezen technológia munkafolyomatoknál.

1. táblázat Vizsgált jellemzők

	<i>Paulownia tomentosa</i>	<i>Paulownia Clone in vitro 112</i>	<i>Paulownia tomentosa Robust 4</i>
sűrűség (u=12%)	0,18 - 0,3 g/cm ³		
térfogati zsugorodás	6,2 - 8,6 %		
hajlítószilárdság	28,2 - 41,5 MPa		
hajlító rugalmassági modulus	3010 - 3492 MPa		

Az alacsony sűrűség következménye a hajlítószilárdság és a hajlító rugalmassági modulus alacsony értéke is. A hazánkban található puha fafajok közül ezek az értékek nem érik el a nyárakét vagy fűzekét.

Egyes technológia kezelések (pl. gőzölés, szárítás), illetve felhasználási helyek esetében fontos jellemzője a faanyagoknak a dimenzióstabilitás. A Paulowniák térfogati zsugorodás értéke igen alacsony, ami nagyon kedvező a fafajok többségéhez viszonyítva. A hasonlóan alacsony sűrűséggel rendelkező fafajok közül pl. a balza értékei is ebben a tartományban találhatóak (MOLNÁR *et al.* 2016).

A vizsgált jellemzők alapján a Paulownia faanyaga a térségben megtalálható fafajok közül elsősorban egyes nemesnyár fajtákhoz áll a legközelebb, és főként növekedési jellemzői miatt lehet azok komolyabb versenytársa a jövőben.

Köszönetnyilvánítás: A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- AFBI (2008): Paulownia as a novel biomass crop for Northern Ireland? A review of current knowledge. Occasional publication No. 7. Agri-Food and Bioscience Institute, Hillsborough.
- ASHORI, A. – NOURBAKHS, A. (2009): Studies on Iranian cultivated paulownia – a potential source of fibrous raw material for paper industry. *Eur. J. Wood Prod.* 67(3) 323-327. DOI: 10.1007/s00107-009-0326-0
- AKYILDIZ, M.H. – KOL, S.H. (2010): Some technological properties and uses of paulownia (*Paulownia tomentosa* Steud.) wood. *Journal of Environmental Biology* 31, 351-355.
- DOGU, A.D. – TUNCER, F.D. – BAKIR, D. – CANDAN, Z. (2017): Characterizing microscopic changes of paulownia wood under thermal compression. *BioResources* 12(3) 5279–5295. DOI: 10.15376/BIORES.12.3.5279-5295
- FLYNN, H. – AND HOLDER, C. (2001): Useful wood of the world. *Forest Products Society*. Madison, WI.
- HASSANKHANI, M. – KORD, B. – POURPASHA, M.M. (2015): Empirical statistical model for predicting wood properties of Paulownia fortunei: Part 1: Physical and biometrical properties. *Maderas, Ciencia y tecnología* 17(4), 919-930. DOI: 10.4067/S0718-221X2015005000080

- RICHTER, H.G. – DALLWITZ, M.J. (2000) onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: February 2015. <http://delta-intkey.com>
- KALAYCIOGLU, H. – DENIZ, I. – HIZIROGLU, S. (2005): Some of the properties of particleboard made from paulownia. *Journal of Wood Science* 51(4), 410-414. DOI: 10.1007/s10086-004-0665-8
- KIAEI, M. (2012): Technological properties of Iranian cultivated paulownia wood (*Paulownia fortunei*). *Cellulose Chemistry and Technology* 47, 735-74.
- KIAEI, M. (2013): Radial variation in wood static bending of naturally and plantation grown alder stems. *Cellulose Chem. Technol.* 47(5-6):339-344.
- KOMAN SZ. – FEHER S. (2017): Physical and mechanical properties of paulownia tomentosa wood planted in hungaria. *Wood Research* 62(2), 335-340.
- MINATO, K. – NARUO, N. – KONISHI, J. (2004): How far does a gaseous reagent penetrate into wood. *Holz Roh Werkst* 62(2), 120-125. DOI: 10.1007/s00107-003-0457-7
- MOLNÁR S. – FARKAS P. – BÖRCSÖK Z. – ZOLTÁN GY. (2016): Földünk ipari fája. Erfaret Nonprofit Kft. Sopron. ISBN 978-963-12-5239-2
- NELIS, P.A. – MICHAELIS, F. – KRAUSE, K.C. – MAI, C. (2018): Kiri wood (*Paulownia tomentosa*): can it improve the performance of particleboards?. *Eur. J. Wood Prod.* 76(2) 445-453. DOI: 10.1007/s00107-017-1222-7
- ROOHNIA, M. – HOSSEIN, M.A. – ALAVI-TABAR, S.E. – TAJDINI, A. – JAHAN-LATIBARI, A. – MANOUCHEHRI, N. (2011): Acoustic Properties in ARIZONA cypress logs: a tool to select wood for sounding board. *BioResources* 6(1), 386-399.
- SENELWA, K. – SIMS, R.E.H. (1999): Fuel characteristics of short rotation forest biomass. *Biomass and Bioenergy* 17(2), 127-140.
- ZHANG, S. Y. (1997): Wood specific gravity-mechanical property relationship at species level. *Wood Science and Technology* 31(3), 181-191. DOI: 10.1007/BF00705884

NYÁRTERMESZTÉS MAGYARORSZÁGON

KOMÁN SZABOLCS¹ – VARGA DÁVID²

¹Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar,
Faanyagtudományi Intézet

²A.W. Faber-Castell Vertrieb GmbH
koman.szabolcs@uni-sopron.hu

Hazánkban a második világháború után egyre nagyobb érdeklődés mutatkozott a nyárak iránt gyors növekedésük miatt, az elmúlt néhány évtizedben pedig a nyár nemzetség egyedülálló pozíciót nyert az ökológiai, kereskedelmi és tudományos területeken. A nyárfatermesztés mai magyarországi (1. ábra) helyzetének a kialakulása több, a második világháborút követő nyárfa-telepítési programnak az eredménye. A nyárfatermesztési kutatások a XX. század második felében tisztázták az eredményes nemesnyár-termesztés termőhelyi feltételeit, a magyarországi viszonyok között célszerű és optimális termesztési technológiákat, létrehozták az adottságaiknak megfelelő nemesnyár fajtaválasztékot. Mindezek az általában biztonságos faanyagértékesítési lehetőségekkel együttesen gazdaságossá, jövedelmezővé tették a nemesnyár termesztést (TÓTH 2006).

A gyorsan növő ültetvényes fafajok, mint például a nyárak, nyersanyagot biztosítanak a faipar számára, mivel helyettesítik a természetes erdőkből származó, illetve importált alapanyagot. Forrást biztosítanak a faipari feldolgozáshoz (cellulóz, papír, rétegelt lemez, furnér, fűrészáru, ládák, raklapok, bútorok stb.) és egyéb termékekhez (állati takarmány, gyógyászati kivonatok). Ezen kívül fontos környezetvédelmi szerepük van a talaj- és folyópartok védelmében vagy az éghajlatváltozás és a levegőszennyezés hatásainak csökkentése szempontjából (NERVO 2011).

Jelen cikk a nyárok aktuális adatait vizsgálja Magyarországon kitérve az Európában fellelhető mennyiségre is. Többek között olyan jellemzőket elemezve, mint a fajtaválaszték, korosztály összetétel vagy felhasználási területek.

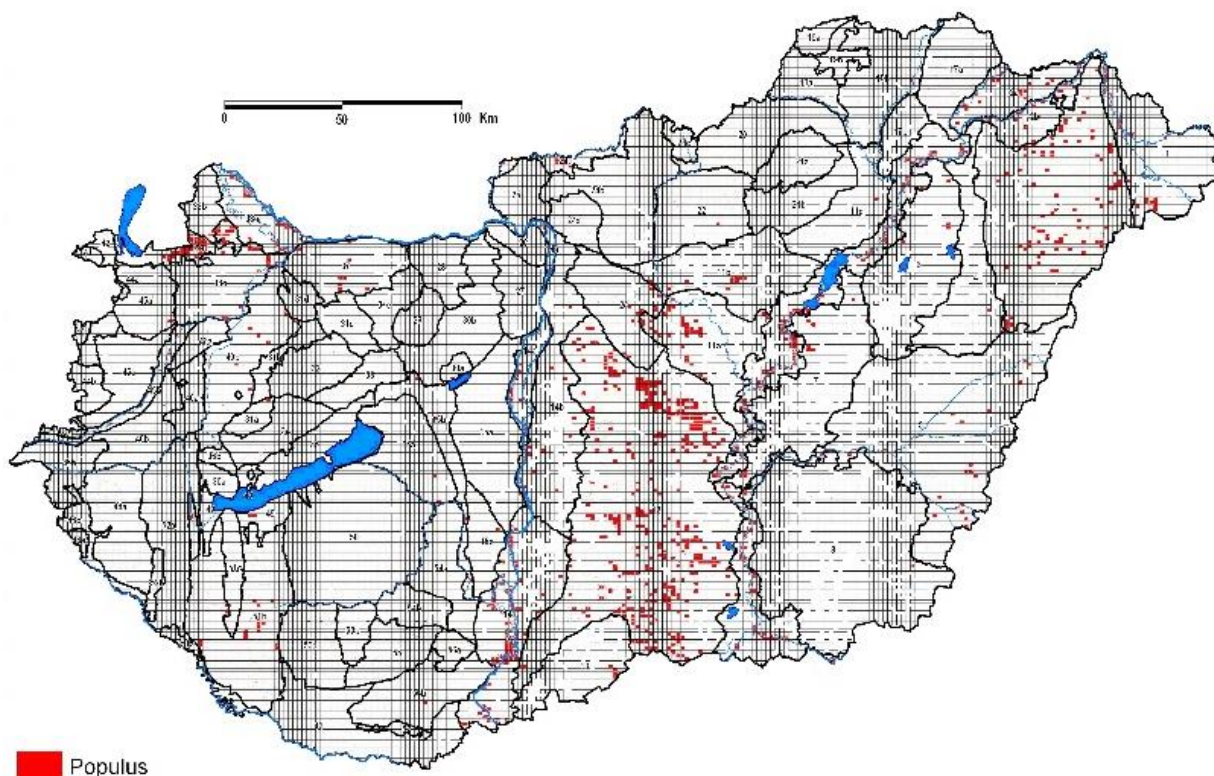
A magyarországi adatok a NÉBIH (2007-2017) által közreadott adatbázisokból, míg az Európaiak az IPC (FAO 2016) jelentéséből származnak.

Terület, összetétel

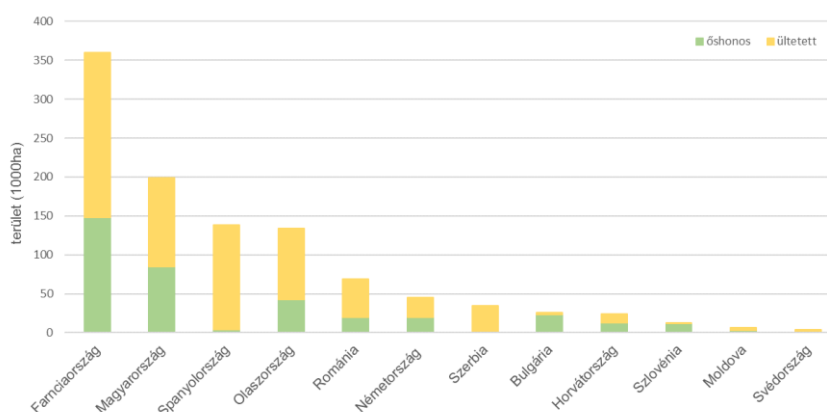
Az IPC adatai alapján készült grafikonon (2. ábra) alapján is látható, hogy Magyarország európai viszonylatban is jelentős nyárfakészlettel rendelkezik. A közel 200e ha-os nyárfa területével csak Franciaország előzi meg. Ez egymaga több mint a többi kelet-közép európai országban található összes mennyiség. Az őshonos és ültetett fajták itt közel azonos mennyiségben vannak jelen. Franciaországban is hasonló a helyzet, de míg pl. Spanyolországban szinte csak ültetett nyárfákat találunk, addig Bulgáriában vagy Szlovéniában épp fordított a helyzet.

Magyarországon az utóbbi 10 évben a nyárok által elfoglalt terület nagysága gyakorlatilag nem változott. A tölgyek és az akác után következik 10,6%-os területével. Az élőfakészletet vizsgálva már a bükk, gyertyán és a fenyők is megelőzik, de a 8% körüli mennyiségi aránya még mindig jelentősnek mondható. Elsősorban azért, mert a fafajok korosztályait 10 éves bontásban vizsgálva az akác mellett az első 30 évben a legnagyobb területtel rendelkeznek. Az e fölötti korcsoportokban viszont már jelentősen visszaesik területaránya, ami a rövid vágásfordulójának köszönhető.

A nemesnyárok és hazai nyárok által elfoglalt területek nagyságát az utóbbi 10 évben elemezve azt láthatjuk, hogy míg a nemesnyárak területe évenként 0,1% csökken, addig a hazai nyároké közel ugyanennyivel nő. Ennek elsősorban nem gazdasági, hanem természetvédelmi okai vannak, mivel a legtermékenyebb nemes nyár termőhelyeken sok esetben az állományok letermelése után csak őshonos hazai nyárfakkal lehet az erdőfelújítást elvégezni. Az élőfakészlet esetében a nemesnyárok mennyisége gyakorlatilag nem változott, míg a hazai nyároké – hasonlóan a területarányhoz – 0,1%-os évenkénti növekedést produkált.



1. ábra Nyárak elterjedése Magyarországon (Komán 2013)

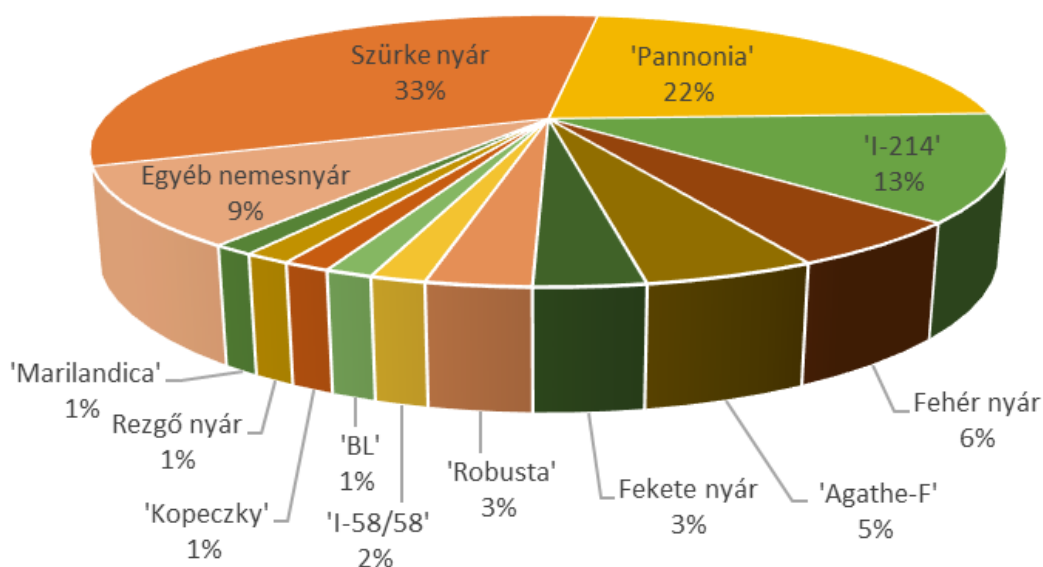


2. ábra Őshonos és ültetett nyárak területe Európában

Az utóbbi három év éves csemetetermelési adataiban magasan az első helyen szerepelnek a hazai nyárak, fokozatosan növekvő mennyiséggel. Az összes nemesnyár csemete részaránya csak kb. 20%. Bár az államilag elismert nemesnyár fajták száma több mint 20, ezeken belül az 'I-214' és a 'Pannónia' mennyisége a kiemelkedő, a kettejük részaránya több mint 70%.

A nyárak a magyarországi bruttó fakitermelésnek is jelentős mennyiségét adják (1200-1300 bruttó ezer m³), mivel az akác után, nagyjából a fenyővel azonos mennyiséget termelnek már ki az utóbbi években. Az egy hektárra vetített folyónövedék esetében pedig a hazai nyárak az első, míg a nemesnyárak a második helyen szerepelnek.

A különböző nyárak területarányait figyelembe véve gyakorlatilag 3 fajta adja az összterület 2/3-át (3. ábra). A szürke nyár van jelen a legnagyobb mennyiségben a maga 33%-ával, ezt követi a 'Pannónia' (22%) majd az 'I-214' (13%) klón. A többi nyár mennyiségi részaránya egyenként már csak pár %-ot tesz ki.



3. ábra Nyárak magyarországi területarányai

Magasabb átlagos korról elsősorban a hazai nyár és a kezdeti telepítésekkor használt nemesnyár fajták rendelkeznek (4. ábra). Az átlagos átmérők tekintetében viszont már nem ilyen egyértelmű a helyzet. Ezeket a tulajdonságokat több tényező is befolyásolja, mint pl. a termőhelyi adottságok, a termelendő célválaszték, a nyárfajták sajátos növekedési tulajdonságai stb.. Tóth (2003) szerint Magyarországon a nemesnyárasok általánosan javasolható optimális ökonómiai vágásérettségi kora 18-20 év, amelyet többek között az előbb említett tényezők természetesen módosíthatnak. Jelenleg a nemesnyáraké 30, míg a hazaiaké 44 év körül van. Az látható, hogy egyes fajták, mint pl. a 'Pannónia' és a 'Kopecky' alacsonyabb átlagos kor ellenére is nagyobb átlagos átmérővel rendelkeznek, mint egyes hazai- vagy nemesnyár fajták. Összességében a nemesnyárak átlagos kora 21, míg a hazaiaké 26 év.

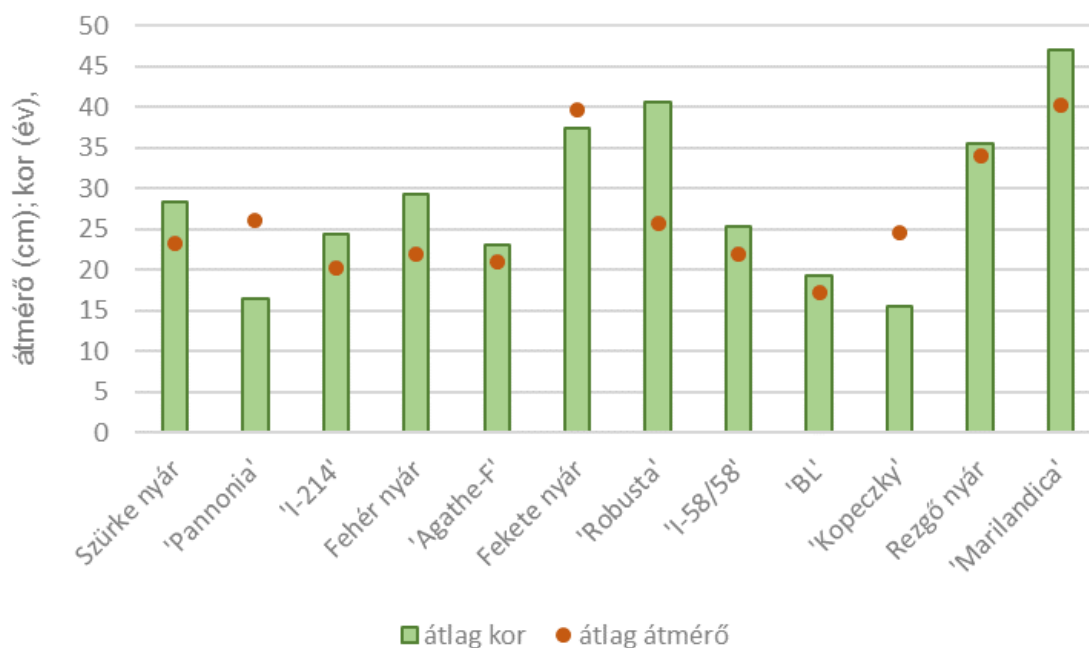
Hazánkban a nyárak területének egyenetlen eloszlása alapvetően termőhelyi tényezőkre vezethető vissza. A nemesnyárak tápanyag-, levegő-, hő- és vízigénye nagy. Ilyen termőhelyek elsősorban felszínközeli talajvízzel rendelkező síkvidékeinken adódnak. A legnagyobb mennyiség az Alföld területén fekvő megyékben, illetve Győr-Moson-Sopronban található (5. ábra).

Felhasználás

A nyárak fájának felhasználását az alábbi szakmai területekre csoportosíthatjuk:

- rétegeltlemez- és gyufaipari felhasználás
- fűrészipari termékek
- bútór- és épületszerkezeti elemek
- cellulóz-, farostlemez- és forgácslapgyártás
- energetikai célú felhasználás

A sokoldalúan felhasználható nyárak elsősorban a faipari tömegtermelés (ládák, rakodólapok, lemezipari termékek) legfontosabb alapanyagai. A fűrészipari feldolgozás legnagyobb hányadát a rakodólapelemek gyártása adja. A bútoriparban elsősorban kárpitoskereteket, bútortalapokat és egyéb nem látható elemeket készítenek belőle, de találkozhatunk velük rönkbútorok formájában is. A nyárak a magyarországi gyufagyártás legfontosabb alapanyagai.



4. ábra Nyárak átlagos kora és átmérője

A hibrid nyárak felhasználási lehetőségei azonosak az őshonos nyárakéval, de előnyük, hogy genetikai módosítással tulajdonságaik javíthatók (RATHKE *et al.* 2012). Gyenge mechanikai szilárdságuknak köszönhetően építőanyagként kevésbé használatosak. Szélesebb körű felhasználásuk szempontjából fontos fizikai és mechanikai tulajdonságaik javítása (WANG *et al.* 2015). Ilyen irányú pl. hőkezelési eljárásokkal több kutatás (BAK – NEMETH 2012; CAI *et al.* 2012; GAO *et al.* 2016; MARCON *et al.* 2018) is biztató eredményeket ért már el.

A biomassza felhasználás szempontjából a nyárfákat számos országban széles körben termesztik és különböző technológiával használják fel. Az SRP (short-rotation plantation) nyárból származó faanyag a szén és más fosszilis tüzelőanyagokkal szemben gazdasági és környezeti előnyökkel is rendelkezik (KLASA – KARLEN 2014). A rövid vágásfordulójú energetikai ültetvények Európában mintegy 50 000 ha-nyi területet foglalnak el (BERNDES *et al.* 2003, LINDEGAARD *et al.* 2015). Az elmúlt évtizedben Magyarországon is megjelentek a rövid vágásfordulójú (10-15 év) és intenzív művelésű nemesnyár iparifa-ültetvények, amelyek területe jelenleg már megközelíti az 5 000 ha-t. További energetikai biomassza ültetvények telepítése megkívánja országos szinten decentralizált fűtőművek és erőművek létrehozását.



5. ábra Nyárak területe megyénkénti bontásban

Köszönetnyilvánítás: A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of oil-heat-treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannonia) wood. *BioResources* 7(4):5128-5134. DOI: 10.15376/biores.7.4.5128-5137
- BERNDES, G. – HOOGWIJK, M. – VAN DER BROEK, E. (2003): The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass and Bioenergy* 25(1):1-28
- CAI, J.B. – DING, T. – YANG, L. (2012): Dimensional Stability of Poplar Wood after Densification Combined with Heat Treatment. *Applied Mechanics and Materials* 152-154:112-116. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.152-154.112

- FAO (2016): Poplars and Other Fast-Growing Trees - Renewable Resources for Future Green Economies. Synthesis of Country Progress Reports. 25th Session of the International Poplar Commission, Berlin, Federal Republic of Germany, 13-16 September. Working Paper IPC/15. Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome. URL: <http://www.fao.org/forestry/ipc2016/en/>.
- GAO, H. – SUN, M.Y. – CHENG, H.Y. – GAO, W.L. – DING, X.L. (2016): Effects of Heat Treatment under Vacuum on Properties of Poplar. *BioResources* 11(1):1031-1043. DOI: 10.15376/biores.11.1.1031-1043
- KLASA, A. – KARLEN, D. (2014): Poplar. Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. 1663. URL: <http://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/1663>
- KOMÁN SZ. (2013): Xylotomic and physical characteristics influencing the modern utilisation of poplars for industrial and energy purposes. Doctoral dissertation. University of West Hungary, Faculty of Wood Science, Sopron, Hungary.
- LINDEGAARD, K.N. – ADAMS, P.W. – HOLLEY, M. – LAMLEY, A. – HENRIKSSON, A. – LARSSON, S. – VON ENGELBRECHTEN, H.G. – ESTEBAN, L.G. – PISAREK, M. (2015): Short rotation plantations policy history in Europe: lessons from the past and recommendations for the future. *Food Energy Secur.* 5(3):125-152. DOI: 10.1002/fes3.86
- MARCON, B. – GOLI, G. – MATSUO-UEDA, M. – DENAUD, L. – UMEMURA, K. – GRIL, J. – KAWAI, S. (2018): Kinetic analysis of poplar wood properties by thermal modification in conventional oven. *iForest - Biogeosciences and Forestry* 11(1):131-139 DOI: 10.3832/ifor2422-010
- NERVO, G. – COALOA, D. – VIETTO, L. – GIORCELLI, A. – ALLEGRO, G. (2011): Current situation and prospects for European poplar culture: the role of research. *Actas del Tercer Congreso Internacional de las Salicáceasen Argentina ‘Los álamos y lossaucesjunto al paisaje y eldesarrolloproductivo de la Patagonia’* Neuquen, Argentina, 9 p.
- NÉBIH (2018): <http://portal.nebih.gov.hu/-/magyaroszag-erdejeivel-kapcsolatos-adatok>
- RATHKE, J. – SINN, G. – HARM, M. – TEISCHINGER, A. – WEIGL, M. – MULLER, U. (2012): Effects of alternative raw materials and varying resin content on mechanical and fracture mechanical properties of particle board. *BioResources* 7(3):2970-2985.
- TÓTH B. (2003): Nemesnyárasok ültetvényeszerű fatermesztése. In: FÜHRER E. – RÉDEI K. – TÓTH B. *Ültetvényeszerű fatermesztés I., Mezőgazda Kiadó - ERTI, Budapest pp.19-96. ISBN 963 286 013 6*
- TÓTH B. (2006): Nemesnyár-fajták ismertetője. *Agroinform Kiadó, Budapest.*
- WANG, J. – GUO, X. – ZHONG, W. – WANG, H. – CAO, P. (2015): Evaluation of Mechanical Properties of Reinforced Poplar Laminated Veneer Lumber. *BioResources* 12(1):43-55.

MAG- ÉS SARJEREDETŰ AKÁC ÁLLOMÁNYOK VÁLASZTÉK- ÖSSZETÉTELÉNEK VIZSGÁLATA A SEFAG ERDÉSZETI ÉS FAIPARI ZRT. TERÜLETÉN

MAJOR TAMÁS – PINTÉR TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet
major.tamas@uni-sopron.hu

Bevezetés

Ma Magyarországon a fehéarakác (*Robinia pseudoacacia*) a legelterjedtebb fafaj. Európa egyetlen országában sincs annyi akácerdő, mint Magyarországon. Hazánk összes erdőterületének több mint 24%-át borítják akácosok, ez 451 771,95 hektárt és 50 829 689,00 m³ fát jelent (ORSZÁGOS ERDŐÁLLOMÁNYI ADATTÁR 2015). A legjelentősebb akáctermesztő körzetek a Nyírség, a Cserhát, a Gödöllői dombvidék, a Duna-Tisza közti homokhát, a Somogyi homokvidék, a Vas-Zalai hegyhát és a Kisalföldi homokvidék. Ezek közül kiemelt minőségű állománnyal a Nyírség, a Duna-Tisza köze és Somogy északi része rendelkezik.

A klímaváltozás következtében az évi átlag középhőmérséklet nő és ezzel együtt az erdészeti klímazónák is „vándorolnak”. Általánosságban elmondható, hogy a Bükkös klíma területaránya csökken és ezzel egyetemben az Erdőszytepp klíma területe nő. Ez fajokösszetétel változáshoz vezet, miszerint csökkenni fog a bükk területaránya és még jobban előtérbe kerülhet az akác, illetve a nemesnyárok csoportja.

Az akác mélyre hatoló gyökérzetének köszönhetően megél a homokos, szikes területeken is, megköti a laza futóhomokot, jól használható rossz minőségű homok területek beerdősítésére is.

Fájának sokféle hasznosítási lehetősége van, kedvező fizikai tulajdonságai és rendkívüli tartóssága széleskörű felhasználhatóságot tesz lehetővé a fűrészipar, a bútoripar és az épületasztalos-ipar területén egyaránt. Elterjedten alkalmazzák a föld- és vízépítésben, tartós kerítésoszlop, szőlőtám, szőlőkaró. Az akácot a cellulóz, a farostlemez és a forgácslap gyártásnál is felhasználják. Újabban rétegelt-ragasztott tartókat is készítenek belőle. A kitermelt akác fatömegének fele energetikai célokat szolgál, azaz tűzifa lesz belőle.

Elterjedtege és széleskörű felhasználása miatt érdemes megvizsgálni, hogy a különböző eredetű állományok milyen választékokat adnak, hogyan befolyásolják az akác felhasználhatóságát.

Jelen cikkünkben a különböző termőhelyeken (barnaföldön, rozsdabarna és kovárványos barna erdőtalajon, valamint humuszos homokon) található mag- és sarjeredetű akác állományok választék-összetételét hasonlítjuk össze, illetve vizsgáljuk, hogy ennek következtében miként alakul a különböző eredetű (mag, gyökérsarj és tuskósarj) állományok felhasználási árbevétele.

Vizsgálatok leírása

Vizsgálatainkat a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. területén végeztük. A kutatás során a 2013-17 közötti időszak végfelhasználási adatait használtuk fel.

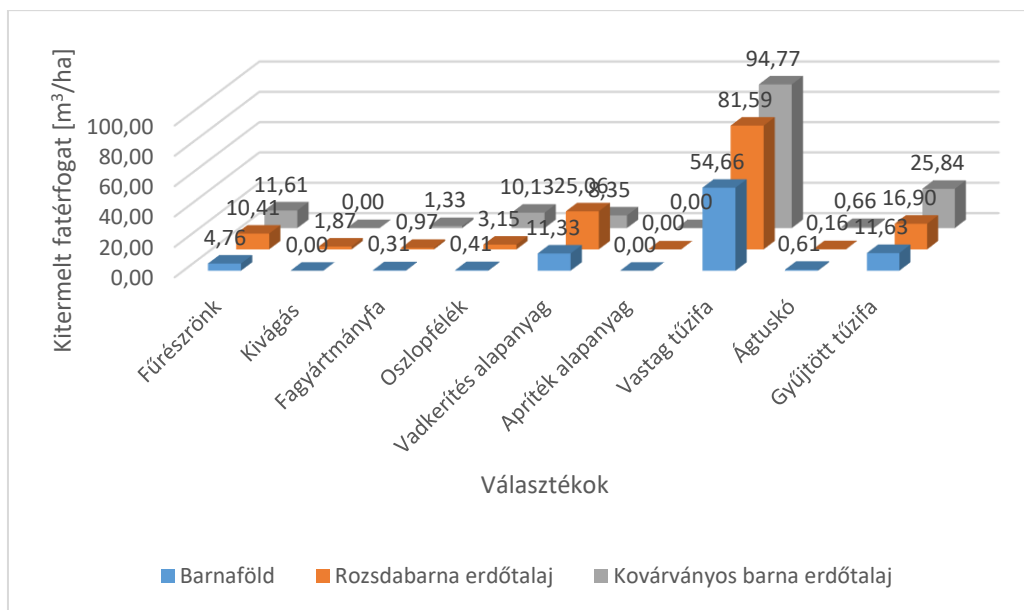
A vizsgálatok megkezdése előtt az adatokon különböző szűréseket végeztünk. Az adatbázisban 5-100%-os elegyarányú erdőrészesletek egyaránt megtalálhatóak voltak, ezek közül csak a 90%, vagy annál nagyobb akác elegyarányal rendelkező erdőrészesletek adatait vettük figyelembe a kiértékelések során. Az olyan erdőrészesletek esetében, melyekből nem csak akácot választékoltak, hanem más fajokot is, ott a részeslet teljes területét redukáltuk olyan mértékben, ahogyan az akác részesül az összes kitermelt fatérfogatból. A kiértékelésekhez 200 erdőrészeslet adata állt rendelkezésre, melyek összesített területe 762,5 hektár. Az elmúlt öt évben 100.321,8 m³ faanyagot termeltek ki ezen területeken.

Barnaföldön, rozsdabarna erdőtalajon, kovárványos barna erdőtalajon és humuszos homokon álló akác állományokat vontunk be a vizsgálatokba, ugyanis csak ezen talajtípusokon van kellő számú adat a különböző eredetű akácállományok választék-szerkezetének vizsgálatához.

A vizsgálatok során nem csak a választék-összetételt, hanem a kitermelt faanyagból származó hektáronkénti felhasználási árbevételt is összehasonlítottuk. Ehhez a 2017-es év választék árait használtuk.

Mageredetű állományok választék-összetétele

Mageredetű állományok három különböző genetikai talajtípuson fordulnak elő az adatbázis szerint. E három talajtípuson található állományokból kikerülő faanyag választék-összetételét az 1. ábra mutatja.



1. ábra. Mageredetű állományok választék-összetétele különböző genetikai talajtípusokon

Fűrészrönkből rozsdabarna erdőtalajon és kovárványos barna erdőtalajon több, mint kétszeres mennyiséget termeltek, mint barnaföldön. Kivágásból és fagyártmányfából egyik talajtípuson sem termeltek jelentős mennyiséget. Oszlopfélékből a kovárványos barna erdőtalajon jelentősen többet termeltek, mint a másik két talajon. Mivel a fűrészrönk, és az oszlopfélék köbméterenkénti ára a legmagasabb az összes választék közül, és a kovárványos barna erdőtalajon jelentősen többet termeltek ezen választékokból, mint a másik kettő talajtípuson, ezért jelentős mértékben hozzájárult e két választék a végső bevétel kialakulásához. Vadkerítés alapanyagból rozsdabarna erdőtalajon háromszor annyit termeltek ($25,06 \text{ m}^3/\text{ha}$), mint a kovárványos barna erdőtalajon ($8,35 \text{ m}^3/\text{ha}$), és kétszer annyit, mint a barnaföldön ($11,33 \text{ m}^3/\text{ha}$). Apríték alapanyagot egyik talajtípushoz tartozó területen sem termeltek, ez arra utal, hogy mageredet esetében az állományok jobb minőségűek. Az erdőgazdaság kerüli az aprítást, ugyanis az apríték előállítását költségeket generál, viszont az ára a gyűjtött tűzifaéval közel azonos. A vastag tűzifa, ágtuskó, gyűjtött tűzifa választékokból a legnagyobb fatérfogat kovárványos barna erdőtalajokon, míg a legkevesebb barnaföldön van hektáronként. Összességében elmondható, hogy szinte minden választékból a kovárványos barna erdőtalajon termelték a legtöbbet, kivétel ez alól a vadkerítés alapanyag. Az 1. táblázat jól mutatja, hogy a három talajtípus közül, mageredet esetében a kovárványos barna erdőtalajon találhatóak a legértékesebb állományok, hisz mind a hektáronként kitermelt fatérfogat, mind a fahasználati árbevétel ott a legnagyobb.

1. táblázat. Mageredetű állományokból kitermelt fatérfogat és fahasználati árbevétel

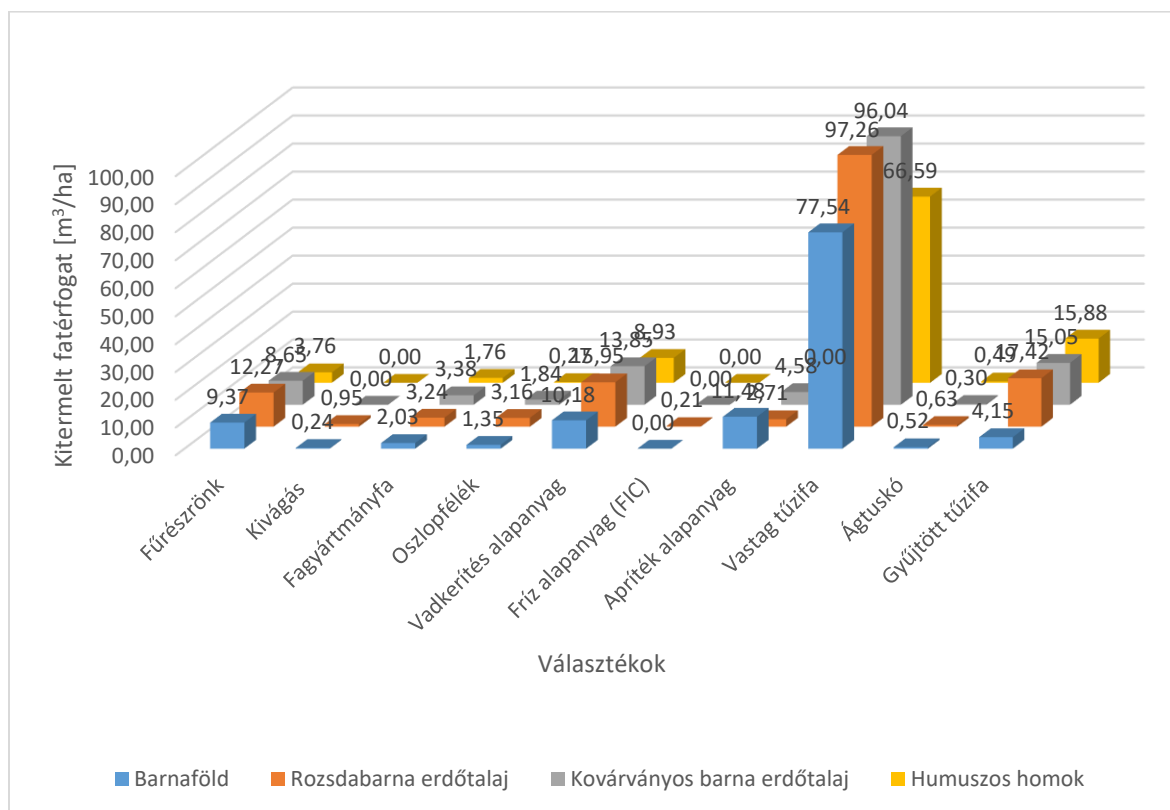
	Barnaföld	Rozsdabarna erdőtalaj	Kovárványos barna erdőtalaj
Kitermelt fatérfogat [m^3/ha]	83,7	140,1	152,7
Ár [millió Ft/ha]	1,42	2,58	2,60

Gyökérsarj eredetű állományok választék-összetétele

Gyökérsarj eredetű állományok négy különböző genetikai talajtípuson fordulnak elő (2. ábra). Ilyen állományokat az előbbi három talajtípus mellett humuszos homokon is találunk.

A gyökérsarj eredetű állományok választék-összetétele sokkal jobban megoszlik a választékcsoportok között. Sajnálatos módon nem állnak rendelkezésre adatok arról, hogy az adott állományokat hányszor sarjaztatták.

Fűrészrönk-termelés szempontjából a rozsdabarna erdőtalaj a legoptimálisabb, majd ezt követi a barnaföld és a kovárványos barna erdőtalaj, valamint a humuszos homok. A rozsdabarna erdőtalajon, azonban nem csak fűrészrönkből termelik a legtöbbet, hanem az összes többi választékból is, kivéve az apríték alapanyagot, amely választékból a barnaföldön termelik a legtöbbet. Ennek megfelelően a rozsdabarna erdőtalajon lévő állományok adták a legnagyobb fatérfogatot hektáronként (153,8 m³/ha), és itt volt a legnagyobb a kitermelt faanyag értéke (2,69 millió Ft/ha) is. A barnaföldön és a kovárványos barna erdőtalajon lévő választékok között sem fatérfogatban, sem pénzben kifejezve nem kiemelkedő az eltérés. Ágtuskó, mint választék, itt sem jelentős, átlagosan fél m³ hektáronként. Érdekes a fríz alapanyag választékolása, ami csupán egy erdőrésztletből került ki. Ez azzal magyarázható, hogy egy speciális szortimentről van szó, amit csak megrendelői kérésre termel a cég. Egyértelműen látszik a 2. táblázatból, hogy a humuszos homok-talajok adják a legkevesebb fatérfogatot. Ezen leggyengébb termőhelyen lévő állományok és a legjobb termőhelynek minősülő rozsdabarna erdőtalajon lévő állományok által biztosított bevétel között több mint 1 millió forint különbség van hektáronként.



2. ábra. Gyökérsarj eredetű állományok választék-összetétele különböző genetikai talajtípusokon

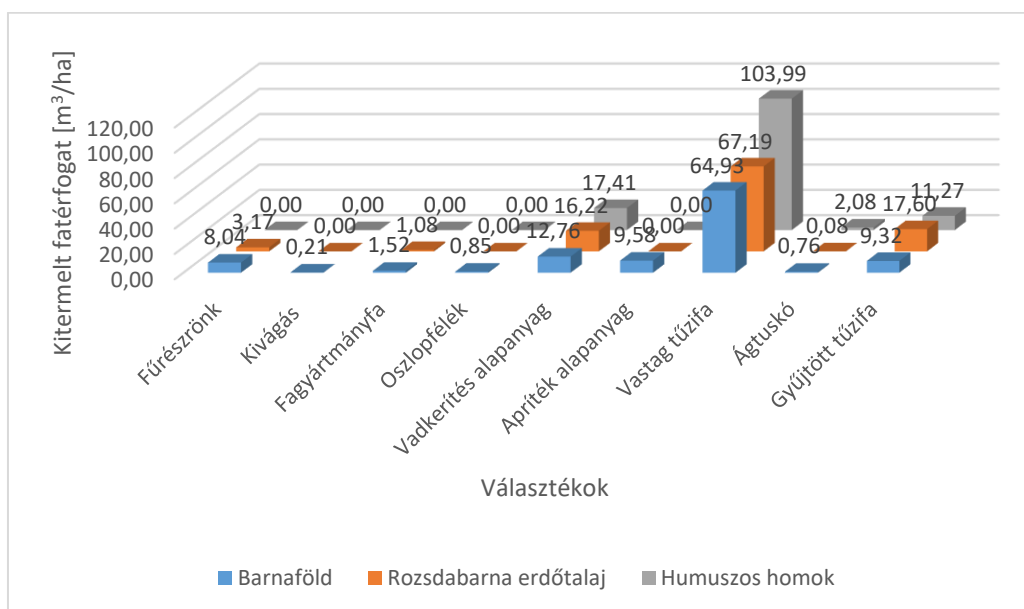
2. táblázat. Gyökérsarj eredetű állományokból kitermelt fatérfogat és fahasználati árbevétel

	Barna-föld	Rozsdabarna erdőtalaj	Kovárványos barna erdőtalaj	Humuszos homok
Kitermelt fatérfogat [m³/ha]	116,9	153,8	143,7	97,7
Ár [millió Ft/ha]	1,99	2,69	2,42	1,56

Tuskórsarj eredetű állományok választék-összetétele

Tuskórsarj eredetű állományokat barnaföldön, rozsdabarna erdőtalajon és humuszos homokon találtunk (3. ábra).

Tuskórsarj eredetű állományok esetében jól látszik, hogy visszaesés van a minőségi választékok (fűrészrönk, kivágás, fagyártmányfa, oszlopfélék) termelése terén. Fűrészrönkből jelentősebb mennyiséget csak barnaföldön választékoltak. Az előbbieken említett másik három választék-csoport közül egyik talajtípuson sem termeltek jelentős mennyiséget. A vadkerítés alapanyagra nem vonatkozik olyan szigorú szabályozás, mint a fűrészrönkre, de árban viszont alig marad el, és a piac részéről is nagy a kereslet. Érdekes, hogy apríték alapanyagot csak barnaföldön választékoltak, még a humuszos homoktalajon sem, ahol általában csak véderdőt létesítenek. Vastag tűzifából szinte azonos mennyiséget termeltek ki hektáronként barnaföldön és rozsdabarna erdőtalajon. A humuszos homoktalajon viszont 40 m³-rel több vastag tűzifát termeltek ki hektáronként. Ha a hektáronként kitermelt fatérfogatot és a hektáronkénti fahasználati árbevételt vesszük figyelembe, akkor a humuszos homokon álló tuskórsarj eredetű akácállományok a legértékesebbek. A pénzübeli különbség a vastag tűzifa termelésében jelentkező eltérésekkel magyarázható, mivel a többi választékból közel azonos mennyiséget termeltek a különböző genetikai talajtípusokon, így nem váltak meghatározóvá.



3. ábra. Tuskórsarj eredetű állományok választék-összetétele különböző genetikai talajtípusokon

3. táblázat. Tuskórsarj eredetű állományokból kitermelt fatérfogat és fahasználati árbevétel

	Barnaföld	Rozsdabarna erdőtalaj	Humuszos homok
Kitermelt fatérfogat [m³/ha]	108,0	105,4	134,7
Ár [millió Ft/ha]	1,81	1,73	2,19

Eredmények értékelése

A magasabb minőségi követelményekkel rendelkező választékok rendszerint a mageredetű és a gyökérsarj eredetű állományokból termelhetők ki nagyobb arányban. A mageredetű állományoknál jellemzően 4-5 szortiment között oszlik meg a választék-összetétel, a többi választék szinte alig alkot jelentős hányadot. A sarjeredetű állományok esetében a szortimentek köre szélesebb, ugyanis a legjobb minőséget igénylő választékoktól kezdve a gyűjtött tűzifával bezárólag minden megtalálható, de egyenletesebb eloszlásban, mint a mager-

detű esetében. A tuskósarj eredetű állományokból is termelhető minőségi választék, de jellemzően kisebb arányban. A tuskósarj eredetű állományok értékét jellemzően a közepes mennyiségben kitermelhető, de jó áron értékesíthető vadkerítés alapanyag és a vastag tűzifa adják.

Köszönetnyilvánítás: A tanulmány/kutató munka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalomjegyzék

JÁRÓ Z. (1953): Az akác termőhelyi igénye. Az Erdő, 2.4 332-335.

KERESZTESI B. (1984): Az akác. Akadémiai Kiadó, Budapest.

MAJOR T. (2016): A fahasználat irányítási műveletei. In. Rumpf J. szerk. (2016): Erdőhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

MOLNÁR S. (1996): Az akácfa jelentősége, tulajdonságai és ipari felhasználása. I-II. Bútor és Faipar, Budapest.

Országos Erdőállomány Adattár, 2015

PINTÉR T. (2018): Akác faállományok választék-összetételének vizsgálata a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. területén. Diplomamunka, Sopron.

PATAKMENTI ÉGERLIGETEK TALAJLAKÓ MEZOFAUNÁJÁNAK (COLLEMBOLA) VIZSGÁLATA A SOPRONI-HEGYSÉGBEN

PALKÓ ÁKOS – WINKLER DÁNIEL
Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézet
palkoakos99@gmail.com

Bevezetés

A Soproni-hegység változatos felszínéből fakadóan területén megtalálhatók szurdokok, lankás hegyoldalak, számos patak völgy és sík területek. A domborzati fragmentáció módosítja a terület mezoklimáját, ezáltal az egymáshoz közel lévő termőhelyeken kialakuló mikroklimatikus viszonyok teremtik meg az élőhelydiverzitás, a talajfauna gazdagságának alapját.

A pedoszféra élővilágának egyik leggazdagabb csoportját az ugróvillások (Collembola) képezik. Egy liter erdőtalajban átlagosan 1000 példányt számolhatunk meg, de szélsőséges esetben ennek többszörösét is elérheti az egyedszámuk (TRASER 1997). A Soproni-hegység élőhelydiverzitása visszatükröződik a változatos ugróvillás faunában is (TRASER 2002; TRASER *et al.* 2006; WINKLER 2019).

Jelen kutatásunkban egy talajfaunisztikai szempontból kevésbé kutatott élőhelytípus (patakmenti égerligetek) Collembola-faunisztikai és ökológiai vizsgálatát tűztük ki célul.

Anyag és módszer

A mintaterületeket a Soproni-hegységben található patakmenti égerligetekben (Aegopodio-Alnetum glutinosae) jelöltük ki. A kiválasztás fő szempontjai a minél bolygatatlanabb talaj, a lehető legtermészetesebb élőhely, de nagyjából azonos mikroklíma és fekvés voltak. A NÉBIH Erdőtérkép adatai (természetesség, fafajösszetétel) alapján az alábbi erdőrészeket választottuk ki:

1. Ágfalva 17/B és 17/A Természeteszerű mézgás égeres.
2. Ágfalva 2/D Természeteszerű elegyes-mézgás égeres.

3. Ágfalva 1/N Természetszerű mézgas égeres származékerdő.

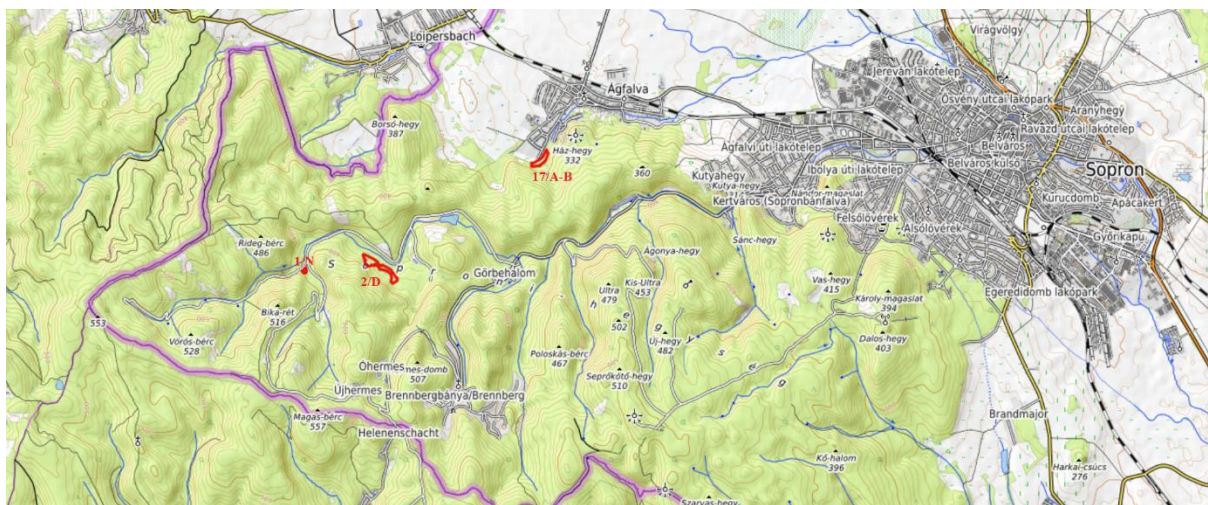
A felsorolt erdőrészek (1. ábra) a hegyvidéken egymástól elkülönülve helyezkednek el. Mindhárom területről 500 cm³ térfogatú talajmintákat (N=3) gyűjtöttünk, 10 cm-es mélységből, 2018. november 10-én. A talajfelszínről az avart és mohát nem távolítottuk el, törekedve arra, hogy minél bolygatatlanabb és természetesebb helyekről származzon a gyűjtött anyag. A gyűjtött mintákat Berlese-Tullgren elven működő vödörfuttatókra helyeztünk. A minták futtatása két hétig tartott. A kinyert állatokat 70%-os etanolban tároltuk, majd az ugróvillás fajok leválogatását követően Leica 2500D mikroszkóp segítségével végeztük a fajszerű határozást.

A közösségi-ökológiai elemzés során a leggyakrabban alkalmazott mutatószámok (fajszám, Shannon diverzitás, kiegyenlítettség) segítségével végeztük el az egyes mintaterületek összehasonlító értékelését. A diverzitások statisztikai összehasonlítását a Hutcheson-féle módosított *t*-próbával végeztük el.

Eredmények

Faunisztikai eredmények

A gyűjtött mintákból összesen 14 család 52 faját sikerült kimutatnunk (1. táblázat). Mind-egyik mintavételi helyszínen gyakorinak bizonyultak a Tomoceridae család képviselői (*Pogonognathellus flavescens*, *P. longicornis*, *Tomocerus minor*). A vizes élőhelyekhez kötődő, higrofil gömböc ugróvillásfaj, a *Sminthurides aquaticus* gyakorinak mondható a soproni-hegységi patakmenti égerligetekben is. Érdekes, hogy két területről is sikerült kimutatnunk az eredetileg a Fertő nádasából leírt, Entomobryidae családba tartozó *Lepidocyrtus peisonis* fajt.



1. ábra. A vizsgálati terület (Soproni-hegység) és a mintavételi helyszínek (erdőrészek – határuk piros színnel jelölve)

Az Ágfalva 17/A és B erdőrészekből előkerült egy, a tudomány számára érdekes *Lepidocyrtus* faj, amely határozóbélyegeiben közel áll az Ibériai-félszigeten leírt *Lepidocyrtus tellecheae* fajhoz, de attól bizonyos bélyegeiben jól elkülönülő eltéréseket mutat. Ezért további vizsgálatok szükségesek annak tisztázására, hogy a gyűjtött példányok a tudomány számára új fajt jelentenek-e.

1. táblázat. A patakmenti égerliget mintaterületeken gyűjtött ugróvillás fajok és abundanciájuk

COLLEMBOLA	Ágfalva 1/N	Ágfalva 2/D	Ágfalva 17/A-B
Neanuridae			
<i>Bilobella aurantiaca</i> (Caroli, 1910)	2	1	0
<i>Deutonura benzi</i> Traser, Thibaud & Najt, 1993	0	2	0
<i>Deutonura conjuncta</i> (Stach, 1926)	5	1	3
<i>Friesea truncata</i> Cassagnau, 1958	0	5	2
<i>Micranurida pygmaea</i> Börner, 1901	4	3	0
<i>Neanura muscorum</i> (Templeton, 1835)	1	2	3
Hypogastruridae			
<i>Choreutinula inermis</i> (Tullberg, 1871)	8	52	23
<i>Hypogastrura socialis</i> (Uzel, 1980)	6	4	0
<i>Xenylla boernerii</i> Axelson, 1905	0	0	5
Odontellidae			
<i>Axenyllodes ukrainus</i> Thibaud & Taraschuk, 1997	2	0	0
Onychiuridae			
<i>Deuteraphorura silvaria</i> (Gisin, 1952)	1	13	5
<i>Onychiuroides pseudogranulosus</i> (Gisin, 1951)	5	0	0
<i>Protaphorura armata</i> (Tullberg, 1869)	19	37	22
<i>Protaphorura cancellata</i> (Gisin, 1956)	0	2	12
Tullbergiidae			
<i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976	5	11	17
<i>Mesaphorura yosii</i> (Rusek, 1967)	0	0	2
<i>Paratullbergia callipygos</i> (Börner, 1902)	2	0	0
COLLEMBOLA	Ágfalva 1/N	Ágfalva 2/D	Ágfalva 17/A-B
Tomoceridae			
<i>Pogonognathellus flavescens</i> (Tullberg, 1871)	8	5	3
<i>Pogonognathellus longicornis</i> (Müller, 1776)	2	0	1
<i>Tomocerus minor</i> (Lubbock, 1862)	14	22	11
Isotomidae			
<i>Cryptopygus bipunctatus</i> (Axelson, 1903)	0	3	0
<i>Folsomia manolachei</i> Bagnall, 1939	0	2	21
<i>Folsomia penicula</i> Bagnall, 1939	5	9	0
<i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	2	6	10
<i>Hydroisotoma schaefferi</i> (Krausbauer, 1898)	1	0	0
<i>Isotominella minor</i> (Schäffer, 1896)	9	15	8
<i>Isotomurus unifasciatus</i> (Börner, 1901)	2	0	0
<i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	3	7	9
<i>Tetracanthella stachi</i> Cassagnau, 1959	0	1	0
Entomobryidae			
<i>Cyphoderus albinus</i> Nicolet, 1842	0	0	2
<i>Entomobrya corticalis</i> (Nicolet, 1842)	0	2	0
<i>Entomobrya muscorum</i> (Nicolet, 1842)	2	2	0
<i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	0	0	2
<i>Lepidocyrtus</i> cf. <i>tellecheae</i> Arbea & Jordana, 1989	0	0	13
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg, 1871	0	3	0
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1788)	0	2	0
<i>Lepidocyrtus paradoxus</i> Uzel, 1890	0	1	0
<i>Lepidocyrtus peisonis</i> Traser & Christian, 1992	9	16	0
<i>Orchesella bifasciata</i> Nicolet, 1842	0	2	0
<i>Orchesella flavescens</i> (Bourlet, 1839)	6	3	4
<i>Orchesella multifasciata</i> (Stscherbakow, 1898)	0	2	5
<i>Orchesella spectabilis</i> Tullberg, 1871	5	0	2
<i>Pseudosinella</i> cf. <i>horaki</i> Rusek, 1985	10	15	0

Neelidae			
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	9	3	7
<i>Neelides minutus</i> (Folsom, 1901)	0	6	5
Arrhopalitidae			
<i>Pygmarrrhopalites sericus</i> (Gisin, 1947)	4	3	0
Sminthuridae			
<i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1842)	5	12	0
<i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	0	3	0
Dicyrtomidae			
<i>Dicyrtomina ornata</i> (Nicolet, 1842)	0	2	0
Katiannidae			
<i>Sminthurinus elegans</i> (Firch, 1863)	6	3	2
<i>Sminthurinus bimaculatus</i> Axelson, 1902	0	4	0
Sminthuridae			
<i>Lipothrix lubbocki</i> (Tullberg, 1822)	1	1	0

Közösségi-ökológiai eredmények

A mintaterületek Collembola-közösségeinek fontosabb karakterisztikáit a 2. táblázat foglalja össze.

A legtöbb fajt (összesen 40) az Ágfalva 2/D erdőrészetben azonosítottunk be. A nagy fajgazdagság minden bizonnyal a mikroélőhely-diverzitásnak, a természetszerűségnek és a mohagazdagságnak is köszönhető.

A legdiverzebb és legkiegyenlítettőbb Collembola közösséget az Ágfalva 1/N erdőrészetben sikerült felvételeznünk.

A fajokban legszegényebb terület az Ágfalva 17/A-B mintaterület volt. Mivel ez a terület településszélen fekszik, az alacsony fajszám az antropogén eredetű talajdegradáció is egyik feltételezhető oka lehet. Ennek a mintaterületnek volt továbbá a legkisebb a Shannon diverzitás értéke is, amely szignifikáns eltérést mutatott a másik két, Hidegvíz-völgyi területnek a diverzitásához képest ($t=-2,256$, $p<0,05$; $t=-3,214$, $p<0,01$). A két Hidegvíz-völgyi területen (Ágfalva 1N, illetve Ágfalva 2D) hasonló összetételű közösségeket találtunk, a diverzitásban itt nem mutatkozott szignifikáns eltérés a két terület között ($t=0,8077$, NS). A degradáltabb, bolygatott élőhelyet jól jelzi egyes kolonizáló *Folsomia*-fajok (*F. manolachei* és *F. quadrioculata*) nagyobb abundanciája, míg a természetközeli élőhelyeket a ritkább *Lepidocyrtus peisonis* és *Pseudosinella* cf. *horaki* jelenléte jellemzi.

2. táblázat. A mintaterületek ugróvilásközösségeinek fontosabb karakterisztikái

	Ágfalva 1/N	Ágfalva 2/D	Ágfalva 17/A-B
Fajszám	31	40	26
Egyedszám	163	288	192
Shannon diverzitás	3,173	3,078	2,87
Egyenletesség	0,9239	0,8343	0,881

Konklúzió

A Soproni-hegység területéről ezidáig kimutatott 121 ugróvilás fajtól összesen 52 fajt sikerült beazonosítanunk a három természetszerű patakmenti mézgás égeres mintaterületen. A megtalált fajok száma jól bizonyítja ezen biotópok ökológiai értékét, amely visszatükröződik a területek diverzitásában. Talajzoológiai és élőhelymegőrzési szempontból indokolt az ezen termőhelyen kialakult társulások védelme, mert őshonos fajok menedékei, élőhelyei, forrásai, és visszatelepülést indító gócpontjai.

Köszönetnyilvánítás: Jelen publikáció az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerepvállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- TRASER GY. (1997): Lebontók. In MÁTYÁS CS. (szerk.): Erdészeti ökológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 222–234.
- TRASER GY. (2002): The Collembola of the Fertő–Hanság National Park. In: MAHUNKA, S. (ed.): The fauna of the Fertő–Hanság National Park. MTM, Budapest, 259–270.
- TRASER GY. – SZÜCS P. – WINKLER D. (2006): Collembola diversity of moss habitats in the Sopron Region, NW-Hungary. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 2: 69–80.
- WINKLER D. (2019): Ugróvillások (*Collembola*). In KÁRPÁTI L. (szerk.): Soproni Tájvédelmi Körzet – Monografikus tanulmányok a Soproni-hegység természeti és kulturális értékeiről. 133–135.

IPARI MELLÉKTERMÉK ÉS FAANYAG KEVERÉK PELLETEK ELŐÁLLÍTÁSA ÉS ENERGETIKAI ÉRTÉKELÉSE

PAPP VIKTÓRIA

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti- műszaki és Környezettechnikai Intézet
papp.viktoria@uni-sopron.hu

Absztrakt

A fapellet előállítás szignifikánsan emelkedett az utóbbi tíz évben az Európai Unióban és hazánkban is. A lakossági és ipari szektorban is jelentős a növekedés, mely azt eredményezte, hogy a faiparból és a kapcsolódó feldolgozóiparból származó melléktermékek már nem fedezik a szükségletet. Tüzelési célra pellet nem csak faanyagból, vagy lágyszárú növények melléktermékeiből készülhet. Különböző hulladék anyagok felhasználásával, illetve ezek keverékeiből is előállítható energetikai célra hasznosítható tömörítvény. Ezen anyagok, a hasznosítást tekintve nem a hagyományos pelettüzelőkben, vagy lakossági szektorban jelennek meg. A hulladékból készült pellet a nagyobb ipari létesítményekben, illetve a megfelelő füstgáz-tisztító és szűrő berendezésekkel ellátott tüzelő berendezésekben hasznosíthatók. A kutatások során papírgyártásban megjelenő papíriszap, valamint a gumi pirolízis melléktermékeként létrejövő korom felhasználásával állítottunk elő különböző arányú keverékpelleket. Ezen anyagok tisztán nehezen, vagy egyáltalán nem pelletálhatók, ezért a vizsgálatok során fenyő alapú faanyaghoz adagolva állítottuk elő a tömörítvényeket, melyeknek vizsgáltuk az energetikai és mechanikai jellemzőit. A faiparban nagy mennyiségű szennyezett melléktermék is megjelenik, felület kezelt anyagok, ragasztó, festék maradványok melyek EN-14961-1 szabvány alapján nem lehetnek a lakossági használatban fapellet alapanyagai, viszont ipari pellet alapanyagként részben hasznosíthatók. A pirolízis korom (maximum 20%-os bekeverésig), és a papíriszap ezen szennyezett faanyaggal együtt lehetne felhasználható.

Bevezetés

A papírgyártás során nagy mennyiségben megjelenő papíriszap elhelyezése, vagy felhasználása nagy kihívás elé állítja a termelőket. Az EU-s környezetvédelmi szabályok szigorodásának hatása Magyarországon is érvényesül. Egyre nehezebb és költségesebb hulladékdeponálásra engedélyt kapni. Ez a probléma a papíripart is egyre érzékenyebben érinti, hiszen a cellulóz- és papírgyártás technológiájából adódóan óhatatlanul keletkeznek olyan anyagok, amelyek az adott gyárban közvetlenül nem használhatóak fel (HERNÁDI 2009). Ezek az anyagok vagy még a technológiai folyamaton belül hulladék anyagként kiválasztódnak, vagy a

szennyvíztisztító berendezésekben iszapként kerülnek leválasztásra, vagy – a legrosszabb esetben – az elfolyó vízzel együtt távoznak a rendszerből. „Természetesen törekedni kell arra, hogy a gyárat elhagyó elfolyó víz a lehető legkisebb mértékben szennyezze a befogadó vizeket. Éppen ezért szükséges a gyár körvízrendszerének minél tökéletesebb zárása, de emellett fontos a szennyvizek kezelése, tisztítása is, amelyeknek segítségével megoldható a szennyvízben lévő lebegő és oldott szennyező anyagok kiszűrése. Ez viszont további gondot jelent, nevezetesen a leválasztott iszap elhelyezésének megoldását követeli meg” (HERNÁDI 2009).

A papíriszap hasznosításával foglalkozó hazai szakirodalom először Isépy-Hernádi 1994-es kutatásaiban jelenik meg. Ők kitérnek az energetikai felhasználás lehetőségére, azonban a papíriszap tömörítésének vizsgálata kevésbé feltárt. Külföldi kutatásokban is kevés a fellelhető anyag, egyetlen pelletálási kísérlettel foglalkozó tanulmány kapcsolódik a témához, Kilborn – Wiever 1984-es kutatásai. Munkájuk során kérges faanyag és papíriszap pelletek tulajdonságait vizsgálták, valamint a hasznosítás gazdasági kérdéseire tértek ki. POZSMIK (2000) disszertációjában a papírvállalatok környezeti management kérdéseivel foglalkozott, közgazdaságtani szempontból körüljárva a témát. A papíriszap építőipari alkalmazásának lehetőségeiről SZÜCS – BADACSONYI jelentetett meg tanulmányt. A papíriszap etanollá alakítását vizsgálta FAN – SOUTH – LIEFORD 2003-ban. A papíriszap külföldi szakirodalomban és hazánkban is elterjedt néven a „black liquor” hasznosítása az EU-ban Svédországban 12,8 millió tonna, Finnországban 11,5 millió tonna éves mennyiséggel kiemelkedő, a két országban hasznosított mennyiség az EU felhasználásának több mint felét teszi ki. A papíriszap nagy részét saját energia ellátásukra fordítják, elgázosítás során visszanyerve az energiát. Természetesen ezekben az országokban a faalapú papírgyártás mennyisége is, míg a további nagy gyártók, Németország és Franciaország alapanyagai között már nagyobb mértékben az újrahasznosított papír alapanyag jelenik meg (European Commission Bioenergy Report 2015). A legtöbb kapcsolódó szakirodalom a papíriszap elgázosítási folyamatainak vizsgálatával foglalkozik (LAGENBERG – NILSSON 2012; DE BLASIO *et al.* 2016; EMPIE 2009; European Commission CORDIS 2004).

A papíriszap általános jellemzése

A képződési hely szempontjából két fő részt különböztethetünk meg: az egyik a technológiai folyamaton belül, a másik a szennyvízkezelés során keletkező iszap. A technológiai folyamatban keletkező iszapok körébe tartoznak a pulperből eltávolított szennyeződések (a pulpertisztítás és a copfkihúzó szemete) és a tisztító berendezések hulladékai (homokfogók, cleanerek, vibrátorok osztályozott anyagai). A szennyvíz kezelése során keletkező iszap jellemző összetevője a törmelékrost és a töltőanyag. Papíriszap alatt az utóbbit, a töltőanyagot értjük (BME hulladék felmérési adatlap 2011).

A Magyarországon képződő éves mennyiség 50.000 tonna, melyből a Dunapack Zrt. és a BME felmérései szerint 42.000 tonna lerakásra kerül. Összetétele változó, átlagosan 6-40% szerves anyagot tartalmaz, melyből 6-27% SiO_2 , 13-17% Al_2O_3 . Fő komponense a cellulóz, 30-34%-ban, a hemicellulóz 12-15%-ban, a lignin 11-15%-ban jelenik meg. PH-ja enyhén lúgos, a környezetben növényi hulladékokhoz hasonlóan viselkedik, korhad majd humuszosodik. Töményen kikerülve a környezetbe, például talajba, megváltoztatja a talaj mikrobiota összetételét, a cellulózbontók (gombák és baktériumok) relatív feldúsulását okozva. Egyéb fémek anyagokat is tartalmazhat: Fe_2O_3 0,2-0,5%; CaO 0,8-2,6%; MgO 0,1-5,3% [HERNÁDI 2009].

A magas szerves anyag hányad miatt az energetikai hasznosítás nehézkes, hiszen gyakran nagy mennyiségű hamu és salak keletkezik. A hamutartalom vizsgálata így kiemelten fontos a papíriszap energetikai hasznosításának vizsgálata során.

A pirolízis korom általános jellemzése

Gumiabroncsok pirolízises bontása során melléktermékként keletkező pirolízis korom energetikai jellemzőit vizsgáltam, és különböző arányú korom-fa keverék pelleteket készítettem. A gumiabroncsok hasznosításának környezetvédelmi szempontból kiemelten fontos szerepe van. Évi 700 millió kerékköpenyt gyártanak a világon, és (a felhasználás csekély növekedésétől eltekintve) lényegében ugyanennyit használtak el is dobnak. „Ezek a világ egyik leg-súlyosabb hulladék elhelyezési problémáját okozzák, hiszen az újrahasznosítás aránya nagyon csekély, a gumi pedig a természetben nem bomlik le. Egy részét elégetik, például cementgyárakban, de még mindig rengeteg marad, amit csak valahogy eltemetnek vagy valahol felhalmoznak” (NAGY 2011). Az EU hulladékok lerakásáról szóló rendelete (Council Directive 1999) megtiltja az abroncsok hulladéklerakóba helyezését, ezért ma már 100%-ban újra kellene azokat hasznosítani. Az anyagában történő hasznosítás leggyakoribb módja, amikor a gumit őrlik, szétválogatják az egyéb komponensektől, és ezt az őrleményt adalékokkal felhasználva, különféle gumielemeket gyártanak belőle (FARKAS 2015). A gumiabroncs hulladék olyan nagy mennyiségű, hogy jelenleg csak a töredékét képes hasznosítani az ipar. OLAJOS PÉTER, a Körforgásos Gazdaságért Alapítvány elnökségi tagja szerint: „az anyagában hasznosítás, még a fejlett nyugat-európai technológiák mellett is maximum húsz százalékban érhető el, a további nyolcvan százalék hulladékáramát másképpen kell felhasználni, mert nincs piaca ezeknek az újra feldolgozott termékeknek.” Tehát kiemelt fontosságú az évente hazánkban keletkező kb. 50 ezer tonna gumihulladék energetikai hasznosítása is (PAPP 2018]. A hőbontásos, pirolízises eljárás, a cementgyári és hulladékegetőkben történő hasznosítás mellett, egyre nagyobb szerephez jut. Magyarországon Dunaszerdahelyen működik a legnagyobb gumiabroncsot pirolizáló üzem. Százhalombattán is épült volna gumihulladék-feldolgozó, ám a helyiek tiltakozása miatt erre nem kerül sor.

A pirolízis egy termikus eljárás, ami során oxigéntől elzárt környezetben, három termék ill. melléktermék keletkezik: a pirolízis gáz, amelyet általában a berendezés fűtésére használnak, valamint a pirolízis olaj és a korom (MARTÍNEZ 2013). Az olajat is legtöbbször elégetik és villamos áram előállítására használják, vagy új eljárásokkal feldolgozzák és diesel üzemű motorok üzemanyagként hasznosítják. A korom az eljárás után fűtőanyagnak (kokszt) használható magas fűtőértéke miatt, vagy további kezeléssel, az aktív felület növelésével gumigyártásban is használható, kiváltva teljes mértékben vagy részben az erre a célra gyártott, magasabb áron beszerezhető ipari kormokat. A legtöbb elemzés szerint a pirolízis energiamérlege a melléktermékként megjelenő kokszt/korom hasznosítása nélkül veszteséges, a hatásfok 62-65% (NAGY 2013). A korom eredeti formájában nehezen szállítható, ezért lenne fontos a szállítás gazdaságosabbá tétele, az energetikai hasznosítás előtt. Az egyik lehetőség lehet a fabriketthez adagolás, melynek hazai vizsgálata 2013-óta folyik (KOVÁCS 2014).

Az MTA környezeti hatástanulmányában vizsgálta a Homatech W. Magyarországra tervezett, évi 30 ezer tonna gumiabroncsot hasznosító technológiáját. Az üzem termékei a pirolízis gáz (4-6,5 m/m%), a gáz kénmentesítésekor kapott elemi kén ($\approx 0,2$ m/m%), a pirolízis olaj (20-30 m/m%), a pirolíziskocszt, lényegében korom (35-45 m/m%), valamint acéldrót (10-12 m/m%). A koromban estelegesen jelen levő mutagén, karcinogén komponensek kis gőznyomásuk miatt nem jelennek meg a levegőben mérhető mennyiségben és a szennyvízbe kerülő szerves anyagok sem jelentenek közvetlen kockázatot. Az egészségre potenciális veszélyt a káros anyagokat hordozó nano- és mikroméretű koromszemcsék belégzése jelenthet. A kocszt égetésére sikeres erőművi kísérletek történtek. Kéntartalma az ásványi szén kéntartalmához hasonló. A széntüzelésű égetőmű füstgázkezelése számára nem jelent többletterhelést a gumieredetű pirolíziskocszt égetése. A PAH vegyületek a szénnel együtt elégethetők (MTA környezeti hatásvizsgálat 2016).

A vizsgálatok bemutatása

Az alapanyagul szolgáló kb. 60 kg papírszap a vizsgálatok előtt 30%-os nedvességtartalmú volt. Ezért az anyagot szétterítve, természetes szárítással, két nap múlva kezdtük el a pelletálást, közben mértük a nedvességtartalmat, az optimális 11-12%-os érték eléréséig. Az anyag száradás közben, kis 0,5-2 cm-es darabokká állt össze, könnyen morzsolható volt. Kalapácsos darálóval állítottuk elő a pelletáláshoz szükséges frakcióméretet. Ezután különböző arányban kevertük a fenyő alapú faanyaghoz a papírszapot. A keverék pelleteket Kahl típusú síkmatricás préssel (max. teljesítmény 22 kW, matrica vastagság 28 mm, matrica furat átmérő 6 mm, kapacitás 200-250 kg/h) állítottuk elő. Vizsgáltam a tiszta papírszap, és a különböző arányú keverékek hamutartalom és fűtőérték változásait.

A pirolízis korommal is hasonlóan jártunk el, különböző arányú keverékeket készítve a faanyaghoz való adagolással. A pelletálás során problémák léptek fel, 20%-os korom bekeverésnél az anyag már beleégett a présfuratba. A keverési arány növelésével a pelletek hosszúsága csökkent, viszont a korom magas fűtőértéke miatt a keverék pelletek fűtőértéke is emelkedett. Kaloriméteres, nedvességtartalom és hamutartalom méréseket végeztünk a különböző keverékeken.



1. ábra: Pelletáló rendszer és beadagoló

Eredmények

A papírszap, mivel nagy mennyiségű szervesetlen SiO_2 és AlO_3 -ot tartalmaz, magas hamutartalommal rendelkezik. Izzítókemencés vizsgálattal meghatároztuk a hamutartalmat, mely öt minta átlagában 39,8 % volt. A fűtőérték száraz anyagra 11,8 MJ/kg, míg pelletálás előtti 11%-os nedvességtartalomnál 10,7 MJ/kg volt. A bekeverési arány növelésével, a hamutartalom lineáris emelkedését vártam, amit a regressziós egyenlet igazolt.

1. táblázat: Hamutartalom változása papírszap-fapellet mixben

papírszap bekeverési arány %	5	10	20	30	40	50
hamutartalom %	3,1	6,5	9,8	12,7	16,2	19,6

Gyakorlati szempontból ebben az esetben a metszéspontoknak is jelentősége van, amiből az alapanyag hamutartalmára következtethetünk. Ezért a paraméterek változtatásával is

ábrázoltam a regressziós egyenest, a paraméterek változtatása után R^2 értéke továbbra is az elfogadható 0,95 fölé esett.

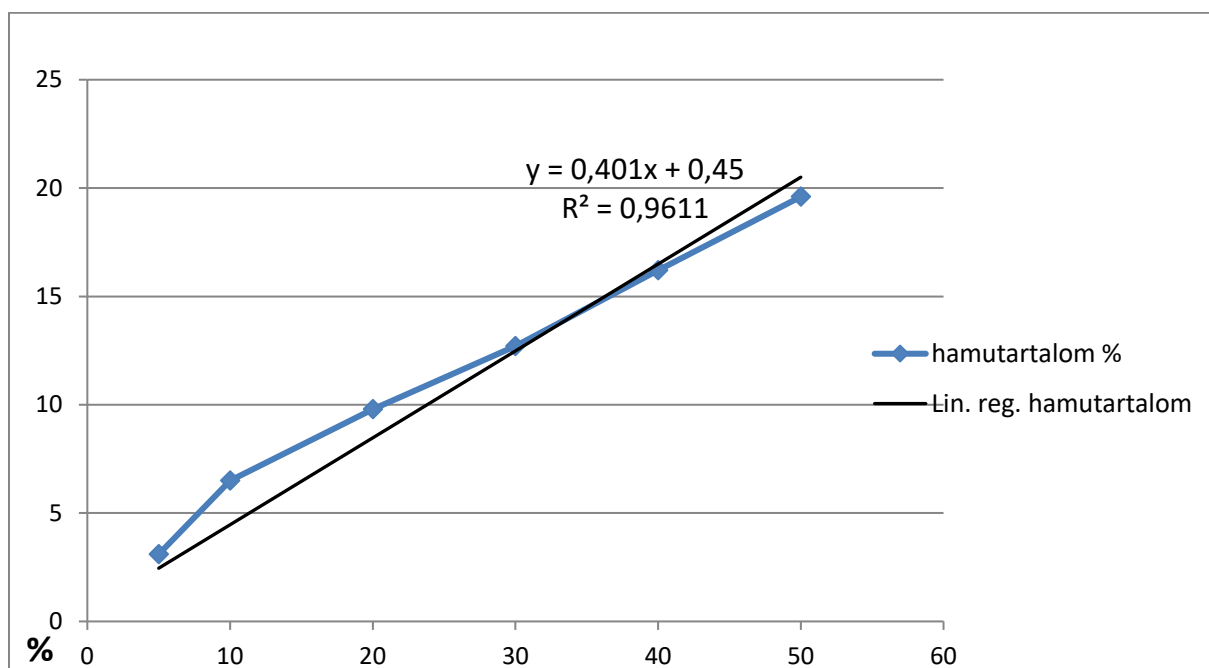
A fűtőérték pedig a papírszap arányának növelésével csökkent. A méréseket háromszor ismételttem, az eredmények átlagát a következő táblázat szemlélteti.

A pirolízis korom bekeverése során, a keverési arány növelésével a pelleték átlagos közepes hosszúsága a tolómérős mérések alapján jelentősen csökkent. A fűtőértéke viszont sokkal magasabb, mint a vizsgált faanyagé.

Bár a korom a pelleték hosszúságára negatív hatással van, a korom magas 27-28 MJ/kg-os fűtőérték miatt, a bekeverési arány növelésével, a keverék pelleték fűtőértéke is növekedett.

Következtetés

Az eredmények alapján elmondható, hogy a korom tisztána megszokott módszerekkel, nem pelletálható. Faporhoz keverve, a vizsgálatok alapján maximum 20%-os bekeverési arányt javasolnék, 6 mm-es átmérőnél. További vizsgálatokat lehetne folytatni az átmérő növelésére irányulva, mellyel talán nagyobb arányban is keverhető lenne a korom a faporhoz. A hasznosítás során, a koromban lévő viszonylag magas kéntartalom, és esetleges mutagén vegyületek (PAH-ok, klórszulfonált polietilének, esteleg ppb koncentrációban dioxinok és furánok) lehetnek jelen. Ezért kiemelten fontos, hogy a hasznosítás csak a megfelelő tisztító és szűrő berendezéssel ellátott tüzelő berendezésekben valósuljon meg. A papírszap pelletként történő hasznosítását a magas hamutartalom megnehezíti, az optimális keverési arány beállításához további vizsgálatok szükségesek.



2. ábra: Hamutartalom változása a papírszap bekeverési arány növelésével (%)

2. táblázat: Fűtőérték változása a papírszap-fapellet mixben

Bekeverési arány %	Fűtőérték MJ/kg
5	17,5
10	16,9
20	16,1
30	15,3
40	14,6
50	13,8

3. táblázat Korom-fapor keverék pellet fűtőérték változása

Korom bekeverési arány %	Fűtőérték MJ/kg
3	19,2
5	19,4
10	19,9
15	20,7
20	21,4

Köszönetnyilvánítás: A tanulmány/kutató munka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BME hulladékkezelési adatlap (2011): Budapesti Műszaki Egyetem, Hulladék felmérés, Papírszap, 4. p.
- Council Directive (1999): 99/31/EC- European Union directive - Waste management, 15.p.
- DE BLASIO, C. (2016): A study on supercritical water gasification of black liquor conducted in stainless steel and nickel-chromium-molybdenum reactors - Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 2664 p.
- EMPIE, H. J. (2009): Fundamentals of the craft recovery process. USA, Tappi Press. 7 pp.
- European Commission Bioenergy Report (2015): Study on impacts on resource efficiency of future EU demand for bioenergy. http://ec.europa.eu/environment/enveco/resource_efficiency/pdf/bioenergy/Task%201.pdf
- European Commission CORDIS (2004) - Technical and Commercial Feasibility Study of Black Liquor Gasification with Methanol/DME Production as Motor Fuels for Automotive Uses – BLGMF. http://cordis.europa.eu/project/rcn/62777_en.html
- FAN, Z. – SOUTH, C. – LIEFORD, Z. (2003): Conversion of paper sludge to ethanol in a semicontinuous solids-fed reactor. Bioprocess and Biosystem engineering 26: 93–101.
- HERNÁDI S. (2009): A papírszap hasznosításának lehetőségei – Papíripar 53: 42-48.
- KILBORN, J. F. – WIEVER, J. (1984): Paper sludge pellet. <http://ifohouse.p2ric.org/ref/27/26418.pdf>
- KOVÁCS O. (2013): Carbon black briquette IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 159 (2018) 012026 doi :10.1088/1755-1315/159/1/012026.
- LAGENBERG N. E. (2012): Study of Black Liquor Evaporator Fouling at Södra Cell Värö. PHD Thesis, Chamlers University, Göteborg
- MARTÍNEZ, J. D. – PUY, N. – MURILLOA, P. – GARCÍA, T. – NAVARROA, A. – MASTRALA. M. (2013) Waste tyre pyrolysis – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 23: 179-213.
- MTA Environmental Impact Assessment (2016): Scientific Opinion of the Institute of Materials and Environmental Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Institute of Natural Sciences on the environmental adequacy of HOMATECH-W (TM) technology.
- NAGY B. (2011): Újrahasznosítási ismeretek – Gumiabroncs. Digitális tankönyvtár.

- PAPP V. (2018): Energetikai pelleték előállításának és hasznosításának ökoenergetikai vonatkozásai. Soproni Egyetem, Doktori értekezés.
- POZSMIK E. (2000): A vállalatok környezeti magatartásának változása a papíripar példáján. Corvinus Egyetem, Doktori értekezés.
- SZŰCS A. – BADACSONYI B. (2004): Papíriszap környezetkímélő hasznosítása az építőiparban. Papíripar, 6: 214-215.

A KÖRNYEZETKÖZPONTÚ IRÁNYÍTÁS GYAKORLATÁNAK HELYZETÉRTÉKELÉSE SOPRON VÁROSÁBAN

POLGÁR ANDRÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet
polgar.andras@uni-sopron.hu

Széles körű az egyetértés abban, hogy az emberiségnek fel kell tárnia és ki kell fejlesztenie olyan módszereket, amelyek alkalmazásával a gazdasági, ipari folyamatokhoz felhasznált erőforrások minimalizálhatók, valamint a kibocsátások és hulladékok környezeti hatása a környezeti rendszerre nézve nulla közelivé válik. A környezetbarát technológiák e hosszú távú cél elérésének eszközei (HEINIMANN 2012).

A környezetirányítási rendszerek (alternatív megnevezéssel: környezetközpontú irányítási rendszerek, környezeti menedzsment rendszerek, környezettudatos irányítási rendszerek, rövidítve: KIR) közvetlen célja a vállalat vagy egyéb szervezet erőforrás-felhasználásának és környezetszennyezésének kézben tartása, közvetve pedig a környezeti teljesítmény (rövidítve: KT) javítása (LÁNG 2002). A „környezetközpontú irányítási rendszer” megnevezéssel bevezetett szervezeti és eljárási intézkedéseket, majd a szabványosított, a versenytársak és a társadalom számára is hiteles (tanúsított) információt biztosító eljárásokat ma már világszerte alkalmazzák.

A környezeti problémák háttérben meghatározó szerepet játszik a gazdasági szektor, ezen belül is főként az ipari szféra (TORMA 2007). A gazdaság (termelő szektor) működésének alapvető jellegbeli megváltozása (ipari forradalom) a környezeti problémák egyik fontos kiváltója és, mint ilyen a társadalom által leginkább transzparens szennyező. Ez a terület egyben azonban a legkönnyebben szabályozható részelem is. A számos már kidolgozott szabályozási elv közül pedig az önkéntes szabályozások (köztük a környezetmenedzsment rendszerek) nyújthatnak hatékony, proaktív megközelítést (RÉDEY 2011).

A cég, vállalat méretének, környezeti kockázatának függvényében a környezettudatos vállalatirányítás bevezetésénél számos egymástól eltérő eszköz közül választhatunk. Ezek nem kizárólag multinacionális társaságok számára elérhetőek. A környezetirányítási rendszereket alkalmazhatják kis- és középvállalkozások, közintézmények, szolgáltatók, sőt még kézművesek is (BAKOSNÉ 2016).

A környezeti követelmények alapvető eleme, hogy a vállalati tevékenység ne okozzon kedvezőtlen környezeti hatásokat, elvárható szinten minimálisra csökkentse azokat, s lehetőség szerint hatásai kedvezőbbek legyenek, mint versenytársaiké, társadalmi (fogyasztói) megítélése javuljon és így a vállalat a piaci versenyben kedvező pozíciókat érjen el. A környezeti hatások azonosítása, folyamatos értékelése ennek megfelelően a vállalat fontos érdekének tekinthető, és ugyanakkor a környezet védelméhez való hozzájárulás révén társadalmi érdek is.

Kutatásunkban célul tűztük ki Sopron Megyei Jogú Város Önkormányzata és a helyi gazdaság szereplői környezetközpontú irányítási gyakorlatának helyzetfelmérését.

A felmérés különösen indokolt az ISO 14001 szabványi háttér változása miatt is, mivel 2018 szeptemberétől már csak a szabvány új, 3. kiadása (MSZ EN ISO 14001:2015) szerinti követelmények teljesítésével szerezhető meg a tanúsítvány.

Anyag és módszer

2017. december – 2018. január időszakban felmértük Sopron Megyei Jogú Város Önkormányzata és a helyi gazdaság szereplői környezetközpontú irányításának gyakorlatát. A helyzetértékelés két szintéren valósult meg: a Polgármesteri Hivatalban és a városban található jelentős helyi adófizető gazdálkodó szervezetek körében.

Dokumentumelemzéssel feltártuk a Polgármesteri Hivatal törekvéseit. A Hivatal viszonylatában elemeztük az önkormányzatok környezetvédelmi feladatait szabályozó jogi előírásokat, az ennek ellátására kialakított önkormányzati szervek tagozódását, a Minőségpolitikát, az EMAS (Európai Unió, Környezetvédelmi Vezetési és Hitelesítési Rendszer) alapokon nyugvó környezeti vezetési rendszert. Bemutattuk a környezeti hatásokat és a bevezetett környezetvédelmi intézkedéseket.

A Sopron városában működő vállalatok és intézmények körében on-line kérdőíves felmérést végeztünk a környezetközpontú irányítás helyzetének felmérésére vonatkozóan. A gazdálkodó szervezetek viszonylatában az alábbi főbb témaköröket vizsgáltuk:

- a környezetvédelmi tevékenység motivációi
- a soproni KIR tanúsítások alakulása, előnyök, fontosság
- az alkalmazott KIR eljárások szintje, környezeti elemek érintettsége
- a környezettudatos vállalatirányítási eszközök, különösen az életciklus szemlélet elterjedtsége
- alvállalkozók környezeti befolyásolása és
- a főbb környezetvédelmi célkitűzések jellege.

A kérdőív elektronikusan került kiküldésre 77 db soproni gazdálkodó szervezet számára (ebből 7 db önkormányzat tulajdonában álló vagy részvételével működő gazdálkodó szervezet). A kiválasztott szervezetek a város szempontjából a nagyobb helyi adófizetők (bázisév: 2016) körébe tartoznak, valamint tevékenységükből adódóan környezeti jelentőséggel is bírnak. A kérdőív megválaszolási aránya: 45,45% (35 db, 2018. január 11-i állapot) volt.

A tanulmányban reprezentált szervezetek tevékenységi körei a következők voltak: csomagolás, közösségi közlekedés, járó- és fekvőbeteg ellátás, nemzetközi közúti árufuvarozás és logisztika, feldolgozóipari tevékenység, energiatermelés és szolgáltatás, megváltozott munkaképességű dolgozók foglalkoztatása, szállásadás-vendéglátás, lakatos ipar, gépgyártás, épületüzemeltetés, ásványvíz és üdítőital gyártás, szociális foglalkoztatás, vasúti áruszállítás, raktárlogisztika, telekommunikáció, hő- és villamos energia termelés, emelő-, anyagmozgató gép gyártása, élelmiszer kis-és nagykereskedelem, közüzemi szolgáltatás, kereskedelem, gázelosztás.

A kutatás eredményeit kiértékeljük, majd közvetlenül utánuk következtetéseket is megfogalmaztunk, melyek rávilágítanak a működtetett KIR-ek állapotára, minőségi szintjére és a jövőbeli fejlesztési irányokra is.

Eredmények és következtetések

Az önkormányzat környezetvédelmi irányítási rendszere és szabályozási módszere dokumentumelemzés alapján

Az önkormányzatok környezetvédelmi feladatait a „1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól” és a „1991. évi XX. törvény a helyi önkormányzatok és szerveik, a köztársasági megbízottak, valamint egyes centrális alárendeltségű szervek feladat- és hatásköreiről” szabályozza.

Sopron város Önkormányzata környezetvédelmi feladatainak ellátására kialakított szervezet, más területekhez hasonlóan, alapvetően két szintre tagozódik. Az irányítási, szabályozási feladatok elsősorban az önkormányzat Városfejlesztési Bizottságának feladat- és hatáskörébe tartoznak, míg a hatósági feladatok, a végrehajtás, működtetés a Polgármesteri Hivatal feladata.

Sopron Megyei Jogú Város Önkormányzata környezetvédelmi elkötelezettségének hangot kívánt adni. Környezeti politikáját a 128/2005. (IV. 28.) számú határozatával fogadta el.

A Polgármesteri Hivatal 2010. február 1-jén Minőségpolitikájában kinyilvánította, hogy „a város közügyeinek intézését oly módon kívánja gyakorolni, hogy annak minőség-szemlélete megfeleljen a fejlett európai demokráciák értékrendjének, a város hagyományainak és érdekeinek, a polgári szellemiségnek, a környezet iránti igényességnek” (ISO 9001:2008 szabvány szerinti minőségirányítási rendszer). A Minőségpolitikában döntött arról, hogy „a Polgármesteri Hivatal a környezet állapotának folyamatos és tervszerű javítása érdekében bevezeti az EMAS környezetirányítási rendszert”.

A város polgármesteri hivatalának Városgazdálkodási osztálya az Európai Parlament és Tanács 196/2006 EK rendelettel módosított 761/2001 rendelete alapján külső tanácsadó és auditáló cég segítségével 2008. február 22-én megkapta az EMAS környezetirányítási rendszer bevezetéséről szóló tanúsítványt.

A Polgármesteri Hivatal szinte minden egységének van környezeti vonatkozású feladata. A Hivatal környezeti hatása közvetlen illetve közvetett lehet.

A napi tevékenységből fakadó közvetlen hatások a természeti erőforrások felhasználása, hulladék keletkezése, helyi problémák okozása (légszennyezés, por, zaj és rezgés) révén jutnak érvényre. Az irodai munka anyag- és energiafelhasználása az épület fűtése, villamos energia felhasználása közvetlen hatással van a természeti erőforrások felhasználására, a hulladékképződésre. Víztakarékos öblítőket szereltek fel, energiatakarékos izzókat alkalmaznak, a monitorok cseréjénél, beszerzésénél is figyelembe veszik azok energiafelhasználását. Az ügyintézés, az adminisztráció, levelezés során a papírfelhasználás csökkentésére töreksenek, kétoldalas nyomtatással, fénymásolással, elektronikus belső kommunikációs rendszer kialakításával. A Hivatal tevékenysége nyomán a környezeti kockázatok minimálisak.

A közvetett hatások mértéke néha ennél lényegesen nagyobb, mind időben, mind térben, mind pedig a hatás nagyságának tekintetében. A Hivatal tevékenységével közvetett befolyással van a közszolgáltatást ellátó önkormányzati cégek működésére, közvetve azok környezet-terhelésére. A közreműködés a szabályozási tervek kimunkálásában, szennyvíz- és hulladék-kezelési nagyberuházásokban, természetvédelmi akciókban jelentős befolyásra nyújt lehetőséget (Sopron Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatala, Környezetvédelmi Nyilatkozata, 2009).

A Polgármesteri Hivatalban szelektíven gyűjtik az elhasznált elemeket, a papírt és az italos palackokat (Fő tér 1. épületben). A megsemmisítésre kerülő iratanyagok papírhulladéka szintén külön kerül gyűjtésre és elszállításra. A dolgozók elkötelezettek a környezetvédelmi és más jogszabályok maradéktalan betartása és a környezettudatosság fejlesztése iránt.

Megállapítottuk, hogy a feltárt KIR dokumentumok tartalmukban jelenleg is helytállóak, azonban aktualizálásuk időszerű. Javasoljuk a Hivatal EMAS szerinti környezeti vezetési rendszerének újra hitelesítését. Ennek jelentősége a gyakorlati előnyök mellett elsősorban példaértékű a városi gazdálkodó szervezetek számára, hiszen a hitelesítés a legszigorúbb KIR követelményrendszernek való megfelelést fémjelzi.

Környezetközpontú irányítás helyzetfelmérése a Sopronban működő intézmények, vállalatok körében

A gazdálkodó szervezetek körében végzett kérdőíves felmérés fő témaköreit, kérdéseit és a válaszok összefoglaló ismertetését, valamint az arra alapozott következtetéseket az alábbiakban adjuk meg.

A környezetvédelmi tevékenység motivációi

Mely okokból foglalkoznak környezetvédelmi kérdésekkel?

A válaszadó szervezetek környezetvédelmi motivációit leginkább a „szigorú szabályozási rendszer” (62%), a „tulajdonosi elvárások” (62%), a „termék/szolgáltatás jellege” (43%) jelentették. Fontos volt még az „üzleti partnerek követelménye” (37%) és a „piaci, fogyasztói igények” (51%).

A környezetvédelmi motivációkban jól nyomon követhető a hazai közvetlen, jogi környezetvédelmi szabályozási rendszer, valamint az önszabályozó piaci folyamatok pozitív hatása.

A soproni KIR tanúsítások alakulása, előnyök, fontosság

Jelenleg milyen környezetközpontú irányítási rendszerrel (KIR) rendelkeznek?

A válaszadók 40%-a „tanúsított ISO 14001 alapján kiépített KIR-rel” bír. 11%-uk esetén jellemző az „ISO 14001 szabvány alapján kiépített, ám jelenleg nem tanúsított KIR”. A válaszadók 31%-a „nem szabványosított, hanem egyedi gyakorlatuk, módszereik alapján” működtetik környezetközpontú irányításukat.

Megállapíthatjuk, hogy a válaszadók felénél a nemzetközi szabvány alapján előírt KIR rendszeremlék megtalálható, alkalmazzák a legjobb nemzetközi gyakorlatnak tekinthető módszert.

Első ISO 14001 tanúsítás éve?

Adott esetben a KIR rendszerek első tanúsítása 2004-2012 közé esett a legnagyobb arányban (34%).

Az ISO 14001 szerinti követelmények tehát többnyire ezen időszaktól képezik a vállalati/szervezeti kultúra részét Sopron városában. Napjainkig e rendszerek általában 2-5 tanúsító auditon mehettek keresztül, ezért megítélésünk szerint kiforrott eljárásokat takarhatnak.

Mely előnyök elérése motiválja leginkább szervezetét a KIR alkalmazásában/tanúsításában?

A válaszadók a KIR működtetésével az alábbi előnyöket érték el szignifikánsan: jogszabályi megfelelés, jogi környezethez való könnyebb alkalmazkodás, piaci (vevői) igények kielégítése, rendszerszintű szemlélet kialakítása és működtetése, a környezetvédelem beépítése a mindennapi munkavégzésbe, jobb hatósági, partneri és lakossági megítélés, fogyasztói kör bővülése. A tanúsításból fakadóan tehát jelentős gyakorlati előnyökről számolhattak be a szervezetek.

Fontosnak tartják-e a KIR alkalmazását a jövőben is?

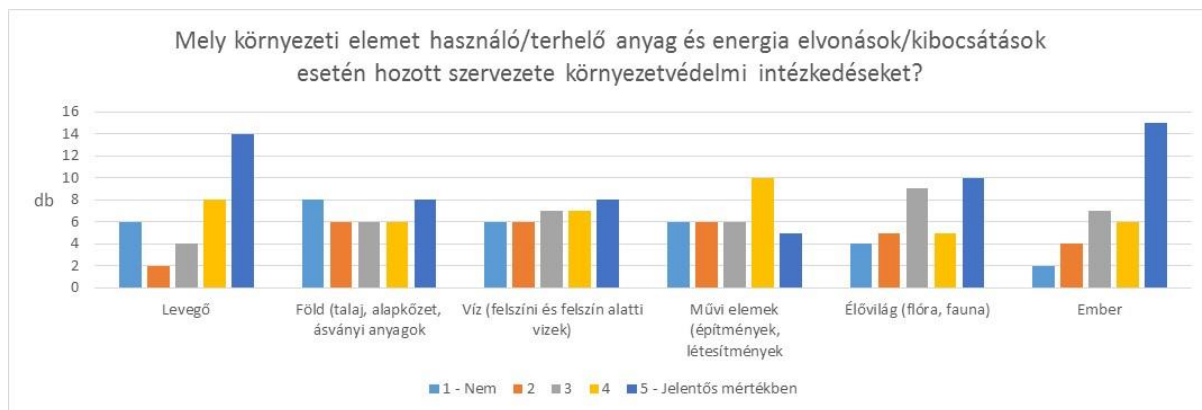
A válaszadók 65%-a szerint „elengedhetelen”, 35%-uk szerint „közömbös” a KIR fenntartása a jövőben.

Fontos kiemelni, hogy senki sem tartotta „feleslegesnek” az alkalmazást. E tény megerősíti feltevéseinket, miszerint a KIR alkalmazása a szervezeteknél stratégiai szintet képviselhet.

Milyen szerepet játszik a környezetvédelem üzleti stratégiájában?

A válaszadó soproni szervezetek 65%-ának a környezetvédelem „jelentős szerepet” játszik üzleti stratégiájában! Ez jól mutatja azt a helyi szinten is érvényesülő piaci önszabályozó hatást, mely a gazdaság zöld folyamatainak térnyerésére utal.

Az alkalmazott KIR eljárások szintje, környezeti elemek érintettsége



1. ábra. Környezeti elemet használó/terhelő anyag és energia elvonások/kibocsátások esetén hozott szervezeti intézkedések a soproni gazdálkodó szervezetek gyakorlatában (Polgár 2018)

Mely környezeti elemet használó/terhelő anyag és energia elvonások/kibocsátások esetén hozott szervezete környezetvédelmi intézkedéseket?

A válaszokat beküldők körében alkalmazott környezetvédelmi intézkedések Sopronban főként a levegő, föld (talaj, alapkőzet, ásványi anyagok), víz (felszíni és felszín alatti vizek), élővilág (flóra, fauna) és ember környezeti elemek esetében jellemzőek. A válaszok megoszlását mutatja be az 1. ábra.

Ön szerint mennyire befolyásolja pozitívan környezetvédelmi tevékenységük a környezeti elemek állapotát?

A válaszadók 60%-ban „erőteljes pozitív hatást (értékek (1-5): 4-5 pont)” tulajdonítottak környezetvédelmi tevékenységüknek a fenti környezeti elemek állapotának pozitív befolyásolását illetően. 34% szerint „közepes (értékek (1-5): 3 pont)” mérték jellemző.



2. ábra. A saját környezetvédelmi tevékenység megítélése a környezeti elemek állapotának befolyásolása szempontjából a soproni gazdálkodó szervezetek gyakorlatában (Polgár 2018)

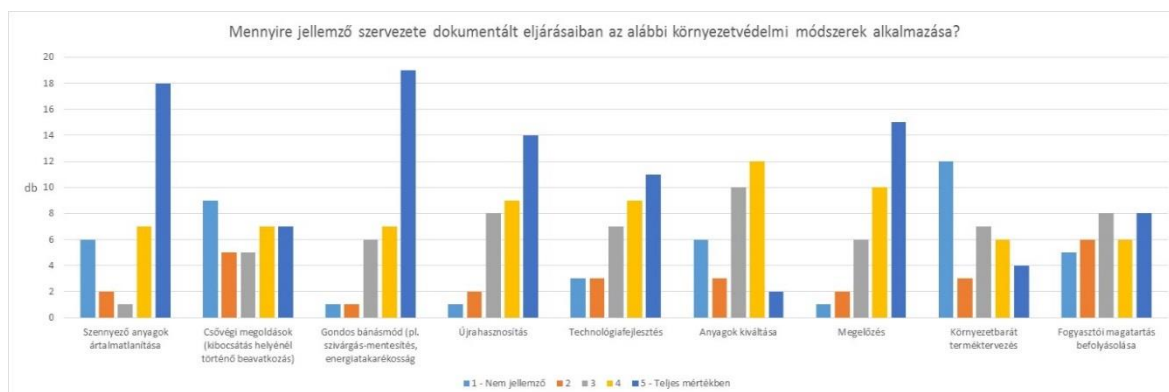
A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy önértékelésük alapján a környezeti elemeket használó/terhelő anyag és energia elvonások/kibocsátások esetén hozott szervezeti intézkedések a gazdálkodó szervezetek gyakorlatában sikeresen, pozitív irányban befolyásolják azok állapotát. A KIR eljárásokkal és intézkedésekkel a szervezetek feltételezhetően elérik kitűzött céljaikat. Jelen felmérés mélyrehatóbb elemzés elvégzését e témakörben nem teszi lehetővé: a környezetvédelmi célkitűzések és a befolyásolás viszonylagos minősítése (pl. jogszabályban meghatározott emissziós határérték %-ában való minősítés) további kutatást igényel.

A környezettudatos vállalatirányítási eszközök, különösen az életciklus szemlélet elterjedése, alvállalkozók környezeti befolyásolása

Mennyire jellemző szervezete dokumentált eljárásaiban az alábbi környezetvédelmi módszerek alkalmazása?

A válaszadók körében szignifikánsan jellemző (gyakoriság: 60% körüli vagy több) alkalmazott környezetvédelmi módszerek: a szennyező anyagok ártalmatlanítása, gondos bánásmód, újrahasznosítás, technológiafejlesztés és a megelőzés. Kevésbé jellemző (gyakoriság: 40% körüli vagy kevesebb) technikák: a csővégi megoldások, anyagok kiváltása, környezetbarát terméktervezés és a fogyasztói magatartás befolyásolása.

Megállapíthatjuk, hogy elsősorban azok a technikák kerülnek előtérbe, amelyek nem igényelnek túlzott erőfeszítést, „magától értetődőek”. Másodsorban azok a technikák népszerűek, amelyek kis ráfordítással az alkalmazott KIR optimalizálását, a döntés-előkészítést segítik. A kevésbé népszerű eszközök között található a munkaigényesebb technikák, illetve azok, amelyek érinthetik a technológiát.



3. ábra. Környezetvédelmi módszerek alkalmazása a soproni gazdálkodó szervezetek gyakorlatában (Polgár 2018)

Alkalmazznak-e termékükre/szolgáltatásukra környezeti életciklus-elemzést?

A válaszadók 66% „nem végzett”, 20%-uk „tervezi” a környezeti életciklus-elemzést.

Kiemelendő, hogy az életciklus-elemzés (LCA) kiváló eszköze a környezeti hatások megalapozott vizsgálatának. E modellezés alapja a folyamatszemplélet, a környezeti leltárkészítés és a célzottan kifejlesztett mutatórendszer alkalmazása. Az életciklus szemléleten alapuló szabványos környezeti életciklus-elemzést (LCA) fenntarthatósági, döntéstámogató környezetmenedzsment eszköznek fejlesztették ki (ISO 14040:2006). Az ISO 14001 szabvány új követelményei szempontjából hangsúlyos az életciklus-szemlélet (környezeti hatások számba vétele a bölcsőtől a sírig) alkalmazása. A módszer alkalmazásának elterjedése kívánatos.

Alkalmaznak-e dokumentált minősítési fokozatokat a beszállítók/alvállalkozók környezetvédelmi teljesítménye megítélésére?

A válaszadók között 54% alkalmaz dokumentált környezeti minősítési fokozatokat beszállítóira, míg 46% nem.

A KIR alkalmazása közvetett módon, az alvállalkozók befolyásolásán keresztül is eredményezheti a környezettudatosság megkövetelését, a környezeti teljesítmény fejlesztését. A vizsgált szervezetek esetén a beszállítók ezirányú befolyásolására nagyobb hangsúlyt javaslunk fordítani.

A főbb környezetvédelmi célkitűzések jellege

A válaszadó soproni szervezetek az *1. táblázatban* bemutatott főbb területeken (táblázatos formában bemutatva) tűztek ki aktuálisan környezetvédelmi célkitűzéseket.

A célkitűzések alakulása is tükrözi a felmérésben résztvevő szervezetek tevékenységének jellegét.

A helyzetértékelés alapján végül javasoljuk további környezettudatos vállalatirányítási eszközök szélesebb körű alkalmazását is, mint pl. a környezet teljesítményértékelés (ISO 14031), ökcímkezés, szervezeti szénlábnyom számítás. Az egyes további módszerek alkalmazása növeli a tevékenységek környezeti hatásainak megértését, ami lehetővé teszi a mind pontosabb, célirányos környezeti fejlesztési intézkedések létrehozását, ezáltal a környezetirányítási gyakorlat tökéletesítését.

Összefoglalás

Kutatásunkban célul tűztük ki Sopron Megyei Jogú Város Önkormányzata és a helyi gazdaság szereplői környezetközpontú irányítási gyakorlatának helyzetfelmérését. A helyzetértékelés két szintéren valósult meg: a Polgármesteri Hivatalban és a városban található jelentős helyi adófizető gazdálkodó szervezetek körében.

Dokumentumelemzéssel feltártuk a Polgármesteri Hivatal törekvéseit.

1. táblázat. Főbb szervezeti környezetvédelmi célkitűzések, Sopron (Polgár 2018)

Kategória	Környezetvédelmi célkitűzés
Jogszabályok	Jogszabályi megfelelés
Hulladékgazdálkodás	Veszélyes hulladékok mennyiségének csökkentése Szelektív hulladékgyűjtés Hulladék hasznosítási arány növelése Hulladékgazdálkodási folyamatok hatékonyságának növelése Elektronikai hulladék újrahasznosítás arányának növelése
Energetika	Energia felhasználás jelentős csökkentése Megújuló energiák használata Energetikai korszerűsítések
Vízciklus	Ipari szennyvíz tisztítása, Vízfelhasználás csökkentése
Egyéb	Munkaerő környezettudatos nevelése Környezetterhelés alacsony szinten tartása Irodai papír felhasználásának csökkentése CO ₂ kibocsátás csökkentése Munkavégzés helye levegőminőségének javítása

A város polgármesteri hivatalának Városgazdálkodási osztálya az Európai Parlament és Tanács 196/2006 EK rendelettel módosított 761/2001 rendelete alapján külső tanácsadó és auditáló cég segítségével 2008. február 22.-én megkapta az EMAS környezetirányítási rendszer bevezetéséről szóló tanúsítványt.

A Polgármesteri Hivatal szinte minden egységének van környezeti vonatkozású feladata. A Hivatal környezeti hatása közvetlen illetőleg közvetett lehet. A Hivatal tevékenysége nyomán a környezeti kockázatok minimálisak. Megállapítottuk, hogy a KIR dokumentumok tartalmukban jelenleg is helytállóak, azonban aktualizálásuk időszerű. Javasoltuk a Hivatal EMAS szerinti környezeti vezetési rendszerének újra hitelesítését. Ennek jelentősége elsősorban példaértékű a városi gazdálkodó szervezetek számára, hiszen a hitelesítés a legszigorúbb KIR követelményrendszernek való megfelelést fémjelzi.

A Sopron városában működő vállalatok és intézmények körében on-line kérdőíves felmérést végeztünk.

A szervezetek esetében a környezetvédelmi motivációkban jól nyomon követhető a hazai közvetlen, jogi környezetvédelmi szabályozási rendszer, valamint az önszabályozó piaci folyamatok pozitív hatása. A nemzetközi szabvány alapján előírt KIR rendszer elemek megtalálhatók, alkalmazzák a legjobb gyakorlatnak tekinthető módszert. A tanúsításból fakadóan jelentős gyakorlati előnyökről számolhattak be a szervezetek. A környezeti elemeket használó/terhelő anyag és energia elvonások/kibocsátások esetén hozott szervezeti intézkedések a gazdálkodó szervezetek gyakorlatában sikeresen, pozitív irányban befolyásolják azok állapotát. A KIR eljárásokkal és intézkedésekkel a szervezetek feltételezhetően elérik kitűzött céljaikat. Az ISO 14001 szabvány új követelményei szempontjából hangsúlyos az életciklus-szemlélet (környezeti hatások számba vétele a bölcsőtől a sírig) alkalmazása. A módszer alkalmazásának elterjedése kívánatos. A vizsgált szervezetek esetén a beszállítók környezeti befolyásolására nagyobb hangsúlyt javasolunk fordítani.

Javasolt további környezettudatos vállalatirányítási eszközök szélesebb körű alkalmazása is, mint pl. a környezet teljesítményértékelés (ISO 14031), ökcímkezés, szervezeti szénlábnyom számítás.

Köszönetnyilvánítás: Jelen publikáció az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerepvállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

1991. évi XX. törvény a helyi önkormányzatok és szerveik, a köztársasági megbízottak, valamint egyes centrális alárendeltségű szervek feladat- és hatásköreiről
1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól
- BAKOSNÉ BÖRÖCZ M. (2016): A környezeti kockázatok kezelése és a környezeti menedzsment rendszerek jelentősége a gyakorlatban. Szent István Egyetem Szaktanácsadási és Továbbképzési Központ. In FOGARASSY CS. (szerk.): Szaktanácsadási és Továbbképzési Központ Tudományos Szakmai Kiadványok Sorozata (4/12). Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, p. 15
- HEINIMANN, H. R. (2012): Life Cycle Assessment (LCA) in Forestry - State and Perspectives. In Croatian Journal of Forest Engineering (CROJFE), Vol. 33(2012)2: 357-372. ISSN: 1845-5719
- LÁNG I. (2002): Környezet- és természetvédelmi lexikon A-K, Akadémiai Kiadó, Budapest 632 p.
- MSZ EN ISO 14001:2015 Környezetközpontú irányítási rendszerek. Követelmények alkalmazási útmutatóval (ISO 14001:2015), Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2015
- POLGÁR A. (2018): Kérdőív és adatbázis - Környezetközpontú irányítás a Sopronban működő intézmények, vállalatok körében
- RÉDEY Á. (szerk.) (2011): Környezetmenedzsment és a környezetjog. Készült a Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézetének gondozásában, a TAMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0021 azonosítójú pályázat keretében. In DOMOKOS E. (2011): Környezetmérnöki Tudástár, XX. kötet (On-line: <http://mkweb.uni-pannon.hu/tudastar/>)
- Sopron Megyei Jogú Város Önkormányzat 128/2005. (IV. 28.) számú határozata
- Sopron Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatala Városüzemeltetési Iroda Környezetvédelmi Nyilatkozat 2009, EMAS
- Sopron Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatalának minőségpolitikája 2010 (On-line: http://portal.sopron.hu/Sopron/portal/autonomy_show?contentId=1524)

TORMA A. (2007): A környezeti teljesítményértékelés aggregáló módszerei és az anyagáram-elemzés kapcsolatrendszere - Egy integrált vállalati modell megalapozása. Doktori értekezés. BMGE-GTK, Budapest, p. 39.

KÖRNYEZETI VONATKOZÁSÚ HELYI SAJTÓINFORMÁCIÓK VIZSGÁLATA SOPRONBAN

POLGÁR ANDRÁS – ELEKNÉ FODOR VERONIKA
Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet
elekne.fodor.veronika@uni-sopron.hu

Bevezetés

A környezetvédelemmel kapcsolatos hírek általában a haváriákhoz kötődnek, többnyire csak a „botrányok” kapcsán kerülnek előtérbe (SARKADI 2009). A környezetvédelem fontosságának megerősítésében, a fenntartható fejlődéshez való viszonyulásban, valamint a környezettudatosság erősítésében jelentős szerepet játszik a nyomtatott és elektronikus sajtó (SZABÓ 2007). A nyomtatott sajtó képes támogatni a horizontális, a környezetvédelemben érdekelt társadalmi erők kapcsolatainak alakulását is. A médián keresztül történő környezetvédelmi kommunikáció hatásos eszköze lehet továbbá a környezeti tudatosság növelésének (SZIRMAI-VIT 1997, CSELÓSZKI 2000).

A helyi környezeti problémák megfelelő kezelése érdekében lényeges a lakosságot leginkább foglalkoztató kérdések megismerése, valamint a társadalmi megítélésük feltárása (CSELÓSZKI 2001).

Kutatásunkban célul tűztük ki Sopron városában a helyi sajtóban megjelent olyan főbb környezeti vonatkozású közlemények vizsgálatát, amelyek az elmúlt időszakban (2010-2017) önkormányzati és lakossági szempontból is nagy érdeklődésre tartottak számot. Vizsgálatunkban a helyi média által fontosnak tartott környezeti problémákat tártuk fel.

Anyag és módszer

Kutatásunk során elsőként a helyi nyomtatott és elektronikus sajtóban fellelhető, a környezet védelmével kapcsolatos közleményeket elemeztük. Az információk fő forrását a helyi, webes archívumokban fellelhető anyagok jelentették, melyek közül kiemelendő a Kisalföld napilap archívuma (<https://www.kisalfold.hu>), a Cyberpress független internetes portál (<http://cyberpress.hu>), valamint az Ikvahír (<http://www.ikvahir.eu/>) portál hírei.

Ezt követően osztályoztuk az önkormányzat és a lakosság szempontjából releváns környezeti vonatkozású híreket. Az elmúlt időszak jelentősebb megállapításait az alábbi főbb csoportokba soroltuk:

- sajtóinformációk a levegőminőséggel,
- vízminőséggel,
- illegális hulladéklerakással és
- egyéb témakörökkel (zöldfelület fejlesztés, fakivágások, utak csúszásmentesítése, klímavédelem, zajszennyezés, allergén gyomok, időjárás) kapcsolatban.

Témakörönként vizsgáltuk azokat a paramétereket, melyek a lakosság szempontjából ismétlődő jelleggel, folyamatosan a figyelem középpontjában álltak/állnak. Ezáltal felmértük a jellemző környezeti problémák iránti érzékenységüket is. Hangsúlyozzuk, hogy a szak kifejezések helyett megtartottuk a sajtóban megjelenő közérthető megfogalmazásokat, amelyekkel jobban érzékeltethető a helyi környezeti problémák lényegének lakossági értelmezése, megítélése

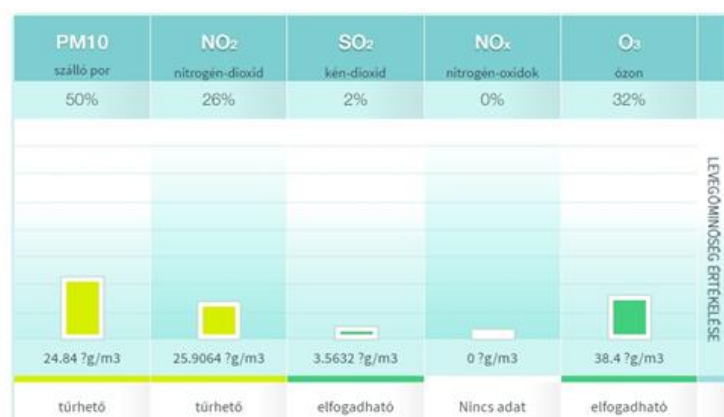
Eredmények

Levegőminőség

A városok levegőminőségének egyik fontos - médiában is gyakran megjelenő - befolyásoló tényezője a légköri szálló por (PM_{10}) koncentráció alakulása [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Annak ellenére, hogy más hazai nagyvárosokhoz képest Sopron levegőminősége az utóbbi években a legjobbak között volt, 2011-ben például, az adott meteorológiai körülmények között, a késő őszi és téli hónapokban több olyan sajtóközlemény is megjelent, amely felhívta a figyelmet a tájékoztatási, majd a riasztási küszöbértéket meghaladó koncentráció elérésére. A környezetvédelmi hatóság értesítése alapján az önkormányzat ezekben az esetekben terv szerinti intézkedéseket hozott.

Az ismétlődő probléma miatt folyamatosan szükség van a lakosság tájékoztatására. Az önkormányzat részéről több olyan megnyugtató közlemény megjelentetésére is szükség volt, amelyek - a feltételezéseken alapuló téves híradások helyett -, a tényeken nyugvó állapotot voltak hivatottak bemutatni (miszerint a levegő minőségével kapcsolatos adatokat folyamatosan figyelik, és indokolt esetben megteszik a szükséges intézkedéseket).

Más városok levegőminőségével tett összehasonlításban Sopron kedvezőbb állapotáról számoltak be a közleményekben. A sajtóinformációk szerint a levegő minőségének alakulása a város földrajzi elhelyezkedéséből adódóan döntően az időjárás alakulásával van összefüggésben, nem pedig az áthaladó gépjárművek számával (Kisalföld, Cyberpress). Rengeteg lakossági panasz érinti a kerti égetéseket (IKVAHÍR). Sopronban az önkormányzat az 54/2005. (XII. 21.) a levegő minőségének védelméről szóló Kgy. rendeletében határozta meg a szabadtéri növényi hulladék égetését.



1. ábra. Pillanatnyi légszennyezettség Sopronban (Forrás: OLM)

2. *Vízminőség*
3. A vizsgált témakörben az elmúlt időszakban elsősorban a felszíni vizek állapotával foglalkozó hírek jelentek meg.
4. A vízminőséget befolyásoló tényezők között a szennyvíztisztítás, -elvezetés esetén találkozhattunk médiaközleményekkel. Ezek szerint a Fertő tó hazai oldaláról – a 2015-ös balfi kommunális szennyvíz elvezetésével – sikerült elérni, hogy még tisztítottan sem kerül hazánkba szennyvíz közvetlenül az állóvízbe (Kisalföld, Cyberpress).
5. Felszíni vízfolyás mederrendezése esetén a Rák-patakon folytatott munkálatok (2012) emelendők ki. Az önkormányzat által megvalósított projekt a meder belterületi szakaszán zajló fejlesztéssel az árvízkarokat mérsékli, valamint elősegíti a baleset-, személy- és vagyónvédelmet a környező lakosság körében. Lakossági fórumon történő egyeztetések után a meder közvetlen közelében favágás, bozót-

irtás, hulladékgyűjtés, törmelékelszállítás, rézsűrendezés, ideiglenes partbiztosítás, csapadék- és szennyvízbekötések felülvizsgálata történt meg (Kisalföld, Cyberpress).



2. ábra. Kerti hulladékégetés (Forrás: Ikvahir.hu)

Felszíni vízfolyás vízminőségét érintő lakossági bejelentés érintette az Ikva vízszíneinek pirosra változását (2017), amelyet a Patak utca - Festő köz környékén tapasztaltak.

2016-ban az évtizedek alatt szennyeződött talaj és talajvíz kármentesítési projektjét végezték el az egykori gázgyár (GDF Suez Energia Holding Hungary Zrt. soproni üzemegység) területén.



3. ábra. Mederrendezés a Rák-patakon (Forrás: kisalfold.hu)

Vízminőség

A vizsgált témakörben az elmúlt időszakban elsősorban a felszíni vizek állapotával foglalkozó hírek jelentek meg.

A vízminőséget befolyásoló tényezők között a szennyvíztisztítás, -elvezetés esetén találkozhattunk médiaközleményekkel. Ezek szerint a Fertő tó hazai oldaláról – a 2015-ös balfi kommunális szennyvíz elvezetésével – sikerült elérni, hogy még tisztítottan sem kerül hazánkából szennyvíz közvetlenül az állóvízbe (Kisalföld, Cyberpress).

Felszíni vízfolyás mederrendezése esetén a Rák-patakon folytatott munkálatok (2012) emelendők ki. Az önkormányzat által megvalósított projekt a meder belterületi szakaszán

zajló fejlesztéssel az árvízkárokat mérsékli, valamint elősegíti a baleset-, személy- és vagyónvédelmet a környező lakosság körében. Lakossági fórumon történő egyeztetések után a meder közvetlen közelében favágás, bozótirtás, hulladékgyűjtés, törmelékelszállítás, rézsűrendezés, ideiglenes partbiztosítás, csapadék- és szennyvízbekötések felülvizsgálata történt meg (Kisalföld, Cyberpress).



4. ábra. Az egykori gázgyár talaj és talajvíz kármentesítése (Forrás: kisalfold.hu)

Illegális hulladéklerakás

A lakosság szempontjából egyik legszembetűnőbb és morális, erkölcsi tekintetben is lesújtó környezeti probléma az illegális hulladéklerakás. A legtöbb panasz, bejelentés, sajtóhír is erről a témáról szólt. Az önkormányzat számára is kiemelt terület az illegális hulladéklerakás visszaszorítása.



5. ábra. Illegális hulladéklerakás (Forrás: cyberpress.hu)

Több esetben jelentkező probléma, hogy „tettes” hiányában a terület vértlen tulajdonosát terheli az elszállítási kötelezettség. A hírbejegyzések alapján az illegálisan lerakott hulladék a város változatos részein jelentkezik, általában elhagyatott ingatlanokon, de különösen a városszéli zöldfelületeken, erdőben, utak mentén (pl. Koronázódomb, 84-es főút pihenőhelyei, Sopron, Somfalvi út, Sopron, Hermesi út, a kópházi-harkai határ közeli mellékutak, kamionos parkolók).

Másik gond, hogy a szelektív gyűjtőszigeteket nem megfelelő módon használják és oda kéretlen frakciójú vagy kevert hulladékokat helyeznek el (mennyiségi és minőségi probléma). Napi szinten bukkannak fel „kupacok”, amelyek felszámolása „szélmalomharc” jellegű. Az önkormányzat a lakosság azonnali jelzését, bejelentését kérte/kéri, valamint a bizonyító erejű dokumentálást (fotók, videók). Sajtóközleményekben folyamatosan felhívták

a figyelmet, hogy ha veszélyes hulladék lerakása is megvalósul, akkor az már nemcsak szabálysértési kategória, hanem bűncselekmény is.



6. ábra. Rendezetlen szelektív gyűjtősziget (Forrás: hulladekvadasz.hu)

Az önkormányzat példaértékű intézkedését a probléma visszaszorítására jelzi, hogy 2013-ban „Zöld összefogás néven” „konzorcium” alakult a soproni önkormányzat mellett a rendőrség, a Sopron Holding Zrt., az STKH Kft., a Tanulmányi Erdőgazdaság, a polgárőr-ség, a Hegyközség, a nemzeti park, a horgászegyesület, a városszépítők, valamint a média képviselői által („Hulladék kommandó”). 2013-ban a szőlőskertek, a gyümölcsöskertek és a mezők védelme érdekében Sopron városa létrehozta a mezőőri státuszokat, régebbi nevükön a „csósz állásokat”. 2017-ben pedig már Sopron is felkerült egy Anger dűlői bejelentésen keresztül az országos „Hulladekvadász” térképre (hulladekvadasz.hu).

Sajnálatos folyamatot jeleznek azon híradások, melyek szerint az illegálisan lerakott hulladék sok esetben külföldről érkezik a város területére (sitt, lomtalanítási anyagok stb.).

Lakossági panaszokról olvashatunk a lakossági lomtalanítások esetén is (Halász u., Híd u., Virág u., 2017) (Kisalföld, Cyberpress).

Sajtóközleményben jelent meg a város hulladékgazdálkodásának az a fontos pillére, miszerint 2014 végére elkészült a cséri hulladéklerakó, mellyel Sopron és 38 település számára megteremtődött a korszerű szelektív hulladékgyűjtés, az újrahasznosítás, és a hulladékgazdálkodás lehetősége (Kisalföld).

Egyéb környezeti problémák

A város életében magas médiajelenléttel kísérve jelentős fejlesztések is zajlottak, melyek környezeti jelentőséggel is bírtak. Ilyenek az Erzsébet kert (2015), Várkerület (2015), Amfiteátrum, Jereván központ (2017) felújítása, amelyek a zöldfelület fejlesztésével is együtt jártak.

A zöldfelületek fejlesztésével a veszélyes állapotú fák kivágása, valamint a faápolás és a cserjeirtás is megvalósult. A Várkerületen földlabdás famentést is végeztek.

A közterületek fejlesztésének azonban más környezeti szempontból is fontos velejárója volt: a korszerű LED világítótestek alkalmazása (2015), térkövezés (összefüggő aszfalt burkolat helyett), forgalomcsökkentés elérése.

Több médiaközlemény foglalkozott engedélyezett és illegálisnak vélt fakivágásokkal például a Lőverekben (Zettl-Langer villa, Hársfa sor), a Jereván lakótelepen vagy a Besenyő úti lakótelepen. A fák döntését sok esetben az egészségi állapotuk, ill. a lakosság aggodalma

indokolta, melyet az erősödő viharkárok jelentkezése is alátámasztott (pl. fadőlés, Ferenczy J. u., 2014). Az önkormányzatnál minden fát számon tartanak, a kivágások csak a szükséges engedélyekkel végezhetők el. Ettől eltérő esetben büntető pert is indítottak (Zettl-Langer villa) (Sopronmédiá).



7. ábra. A Zettl-Langer villa kivágott fái (Forrás: kisalfold.hu)

Sopronban egyre gyakoribbá váltak a szabadtéri rendezvények, a rendezvények számához viszonyítva szinte elenyésző volt a hivatalos panaszos bejelentések száma a maximális zajszt túllépésével kapcsolatban. Állandó problémaként jelentkezik a sajtóban, a vasutat körül ölelő városban, a zaj és rezgés elleni védekezés is (Kismartoni sor, Répcefői sor).

Lakossági panaszok gazos területek kezelésével kapcsolatban is gyakran vezető hírként merültek fel, főként az allergén gyomnövények hatásaival kapcsolatban (Kisalföld Gazkörkép) (Kisalföld).

2010-től is jellemzőek voltak a bekövetkező szélsőséges időjárási eseményekkel kapcsolatos közlemények (extrém havazás, viharkárok, extrém esőzések, hőségriadó). Sopron Önkormányzata komoly erőfeszítéseket tett/tesz a klímavédelem érdekében, mint a intézményi felújítások, közvilágítás fejlesztése, közösségi közlekedés korszerűsítése. 2015 májusában Sopron, mint a Megyei Jogú Városok Szövetségének tagja is csatlakozott Al Gore (egykori USA alelnök) kezdeményezéséhez (klímavédelem és fejlesztés).

Műszaki beavatkozásokhoz kapcsolódó fizikai jelenségek esetén is találkozunk sajtóközleményekkel. Környezeti kockázatok és lakossági tájékoztatás miatt kapott publicitást többek között a gázvezetékek rendszeresen végzett fáklyázó karbantartása. Az elmúlt években több havária esemény is előfordult, melyek jelentős környezeti hatással jártak. Sajtóhírek jelentek meg tarlótüzek, lakástüzek, műhely tüzek, szállodatűz (Korona szálló) valamint a fertőrákosi cölöpház tűzvész esetén (Kisalföld, Ikvahír).

Az M85 gyorsforgalmi út Sopront érintő nyomvonalának alakulása, kivitelezése környezeti szempontból szintén aktuális kérdés.

Összefoglalás

A sajtóhírek vizsgálata alapján megállapítottuk, hogy az önkormányzatot és a lakosságot leginkább foglalkoztató környezetvédelmi kérdések nagyrésze ismétlődő környezet problémákhoz kötődik. Sopron város környezetállapotának vizsgálata során a levegőminőség (a nem megfelelő lakossági tüzelés/égetés, az egyre növekvő számú építkezések és a közlekedés miatt), az illegális hulladéklerakás (városban belül és kívül) folyamatosan kezelendő feladatokat jelent a városvezetés számára. A lakosság által generált környezeti problémák megoldásában a környezettudatosság fejlesztése és a műszaki feltételek biztosítása elsődleges.



8. ábra. A leégett fertőrákosi cölöpházak (Forrás: kisalfold.hu)

Köszönetnyilvánítás: Jelen publikáció az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerepvállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- CSELÓSZKI T. (2000): Környezetvédelem és média az ezredfordulón. (Elérhetőség: https://media-kutato.hu/cikk/2000_01_osz/08_kornyeztvedelem_es_media_az_ezredfordulo_magyarorszagan)
- CSELÓSZKI T. (2001): Média és környezetvédelem. *Ökotáj*. 25-26. szám
- SARKADI P. (2009): Kommunikáció és média. (Elérhetőség: http://mkne.hu/NKNS_uj/kommunikacio_es_media.pdf)
- SZABÓ J. (2007): A helyi média és a fenntartható fogyasztás. *Fenntartható Fogyasztás Magyarországon*. Konferenciakötet, Budapest, pp. 329-344.
- SZIRMAI V. – VIT L. (1997): Az ökológiai problematika megjelenése a nyomtatott sajtóban. (In: *Magyarország az ezredfordulón*. MTA stratégiai kutatások). Bp. BKE, p. 30
- 54/2005. (XII. 21.) Sopron Megyei Jogú Város Önkormányzat Közgyűlésének a levegő minőségének védelmével kapcsolatos helyi szabályokról szóló önkormányzati rendelete
Cyberpress független internetes portál archívuma: <http://cyberpress.hu> (leolvasás: 2018.04.05.)
Hulladék vadász hírportál: <https://www.hulladekvadasz.hu/> (leolvasás: 2018.04.05.)
Ikvahír portál archívuma: <http://www.ikvahir.eu/> (leolvasás: 2018.04.05.)
Kisalföld napilap archívuma: <https://www.kisalfold.hu> (leolvasás: 2018.04.05.)
Országos Légszennyezettségi Mérés Hálózat (OLM) honlapja: <http://www.levegominoseg.hu/> (leolvasás: 2018.04.05.)
Sopronmédiá: <http://www.sopronmedia.hu> (leolvasás: 2018.04.05.)

FT-IR-ATR SPEKTROMETRIA ALKALMAZHATÓSÁGA GOMBA-TENYÉSZETEK FAJSPECIFIKUS MEGKÜLÖNBÖZTETÉSÉRE

RÁKOSA RITA – VARGOVICS MÁTÉ – NÉMETH ZSOLT ISTVÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

rakosa.rita@uni-sopron.hu

Bevezetés

A növénypatogén gombák fajai világszerte komoly gazdasági és ökológiai károkat okoznak. Azonosításukhoz és a megfelelő védekezési stratégia kidolgozásához gyors diagnosztikai eljárások szükségesek. A detektálás történhet hagyományos módszerekkel, pl. a fertőzött növényi rész közvetlen mikroszkópos vizsgálatával, vagy a környezeti mintákból történő közvetlen kitenyésztés útján. A morfológiai alapú azonosítási eljárások mellett megbízhatóbbaknak bizonyultak az immunreakción alapuló módszerek és a DNS alapú molekuláris vizsgálatok (O'BRIEN *et al.* 2009). Ezek azonban költség- illetve időigényesek.

A Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópiát (FT-IR) széles körben alkalmazzák biológiai minták vizsgálatára is (LECELLIER *et al.* 2014; MOVASAGHI *et al.* 2008; OBERLE *et al.* 2015; SALMAN *et al.* 2012), főként olyan taxonok esetében, amelyek morfológiai sajátosságok alapján nehézkesen vagy egyáltalán nem osztályozhatók. Ebbe a körbe tartoznak a *Phytophthora* nemzetség tagjai is, amelyek a hazai erdőállományokat is veszélyeztetik (SZABÓ *et al.* 2013). A spektrometriás vizsgálati megközelítést sokváltozós adatértékelési eljárásokkal kombinálva lehetővé válik az IR spektrumok fajspecifikusságra utaló rejtett információ tartalmának feltárása (LECELLIER *et al.* 2014; OBERLE *et al.* 2015; SALMAN *et al.* 2012).

Kutatásunkban *Phytophthora* tenyészetek spektrális megkülönböztetésére reflexiós (ATR) technikára alapozott vizsgálati eljárást dolgoztunk ki. Az FT-IR spektrometria bázisú kemometriai értékelési stratégia a módszerfejlesztés tényezőinek (a micélium mintavételi időpontjának, száradási időtartalmának, a háttér spektrum bizonytalanságának és a minta ismételt pozicionálásának) ATR spektrumokra gyakorolt potenciális hatásainak felderítésére, s azok alapján javasolt vizsgálati eljárás tesztelésére irányult.

Anyag és módszer

A spektrum felvételeket Shimadzu gyártmányú, IRAffinity-1 típusú, HATR-10 totálreflexiós kiegészítőegységgel felszerelt FT-IR spektrométerrel végeztük. A spektrumokat 4000-670 cm^{-1} hullámszám tartományban, 1 cm^{-1} felbontással vettük fel. A jel/zaj viszony növeléséhez az időbeli átlagolás módszerével 49 egymást követően felvett spektrumnak az átlagát képeztük.

Vizsgálatainkhoz standardizált burgonya kivonat agar táptalajon kifejlődő *Phytophthora* tenyészeteket használtunk. A tenyészeteket (*P. cambivora*, *P. taxon raspberry*, *P. cactorum*, *P. plurivora*, *P. lacustris*, *P. gonapodyides*) az Erdővédelmi Intézet bocsátotta rendelkezésünkre. A micéliumtenyészet és az agar-mátrix térbeli elkülönítése végett az agar-agar felületére szemipermeabilis hártó (celofán) helyeztünk, ami a micélium akadálytalan növekedését és a tápanyag felvételt is biztosította. A micéliumokkal benőtt celofán eltávolítása után a minták légszáraz állapotig száradtak, majd a celofán felületéről lekapart micéliumport helyeztük az ATR mintatartó egykristályára. Napi gyakorisággal, egy héten keresztül mintáztuk az azonos időpontban oltott micélium tenyészet készletet. 1-1,5 óra száradás után egymást követően három spektrumot vettünk fel azonos háttér és változatlan minta pozíció mellett. Ezután a micéliumport tovább szárítottuk, s új háttér, valamint minta pozicionálással megismételtük az FT-IR spektrometriás vizsgálatot.

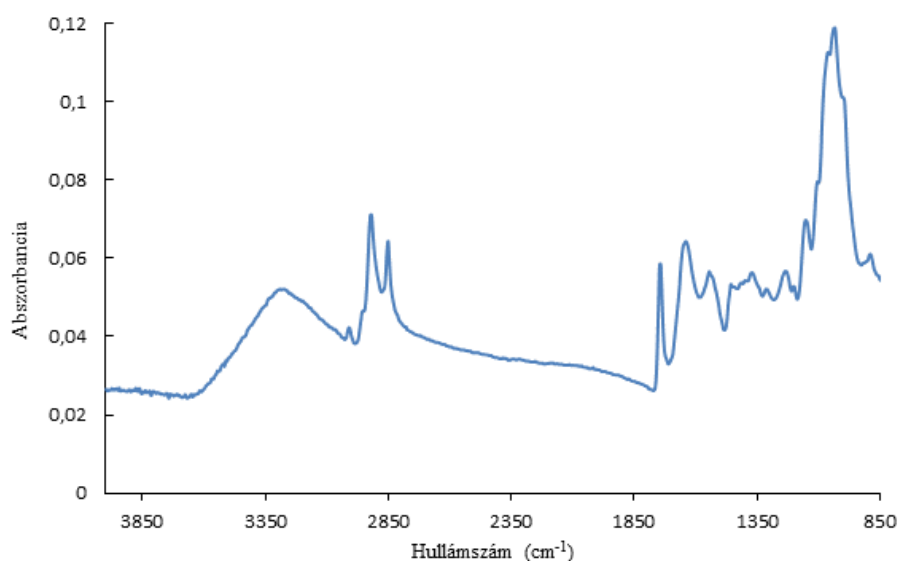
Spektrum adatelőkészítés és adatértékelés

A spektrumokon atmoszféra korrekciót alkalmaztunk (IRsolution, Manipulation 2). Ily módon a levegő pára és szén-dioxid tartalmai által előidézett fényelnyelési csúcsok utólagosan eltávolíthatóvá váltak. A spektrumokat 5 cm^{-1} értékűekre simítottuk, majd $670\text{-}2000\text{ cm}^{-1}$ hullámszám tartományra parabolikus trendmentesítést, illetve $840\text{-}1485\text{ cm}^{-1}$ tartományra SNV (standard normal variate) transzformációt hajtottunk végre.

A micélium tenyészetek IR spektrumainak értékeléséhez főkomponens-elemzést (PCA) és lineáris diszkriminancia analízist (LDA) alkalmaztunk. A leszűkített tartományú simított, trendmentesített és SNV transzformált spektrumok képezték a PCA és LDA értékelések input mátrixát.

Vizsgálati eredmények és értékelésük

A micélium genetikailag meghatározott fehérjéinek és az egyéb kémiai összetevőknek az anyagi minőségei és mennyiségei leképződnek az FT-IR spektrumban. Az 1. ábra egy jellegzetes fitoftóra FT-IR spektrumot mutat, ahol a karakterisztikus, adott hullámszámú fényelnyelési csúcsok a micélium kémiai összetevőitől: fehérjétől, lipidektől és szénhidrátoktól erednek. A spektrumokon az $2800\text{-}2990\text{ cm}^{-1}$ hullámszám tartományban megjelenő csúcs a C–H vegyértékrezgéshez, az 1740 cm^{-1} -nél pedig a C=O vegyértékrezgéshez rendelhető. A fehérjék jellegzetes abszorpciós sávjai $1625\text{-}1695\text{ cm}^{-1}$ -nél (amid I) és $1525\text{-}1560\text{ cm}^{-1}$ -nél (amid II) láthatók. A $970\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$ hullámszám tartományban megfigyelhető csúcs a szénhidrátok C–O vegyérték rezgési átmeneteinek az eredménye (1. táblázat).



1. ábra: *Phytophthora taxon raspberry* FT-IR spektruma

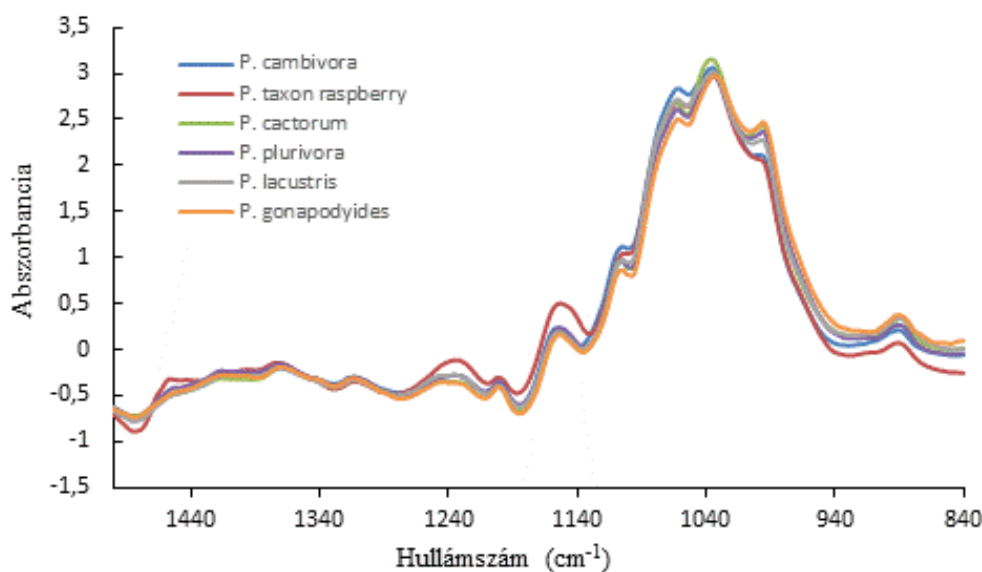
A 2. ábra a különböző gombatenyészetek simított és SNV transzformált spektrumait szemlélteti. A minták FT-IR spektrumai közötti szignifikáns eltérések visszatükrözik a fajok (változatok) kémiai összetételének eltéréseit. Így az FT-IR spektrum áttételesen a micélium tenyészet genetikai sajátosságairól nyújt tájékoztatást.

Az FT-IR spektrumok sokváltozós értékelésével a különböző micélium tenyészetek fajspecifikusan osztályokba sorolhatók. Az adatelőkészítési eljárásokat követően a spektrumokon főkomponens-elemzést (PCA) hajtottunk végre. A PCA felbontással előállított főkomponensek információt szolgáltatnak az adathalmaz teljes varianciájáról és az egyes főkomponensek részvarianciáiról. Az adathalmaz hasznos információtartalmát meghatározó főkomponens számot az MCD (mean coefficients of determination) mátrix-skalár függvény

indikátorral határoztuk meg (NÉMETH és RÁKOSA 2018). A tenyészetek faji besorolását kifejező fontos főkomponensek száma 6-nak adódott, amelyek a teljes varianciának több mint 96%-át magyarázzák (2. táblázat). Ennek köszönhetően kellő mértékűre csökkenthető a dimenziószám, ami az adatkezelést és értékelést jelentősen egyszerűsíti.

1. táblázat: Gomba-minták karakterisztikus IR fényelnyelési sávjai (LECELLIER et al. 2014) (v_s :szimmetrikus vegyértékrezgés, v_{as} :aszimmetrikus vegyértékrezgés, δ : ollózó deformációs rezgés)

Hullámszám (cm ⁻¹)	Kötés	Rezgési mód	Vegyülettípus
3500-3200	O – H	v_s, v_{as}	Víz
3200-2800	C – H	v_s, v_{as}	Lipidek
	N – H	v_s	Fehérjék
1780-1700	C = O	v_s	Zsírsavak
1695-1625	C = O, C – N	v_s	Fehérjék (amid I)
	N – H	δ	
1560-1525	C – N	v_s	Fehérjék (amid II)
	N – H	δ	
1480-1400	C – H	δ	Lipidek
	C = O	v_{as}	
1200-900	C – O – C	v_s	Szénhidrátok
900-700	C – H	δ	Aromás csoportok



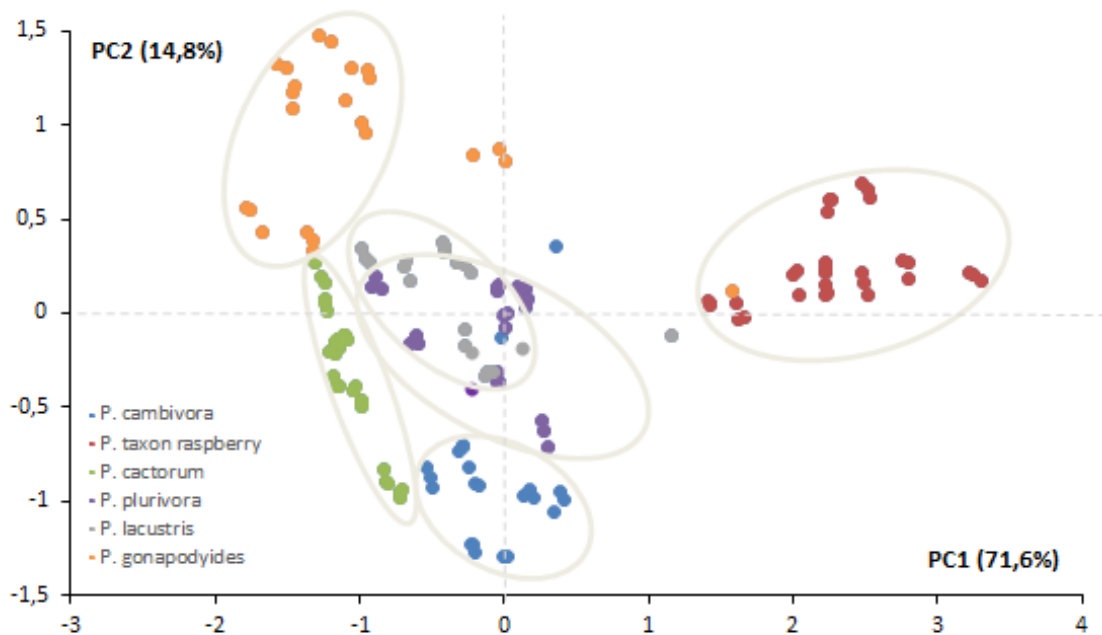
2. ábra: Fitofóra tenyészetek transzformált átlag spektrumai

2. táblázat: A determinisztikus főkomponensek és a hozzájuk tartozó variancia

Főkomponensek	1	2	3	4	5	6	Σ
Magyarázott variancia (%)	71,62	14,77	6,09	1,89	1,23	1,03	96,63

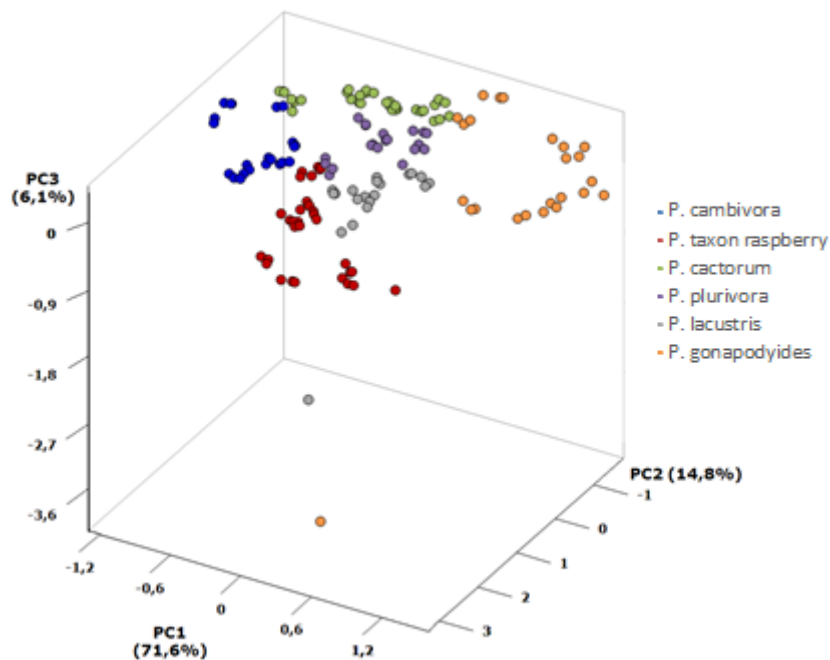
A determinisztikus főkomponensek tere felhasználható csoportelemzésre. Ennek kétdimenziós alterei az ún. „score plot” ábrák, amelyek betekintést engednek a minták térbeli csoportosulásaiba. Az egyes főkomponens vektorok egymással való korrelátatásaival előállított score plot ábrákon megjelennek a micélium tenyészetek többdimenziós, főkomponens-térbeli csoportosulásainak síkbeli vetületei, ahol az egyes mintákat pontok jelképezik.

A minták közötti hasonlóságokat illetve különbözőségeket az egymáshoz viszonyított távolságok fejezik ki.



3. ábra: Gomba spektrumok főkomponens analízisének 2D „score plot”-ja

Már a kétdimenziós, kisebb magyarázott varianciájú *score plot* ábrán (3. ábra) is érzékelhető az eltérő törzsu mintáknak a síkbeli elkülönülése. A *P. plurivora* és *P. lacustris* csoportok azonban átfedik egymást. A *score plot*-ok információ-feltáró képessége korlátos, ami a főkomponensek összegzett részvarianciájának függvénye. Minél több főkomponensre vonatkozik a csoportelemzés, annál nagyobb a valószínűsége a körvonalazódó csoportok létezésének. A háromdimenziós főkomponens térben (4. ábra) már a *P. plurivora* és *P. lacustris* csoportok is elkülönülnek egymástól.



4. ábra: Gomba spektrumok PCA felbontásának háromdimenziós főkomponens ábrája

A minták számszerűsíthető elkülönítésére a determinisztikus főkomponensek által meghatározott dimenzióterre lineáris diszkriminancia analízist (PCA-LDA) hajtottunk végre, mely a Mahalanobis-féle távolságok alapján sorolja csoportokba az egyes mintákat. Az első két főkomponens koordináta-rendszerére redukálódó LDA elemzés a *P. lacustris* minták közül hármat a *P. plurivora* osztályba sorolt, a *P. plurivora* minták osztályozása megfelelő volt. Az LDA a 48 mintából mindössze 3-at sorolt be másik csoportba, ami 93,75%-os megbízhatóságot jelent. Három főkomponens bevonásával az összes minta kategorizálása sikeres volt, így diszkriminancia-analízissel teljes mértékben elkülöníthető volt a két osztály egymástól.

Összefoglalás

A micélium-porminták FT-IR spektrumai visszatükrözik a micélium genetikailag meghatározott kémiai összetevőinek minőségét és mennyiségét. A primér spektrumokon alkalmazott adatelőkészítés biztosította a spektrumok rejtett információtartalmának a feltárását. A kidolgozott vizsgálati eljárás alkalmas a különböző micélium-tenyészetek fajspecifikus elkülönítésére. A PCA főkomponensek *score plot* ábrái alapján megállapítható az elkülönülés az egyes csoportok között és ez a diszkriminancia-analízissel számszerűsíthető. Az FT-IR-ATR spektrometriás eljárás genetikai vizsgálatoknak potenciális kiegészítő protokolljává válhat.

Köszönetnyilvánítás: A kutató munka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Széchenyi 2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- LECELLIER, A. – MOUNIER, J. – GAYDOU, V. – CASTREC, L. – BARBIER, G. – ABLAIN, W. – MANFAIT, M. – TOUBAS, D. – SOCKALINGUM, G.D. (2014): Differentiation and identification of filamentous fungi by high-throughput FTIR spectroscopic analysis of mycelia. *International Journal of Food Microbiology* 168–169. 32–41.
- MOVASAGHI, Z. – REHMAN, S. – REHMAN, I. (2008): Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy of biological tissues. *Applied Spectroscopy Reviews* 43. 134–179.
- NÉMETH Z. I. – RÁKOSA R. (2018): Detectability of concentration-dependent factors by application of PCA. An indicator curve for the determination of important principal components and a post-correction for transformation of principal components to factors. *Journal of Chemometrics* 32 (4), e2998, ISSN: 1099-128X. DOI: 10.1002/cem.2998.
- OBERLE, J. – DIGHTON, J. – ARBUCKLE-KEIL, G. (2015): Comparison of methodologies for separation of fungal isolates using Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy and Fourier transform infrared attenuated total reflectance (FTIR-ATR) microspectroscopy. *Fungal biology* 119. 1100–1114.
- O'BRIEN, P. A. – WILLIAMS, N. – HARDY, G. E. StJ. (2009): Detecting *Phytophthora*. *Critical Reviews in Microbiology* 35(3) 169–181.
- SALMAN, A. – LAPIDOT, I. – POMERANTZ, A. – TSROR, L. – SHUFAN, E. – MOREH, R. – MORDECHAI, S. – HULEIHEL, M. (2012): Identification of fungal phytopathogens using Fourier transform infrared-attenuated total reflection spectroscopy and advanced statistical methods. *J. Biomed. Opt.* 17. 017002.
- SZABÓ I. – LAKATOS F. – SIPOS GY. (2013): Occurrence of soilborne *Phytophthora* species in declining broadleaved forests in Hungary. *European Journal of Plant Pathology* 137. 159–168.

A KITETTSÉG NAPI HŐMÉRSÉKLET MENETRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK SZÁMSZERŰSÍTÉSE A HARKAI KÚPON

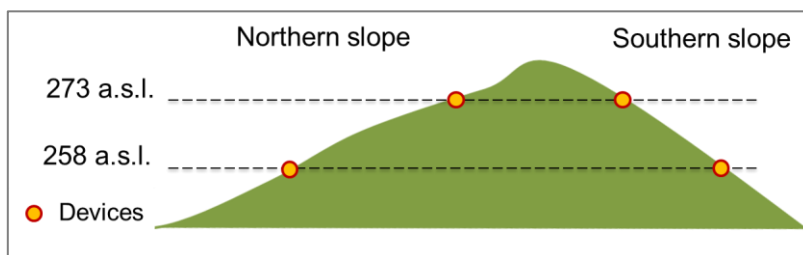
STOFA KRISZTIÁN – VIRÁG SZABOLCSNÉ – GÁLOS BORBÁLA
Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet
galos.borbala@uni-sopron.hu

Bevezetés

A domborzat lokális léptékben jelentős éghajlat alakító tényező lehet. Esettanulmányunk célja volt, hogy számszerűsítsük egy erdőszült domb mikroklimatikus viszonyait. Első lépésként a kitettség napi hőmérséklet menetre gyakorolt hatását vizsgáltuk a Harkai kúpon (STOFA *et al.* 2018).

Adat és módszer

Mobil hőmérséklet- és relatív páratartalom mérő szenzorokat telepítettünk a Harkai kúp északi és déli lejtőjén (oldalanként egyet a domb tetejére, kettőt a domb aljára), egy-egy fa törzsére erősítve, megközelítőleg 120 centiméteres magasságban, szabványos árnyalóval el látva. Az adatgyűjtő párok a kúp északi és déli oldalán 258 m és 273 m magasságban helyezkednek el (1. ábra, 1. táblázat). A hőmérséklet és páratartalom mérésére a Voltcraft DL-121TH típusú USB adatgyűjtőt választottuk. A 10 perces sűrűséggel gyűjtött adatokat rendezés, válogatás, korrigálás után értékeltük a tavasszal, lombtalan állapotban, valamint a vegetációs időszakban, lombos állapotban. A Harkai kúp a Soproni-hegységtől jól elkülönül, ezáltal a hegység a mérési eredményeket közvetlenül nem befolyásolja.



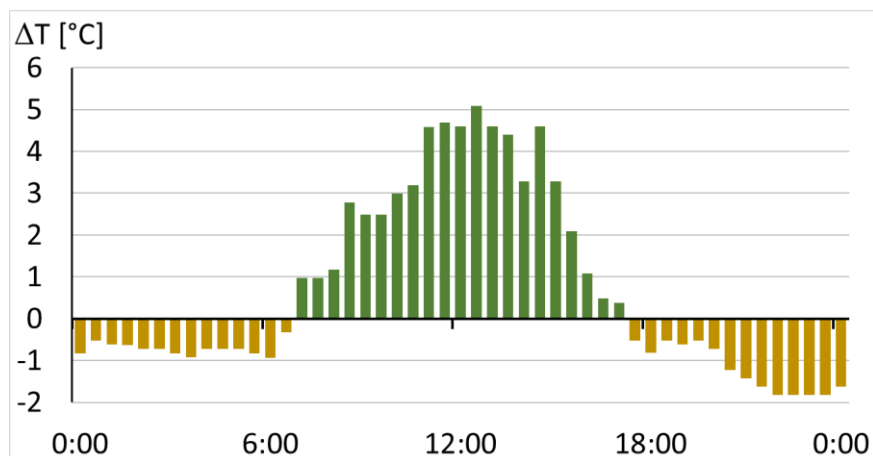
1. ábra. A mobil eszközök elhelyezkedése a domb északi és déli lejtőjén.

1. táblázat: A kihelyezett mobil eszközök földrajzi koordinátái

Helyszín	Földrajzi szélesség	Földrajzi hosszúság
Észak láb	47°38'47.92"É	16°36'16.12"K
Észak tető	47°38'46.28"É	16°36'16.56"K
Dél tető	47°38'43.03"É	16°36'15.48"K
Dél láb	47°38'42.28"É	16°36'16.16"K

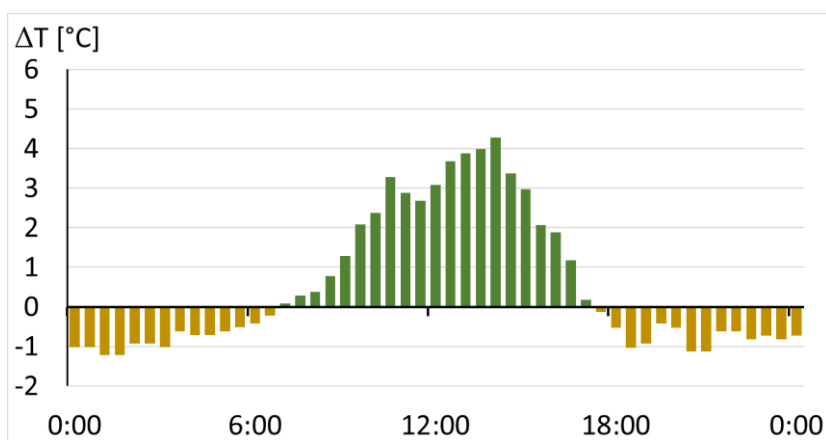
Eredmények

Előzetes eredményeik alapján lombtalan állapotban (április), egy tipikus napon, amikor nem volt olyan meteorológiai jelenség (pl.: csapadék, erős szél, erős felhőborítottság stb.), amely számottevően befolyásolhatta volna a hőmérséklet alakulását, napközben a várt eredményeket kaptuk. A déli oldalon a nagyobb lejtés miatt jelentkező erősebb besugárzás következtében erőteljesebb a felmelegedés, a legmelegebb órákban a két oldal közti eltérés elérheti az 5 °C-ot (2. ábra). Az éjszakai órákban viszont a déli oldal hűl le jobban, mint az északi oldal. Ekkor az a hőmérséklet különbség a két oldal között 1-2 °C.



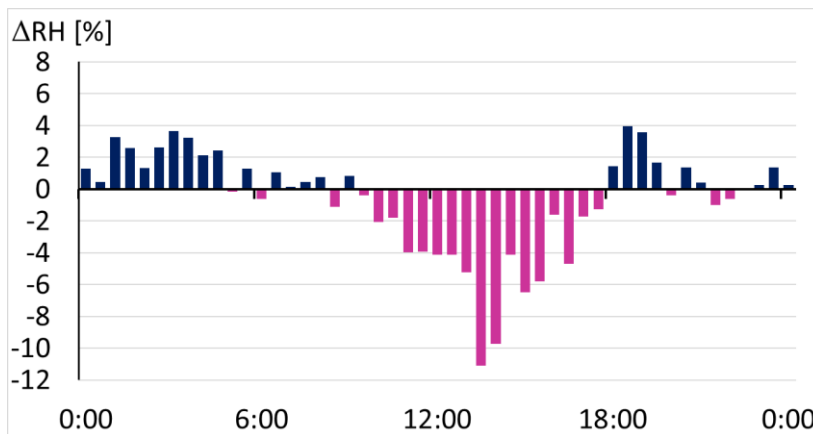
2. ábra. A déli és északi lejtő hőmérséklet különbségének (ΔT) napi menete egy tipikus csapadékmentes napon (2018.04.16), lombtalan állapotban

Lombos állapotban (május), egy tipikus napon, a déli és északi lejtő közti hőmérséklet különbség jellemzően kisebb, mint lombtalan állapotban, nappal és éjszaka egyaránt (3. ábra). A reggeli órákban a felmelegedés lassabban következik be, ami a lombkorona besugárzás-csökkentő hatásának köszönhető. A lombkorona hatása napnyugtakor is megfigyelhető: a lombkorona nem csak a felmelegedést lassítja, hanem a talaj által kisugárzott hőmennyiséget is visszatartja. Így a talajfelszín közeli levegő lassabban hűl le, mint lombtalan állapotban. Várakozásainkkal ellentétben a vegetációs időszakban is éjjel az északi lejtő volt a melegebb a teljes vizsgálati időszakban.



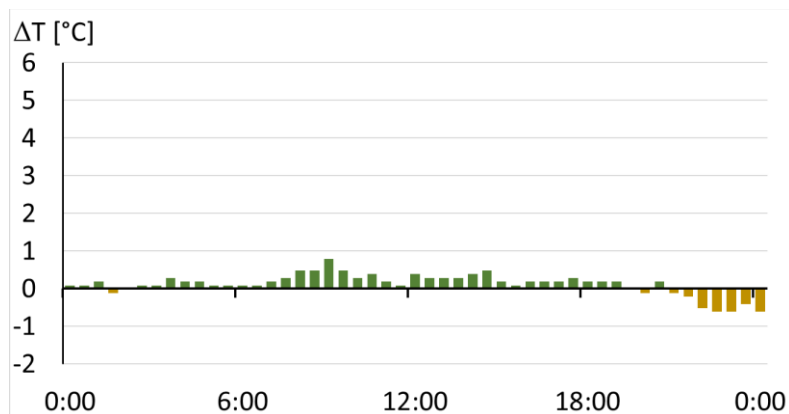
3. ábra. A déli és északi lejtő hőmérséklet különbségének (ΔT) napi menete egy tipikus csapadékmentes napon (2018.08.15.), lombos állapotban

A jelenség részben a két oldal közti relatív légnedvesség különbséggel magyarázható (4. ábra), de az összefüggések feltárása további részletes vizsgálatot igényel.



4. ábra. A déli és északi lejtő relatív légnedvesség különbségének (ΔRH) napi menete egy tipikus csapadékmentes napon (2018.08.15.), lombos állapotban

Egy tipikus esős napon a két oldal közti hőmérséklet különbség jelentősen csökkent, a vegetációs és a nyugalmi időszakban, valamint nappal és éjszaka egyaránt (5. ábra). Értéke egész nap jellemzően $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt maradt.



5. ábra. A déli és északi lejtő hőmérséklet különbségének (ΔT) napi menete egy tipikus csapadékos napon (2019.09.04.), lombos állapotban

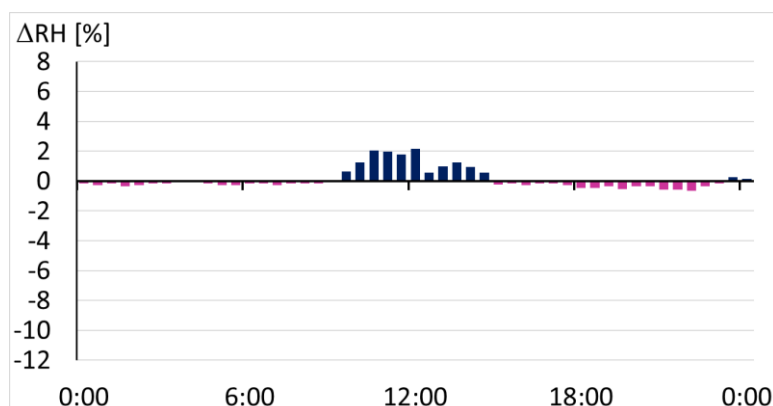
A relatív légnedvesség különbség napi menete összhangban van az 5. ábrán látható hőmérséklet különbség értékekkel. A csapadék érkezése a szél átkeverő hatásával együttesen kiegyenlítette az északi és déli lejtő közt tapasztalt eltéréseket.

Az eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

Az előzetesen felállított hipotéziseink beigazolódtak, miszerint eltérés tapasztalható az északi és déli kitétségű lejtő hőmérséklet és légnedvesség viszonyai között, valamint az erdő lombkoronája befolyásolja a nappali felmelegedés és lehűlés sebességét. A déli oldalon tapasztalható nagyobb napi hőingás magyarázata részletesebb és komplexebb vizsgálatokat igényel, ezért a munka a mérési pontok besűrítésével és több meteorológiai paraméter elemzésével fog folytatódni.

A domb teteje és lába között a tengerszint feletti magasság különbség nem jelentős (15 m), ezért nem tudtuk kimutatni, hogy a magassággal változik-e az északi és déli lejtők közötti hőmérséklet különbség.

Esettanulmányunk módszertana és eredményei alapját jelenthetik az agrárerdészeti ökoszisztémák mikroklimatikus hatásainak és ökológiai potenciáljának számszerűsítését célzó kutatásoknak.



6. ábra. A déli és északi lejtő relatív légnedvesség különbségének (ΔRH) napi menete egy tipikus csapadékos napon (2018.09.04.), lombos állapotban

Köszönetnyilvánítás: A kutatás az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 Agrárerdészet projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

STOFA K. – VIRÁG SZ. R. – GÁLOS B. (2018): The diurnal temperature cycle of a forested hill – is the influence of the relative humidity the predominant factor? Catchment and river processes in regional hydrology: field experiments and modelling in Carpathian basins. International conference, 12 November 2018. Vienna

RED II – A GENERÁCIÓK TALÁLKOZÁSA

SZALAY DÓRA

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet
szalay.dora@uni-sopron.hu

Bevezetés

Napjainkban a legmeghatározóbb energiaforrás a kőolaj, amely a közlekedés energiaigényének kielégítésében mintegy 94%-ban vesz részt [EAFO, 2018]. Az utóbbi években történő nagymértékű felhasználással a sok évvel ezelőtt lekötött szén felszabadult, ezzel a légkör szén-dioxid koncentrációja az iparosodás előtti 300 ppm-ről napjainkra tartósan 400 ppm fölé emelkedett. Az éghajlatváltozás megfékezésében a biohajtóanyagoknak kiemelt jelentősége lesz a jövőben, hiszen fosszilis tüzelőanyagokkal előállított keveréke kompatibilis a meglévő hajtóanyag-infrastruktúrával. Hátrányuk azonban, hogy a kereskedelmi forgalomban jelenleg kapható biohajtóanyagok többsége élelmiszer növényre alapozott, ezáltal túlzott alkalmazásuk élelmiszerkonfliktus kialakulásához vezet. Becslések szerint 2016-ban az EU biohajtóanyag igényének kielégítéséhez 4,9 Mha-on történt növénytermesztés. Ennek 73%-a az EU-n belül, míg a fennmaradó 26%-a harmadik országokban valósult meg [EC REPORT, 2019].

Az Európai Unió biohajtóanyag politikájának fejlődése mintegy 10 évre tekint vissza. 2009. április 6-án fogadta el az Európai Tanács az EU Energiaügyi és éghajlat-változási cso-

magját (*CCP EU Energy and Climate Change Package*), amely a közlekedési ágazat legalább 10%-os megújuló energia részesedését irányozta elő. Ez a részarány a 2009/28/EK Megújuló Energia Irányelv (*RED Renewable Energy Directive*) alapján kötelező érvényű minden EU tagállam számára 2020-ra. Ugyanebben az évben jelent meg a benzinre, a dízelolajra és a gázolajra fenntarthatósági kritériumokat megfogalmazó 2009/30/EK irányelv. A kritériumok közé tartozik, hogy a biohajtóanyag használata életciklusra vetítve legalább 35%-os ÜHG kibocsátás megtakarítást jelentsen a referencia fosszilis tüzelőanyagokhoz képest. Ez az érték lépcsőzetesen szigorodik és 2018 után 60%-os megtakarítást kell elérni. További előírás, hogy a biohajtóanyagok alapanyagait nem lehet a biológiai sokféleség szempontjából nagy értéket képviselő földterületekről előállítani. Ez hulladékot vagy mellékterméket feldolgozó technológiák megvalósítását ösztönözi. Az így előállított biohajtóanyagok hozzájárulását kétszeresen kell figyelembe venni a 2020-ra kitűzött biohajtóanyag részarány teljesítésében.

A döntéshozók felismerve a biohajtóanyag alapanyagok és az élelmiszernövények termesztésének klímaváltozással fokozódó ellátási problémáit, életbe léptették a 2015/1513 Földhasználat közvetett megváltoztatása elnevezésű irányelvet (ILUC Indirect Land Use Change). Az irányelv szerint a termőföldön termesztett élelmiszernövényekből nyert biohajtóanyagok legfeljebb 7%-át képezhetik a 2020-ra elérendő 10%-os biohajtóanyag részaránynak. Ez különös jelentőséggel bír, hiszen a bioüzemanyag alapanyagának termesztésére szánt terület teljes mennyiségét tekintve az EU-ban 3,1% -ot tett ki 2016-ban. De a közvetett földhasználat változásnak a károsanyag kibocsátásban is komoly szerepe van. A 2018/841 Európai Parlament és a Tanács rendelete alapján 2030-ig uniós szinten 30, Magyarországnak pedig 7 százalékkal kell csökkentenie a károsanyag kibocsátást a 2005-ös szinthez képest. Az EU-ban a bioüzemanyagok felhasználásából származó teljes kibocsátás-megtakarítás 2016-ban 33,2 Mt CO₂eq volt. Figyelembe véve az ILUC-kibocsátásokat, ez a magas érték valójában csak közel harmada, 11,8 Mt.

Magyarországon a 279/2017 (IX. 22.) Korm. rendelet határozza meg a jelenleg hatályos kötelező bioüzemanyag-részarány mértékét, számításakor a tárgyévben forgalomba hozott motorbenzin és dízelgázolaj energiatartalomban meghatározott együttes mennyiségét kell alapul venni.

- a 2017. szeptember 1. és 2018. december 31. közötti időszakban 4,9%,
- a 2019. január 1. és 2020. december 31. közötti időszakban 6,4%.

Emellett megadja azon alapanyagok és üzemanyagok listáját, melyek kétszeres energiaértéken számíthatók be. A korábban alkalmazott bioüzemanyagok jövedéki adókedvezménye 2011-ben szűnt meg.

Megújuló Energia Irányelv II (RED II)

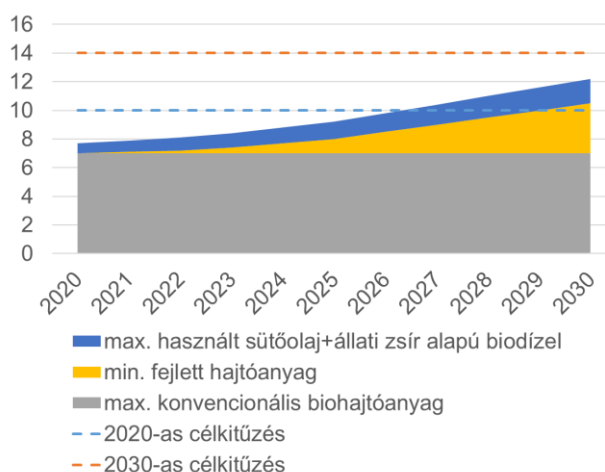
A legújabb célértékeket előíró Európai Uniós irányelv a RED II (Renewable Energy Directive II, (EU 2018/2001) 2019 év elején került véglegesítésre. Az új keret 14%-os megújuló részarányt tűzött ki célul 2030-ra az EU tagállamai részére a közúti és vasúti közlekedés energiafelhasználásában. Ezen belül további alcélokat fogalmaz meg a fejlett hajtóanyagok elérendő részarányára vonatkozóan, amely a jogszabály IX. mellékletének „A” részében meghatározott, főképpen melléktermékeket, hulladékokat felsoroló alapanyagokból állítható csupán elő. A célértékek az alábbiak:

- 2022-re legalább 0,2%,
- 2025-re legalább 1%,
- 2030-ra legalább 3,5%.

Az előállított fejlett cseppfolyós biohajtóanyagok energiatartalma az elszámolás során dupla szorzóval kerülnek regisztrálásra. A megújuló alapú villamosenergia hozzájárulását a közúti közlekedésben 4-szeres szorzóval, a vasúti közlekedésben 1,5-szörös szorzóval kell

figyelembe venni. A jogszabály IX. Mellékletének „B” részében található alapanyagokból - mint a használt sütőolaj és állati zsírok - előállított biohajtóanyagok energiamennyiségét 2030-ra 1,7%-ban maximalizálja, energiatartalmuk a 14%-os célkitűzésben duplán kerül beszámításra.

Az élelmiszer- és takarmánynövényekből előállított biohajtóanyagok hozzájárulása az egyes tagállamok közötti és a vasúti közlekedésének energiafelhasználásához a 2020-as felhasználási szint fölött 1%-kal kerülnek befagyaszításra, maximum 7%-os határértéket meghatározva. Tekintettel a fenntartható és a konvencionális biohajtóanyagok 7%-ban megállapított felső határára, a fejlett alternatív üzemanyagok esetében alkalmazott implicit cél 7%, de a kettős elszámolási rendelkezések miatt a tényleges nagysága valószínűleg jelentősen alacsonyabb lesz. A RED II biohajtóanyagokra vonatkozó célkitűzéseinek összesített diagrammja az 1. ábrán kerül bemutatásra.



11. ábra: RED II biohajtóanyagokra vonatkozó fő célkitűzései

Az irányelv előírja továbbá, hogy jelentős közvetett földhasználatváltozási kockázatot jelentő alapanyagból előállított üzemanyagokat a 2019-es fogyasztási szinten kell befagyasztani majd 2023. december 31-től 2030-ig fokozatosan 0%-ra kell csökkenteni, kivéve, ha azokat újraértékelik és tanúsítják kicsi kockázatát. A magas ILUC-kockázatú alapanyag meghatározására vonatkozó kritériumokat, valamint az alacsony ILUC-kockázatú bioüzemanyagok, folyékony bio-energiahordozók és biomassza-üzemanyagok tanúsítása a RED II kiegészítéseként 2019 márciusában közzétett, a Bizottság által elfogadott C(2019) 2055 rendeletben kerül meghatározásra.

Vizsgálati anyag és módszer

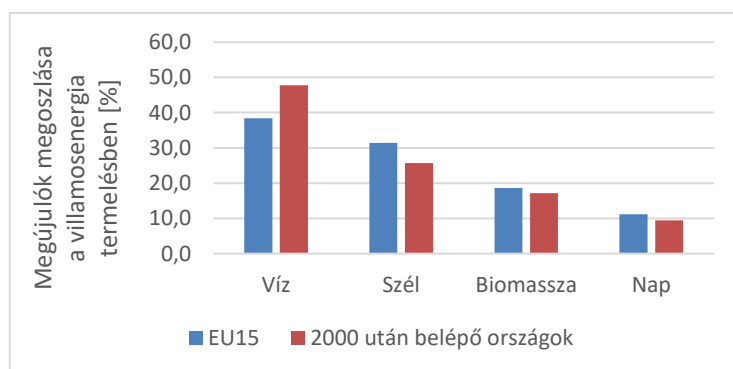
Magyarországon a biohajtóanyagokra vonatkozó első jogszabályok a 2000-es években láttak napvilágot. A jogszabályi háttér vizsgálatával elemeztük a biohajtóanyagokra vonatkozó előírások fejlődését, majd ezek segítségével lehetőség van a 2030-ig tartó időszak biohajtóanyag ellátás fenntarthatóságának vizsgálatára. A kutatómunka során statisztikai adatok segítségével értékeltük az EU legdinamikusabban fejlődő közúti gépkocsi meghajtási rendszerét 2017-ig, majd a jogszabályi előírásoknak megfelelően kivetítettük 2030-ig.

Vizsgálati eredmények

A bemutatott célkitűzések komoly kihívás elé állítják az EU tagállamait az elkövetkezendő évtizedben. Amellett, hogy a közlekedés energiaigénye folyamatosan emelkedik, a 2020-as évet követően a megújuló hajtóanyagok részarányát úgy kell növelni, hogy a konvencionális biohajtóanyagok elszámolható mennyisége korlátozott. Sőt a magas ILUC kockázatot jelentő alapanyagból történő biohajtóanyag felhasználást fokozatosan 0%-ra kell csökkenteni

2030-ig. Az utóbbi jelentősége a biohajtóanyag piacon különösen nagy, hiszen a kőolaj termékek után a legnagyobb arányban a biodízel vesz részt az EU közúti közlekedésében, amelynek mintegy negyede magas ILUC kockázatot jelentő alapanyagból kerül előállításra. Összességében 19,6%-a Indonéziából (13,3%) és Malajziából (6,3%) származó pálmaolajból, valamint 4,3%-a az Egyesült Államokból (1,5%) és Braziliából (1,5%) származó szójababból [EC REPORT, 2019]. Ezzel a közlekedés egy új korszaka következik el, amikor is a konvencionális biohajtóanyagok mellett olyan új forrásból szükséges a biohajtóanyagok alapanyagát biztosítani, amely kerüli az élelmiszerkonfliktust, amellyel, hogy előállítása helyben megvalósítható. A jövőben a második generációs cseppfolyós hajtóanyagok mellett az elektromos járművek elterjedését feltételezik.

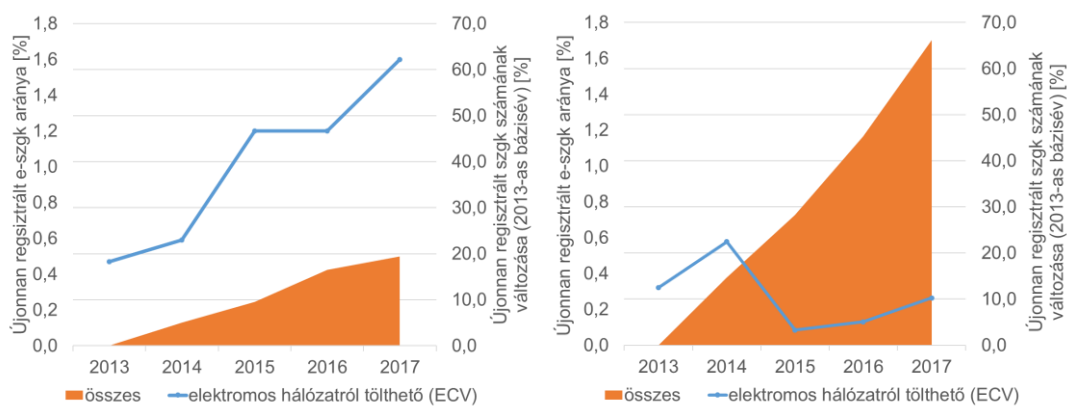
A lignocellulóz hajtóanyagok kereskedelmi méretű gyártási technológiái még nem állnak készen arra, hogy gazdaságos működés mellett széles körben segítsék a megújuló hajtóanyagokra vonatkozó célok elérését. A jelenleg működő fejlett cseppfolyós hajtóanyagokat előállító üzemek elsősorban az EU nyugati tagállamaiban működnek. A 2000-es évek után csatlakozó országokban főképpen a konvencionális hajtóanyagok előállítása a meghatározó. A közeljövőben a közlekedés növekvő energiaigényének kielégítése az alacsonyabb beruházási igényből adódóan elsősorban a megújuló villamosenergia fokozott előállításában nyilvánulhat meg. A vízerőművi villamosenergia-termelés lehetőségei már napjainkban is fokozottan kiaknázott, ezért nehezen bővíthető. A szél- és napenergia hasznosítás utóbbi években történt intenzív kapacitásemelkedése ellenére elsősorban az ökológiai előnyökkel és viszonylag stabil rendelkezésre állással rendelkező biomassza decentralizált CHP erőművekben történő hasznosítása jelentheti a megoldást (2. ábra).



2. ábra: Megújuló energiaforrások megoszlása a villamosenergia termelésben 2016-ban (Adatok forrása: Bioenergy Europe, Statistical Report, 2018 Edition)

Az elektromos meghajtás felhasználásának bővítéséhez számos tagállam rendelkezik töltőállomás hálózatokra vonatkozó tervekkel. Terjedésük fő hátráltató tényezőjét az elektromos meghajtású gépjárművek magas beruházási költsége. Mégis ez a meghajtási forma az, amely a 2020-2030 közötti átmeneti időszakban komoly fejlődést futhat be a technológia rendelkezésre állásából adódóan. Ennek különösen a közúti közlekedésben lesz jelentősége, hiszen a közlekedés teljes energiafelhasználásának mintegy 82%-át alkotja. A kérdés az, hogy a 2000 után csatlakozó tagállamok vajon mennyire felkészültek a megváltozott helyzethez és mennyire képesek a különböző generációs hajtóanyagok és meghajtások együttes alkalmazására és fejlesztésére.

Ezek azok az országok, ahol rohamosan emelkedik az újonnan regisztrált gépjárművek száma. 2017-ben a 2013-as bázisához viszonyítva mint 60%-al volt magasabb. Ugyanez az érték még a 20%-ot sem éri el a nyugat-európai országokban, lásd 3. ábra. Ugyanakkor az elektromos meghajtású gépjárművek aránya jóval 1% alatt marad, szemben a nyugati országokkal (3. ábra).



3. ábra: AZ EU15-ben (balra) és a 2000 után belépő országokban (jobbra) újonnan regisztrált személygépkocsik számának emelkedése és az elektromos hálózatról tölthető személygépkocsik arányának változása (Adatok forrása: ACEA European Automobile Manufacturers' Association <https://www.acea.be/>)

Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

Az EU-tagállamok motorizációs rátája erősen változó, több a 2000-es évek után csatlakozó ország (pl. Románia 261 db/1000 fő, Magyarország 338 db/1000 fő) ebben a tekintetben jóval az EU átlaga alatt marad (505 db/1000 fő) [EUROSTAT, 2019]. Ennek következtében egy gyors fejlődés indult meg az elmúlt években a gépjármű értékesítési piacon [EUROSTAT, 2019]. Azonban az autópiacon fő hajtóerejét ezekben az országokban még mindig az importált használt autók teszik ki, amelyek száma 2011 óta folyamatosan nő. Ebből adódóan a gépkocsik átlagéletkora viszonylag magas, a Magyarországon 14,1 év volt 2017-ben [KSH, 2019].

Az elektromos meghajtás terjedését mindenképpen nehezíti a magas számú importált használt gépjármű beáramlása az országba, ugyanakkor egy lassú fejlődés várható a közeljövőben az előregedett gépjármű állomány cseréje során. Egy megfelelő támogatási rendszer létrehozása esetén viszonylag gyorsan bővíthető lenne az elektromos meghajtás a közúti közlekedésben.

Összefoglalás

A fent bemutatott áttekintő tanulmány a biohajtóanyag-gyártás jövőben várható alapanyag felhasználására vonatkozó megelőző vizsgálat volt. Az elkövetkező években tervezett biomassza alapú gazdaság létrehozása az alapanyagok egyre többféle hasznosítását vonja maga után. Ezért mindenképpen ismerni kell az arra vonatkozóan adatokat, hogy a közlekedés, mint az egyik leginkább energiaintenzív szektor milyen igényeket támaszt a biomassza alapanyagokra. Az élelmiszernövények hasznosításának korlátozása olyan egyéb biomassza források hasznosítását ösztönzi, mint a mezőgazdasági melléktermékek és a vágástéri apadék. Ugyanakkor cseppfolyós hajtóanyaggá történő átalakításuk technológiája még nem kiforrott, előállításuk költséges. Jó hatásfokkal működő CHP erőművekben történő tüzelésük már napjainkban is bevált módszer, így mindenképpen az elektromos meghajtás egy megvalósítható irányt mutat a konvencionális biohajtóanyagok alkalmazása mellett, még a jelenleg alacsonyabb számú elektromos meghajtású gépjárműparkkal rendelkező országokban is.

Köszönetnyilvánítás: A tanulmány/kutató munka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalomjegyzék

- ACEA European Automobile Manufacturers' Association (2018) <https://www.acea.be/>
- Bioenergy Europe (2019): Statistical Report 2018, Full Report
- EAFO European Alternative Fuels Observatory (2018): Alternative fuels for sustainable mobility in Europe <https://www.eafo.eu/alternative-fuels/overview>
- EC European Commission (2019): Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/report-progress-renewable-energy-april2019_en.pdf
- EUROSTAT (2019): Number of passenger cars per 1000 inhabitants, 2016 https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Passenger_cars_in_the_EU
- KSH Központi Statisztikai Hivatal (2019): *A személygépkocsi-állomány átlagos kora gyártmányok szerint (2002–)* http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ode002.html

Felhasznált jogszabályok

- AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2009/28/EK IRÁNYELVE (2009. április 23.) a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról, valamint a 2001/77/EK és a 2003/30/EK irányelv módosításáról és azt követő hatályon kívül helyezéséről
- AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2009/30/EK IRÁNYELVE (2009. április 23.) a benzinre, a dízelolajra és a gázolajra vonatkozó követelmények, illetőleg az üvegházhatású kibocsátott gázok mennyiségének nyomon követését és mérséklését célzó mechanizmus bevezetése tekintetében a 98/70/EK irányelv módosításáról, a belvízi hajókban felhasznált tüzelőanyagokra vonatkozó követelmények tekintetében az 1999/32/EK irányelv módosításáról, valamint a 93/12/EGK irányelv hatályon kívül helyezéséről
- AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS (EU) 2015/1513 IRÁNYELVE (2015. szeptember 9.) a benzin és a dízelüzemanyagok minőségéről szóló 98/70/EK irányelv és a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról szóló 2009/28/EK irányelv módosításáról
- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/841 rendelete (2018. május 30.) a földhasználat, a földhasználat-változtatáshoz és az erdőgazdálkodáshoz kapcsolódó üvegházhatásúgáz-kibocsátásnak és -elnyelésnek a 2030-ig tartó időszakra vonatkozó éghajlat- és energiapolitikai keretbe történő beillesztéséről, valamint az 525/2013/EU rendelet és az 529/2013/EU határozat módosításáról
- 279/2017. (IX. 22.) Korm. rendelet a bioüzemanyagok és folyékony bio-energiahordozók fenntarthatósági követelményeiről és igazolásáról
- 2018/2001 EU Irányelv- on the promotion of the use of energy from renewable sources
- C(2019)2005 High and low Indirect Land-Use Change (ILUC) - risks biofuels, bioliquids and biomass fuels

VÍZPÓTLÁSI RENDSZEREK HATÁSAI EGY SOMOGYI ERDŐTÖMBÖN BELÜL A VÍZFOLYÁS MENTI ZÓNÁK VÍZFORGALMÁRA

SZŐKE ELŐD – CSÁKI PÉTER – KALICZ PÉTER – ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA –
GRIBOVSZKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet
elod0324@gmail.com

Bevezetés

A klímaváltozás hatására az előrejelzések szerint hazánkban a következő ötven év során melegedés és szárazodás lesz megfigyelhető (BARTHOLY 2006; LÁNG – CSETE – JOLÁNKAI 2007; BARTHOLY – PONGRÁCZ – TORMA 2010). Ennek hatását az erdei ökoszisztémáinkban

hosszú távon fogjuk megérezni a fafaj-összetétel megváltozásán keresztül (FÜHRER – MAROSI – JAGODICS 2011). Ezen probléma felismerése már évtizedekkel ezelőtt megtörtént. Az első kísérletek az ilyen jellegű élőhelyek hosszútávon történő fenntartására és fejlesztésére a Körös völgyi (PUSKÁS 1999) valamint a Közép-Beregi sík (OLAJOS *et al.* 2009) példáján keresztül jó eredményekhez vezettek. Az előbbi pozitív vízmegtartó beavatkozásokra jó példa a Kaszói LIFE projekt, ahol a beavatkozások a közelmúltban már megtörténtek így a hatásukat vizsgálhatjuk. Az “Enyves éger (*Alnus glutinosa*) és a magas kőris (*Fraxinus excelsior*) alkotta ligeterdők (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*) helyreállítása és megőrzése Kaszói területén” néven futott KASZÓ-LIFE projekt 2013. szeptember elsején indult majd egy öt éves időszakot felölelve 2018. szeptember elsején záródott. A projekt fő feladata a Nyugat-Belső-Somogy kistáj területén lévő leromlott állapotú NATURA2000 területek kezelése és a korábban sérült élőhelyek rehabilitációja. Továbbá a szintén NATURA2000 területként jegyzett Szentai-erdő erdős, füves, lápos területei vízellátásának és csapadék visszatartó képességének javítása, ezzel biztosítva a kedvező ökológiai állapotok hosszabb távon történő fennmaradását. Az első jelentősebb beavatkozások 2014/2015 telén történtek meg, mely során figyelembe vették a területen található növényfajok vegetációs, valamint az állatfajok jellemző ökológiai sajátosságait. Ennek folyamán megtörtént a Bükk víztározó kialakítása, a Baláta-tó rekonstrukciója, a Kűvölgyi tórendszer kotrása, valamint két újabb tóval való bővítése. A vízvisszatartási képesség javítása érdekében a vízfolyásokba fenékbordákat telepítettek, melynek visszatartó képességét folyamatos odafigyeléssel vizsgálták, így javítva a terület vízellátottságát.

Vizsgálati anyag és módszertan

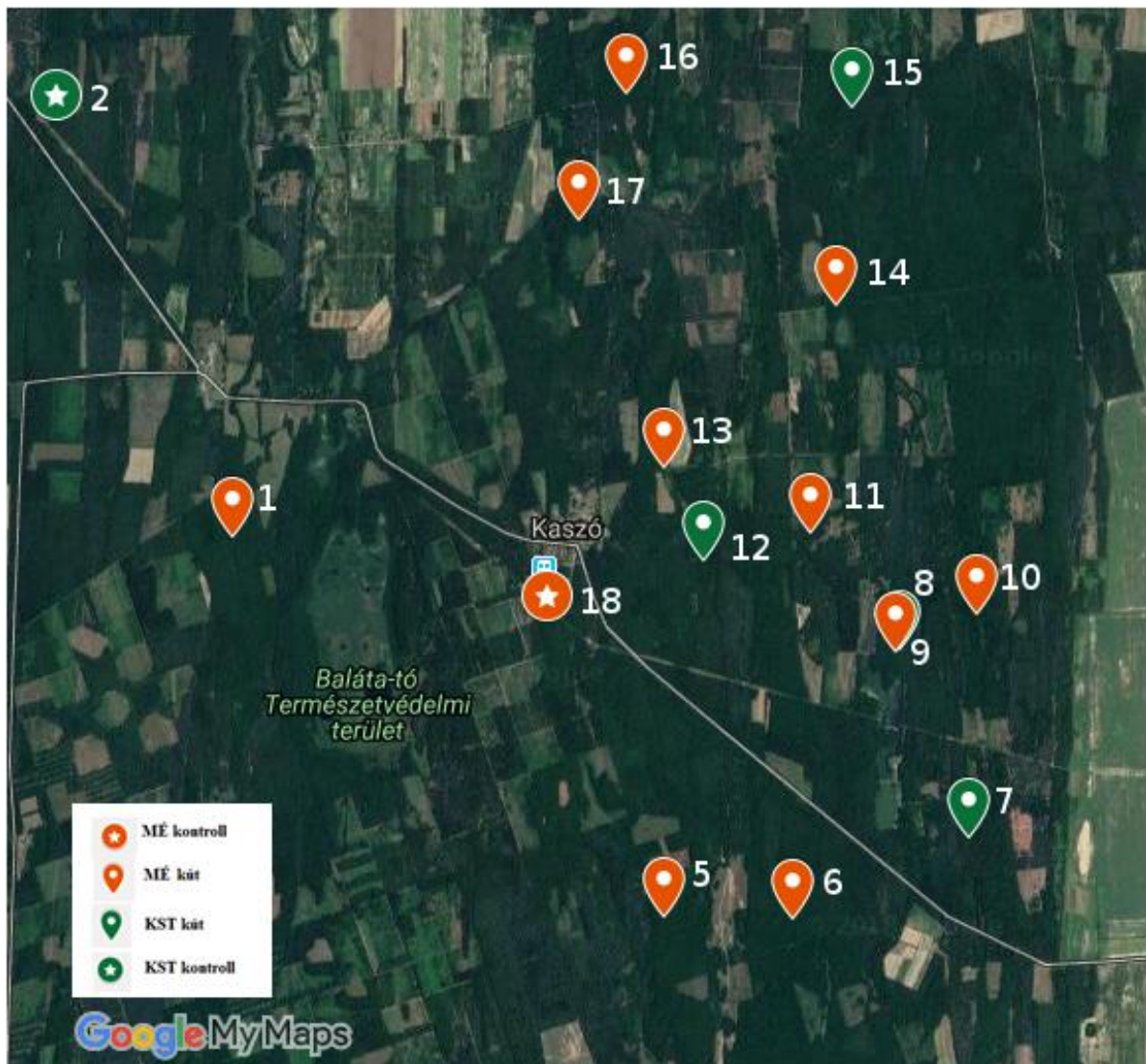
18 talajvízszint figyelő kút lett telepítve a területre, 14 normál és 4 kontrollkút (*1. ábra, 1. táblázat*). Kettő kontroll kút a többitől távolabb helyezkedik el, így azok nem kerültek feltűntetésre, a térképre. A kutak 5 méter mélységig nyúlnak le, keresztmetszetük 63 mm, anyaguk PVC, az alsó két méteren geotextillel borítottak. A szintadatok leolvasása a kútperemtől történt, melyet minden héten az aktuális kerülethez tartozó erdész végezte. Az így kapott adatokból a kútperem és a talajszint közötti távolságot mindig levonták, valamint a hiányzó adatokat átlagolással próbálták utólag pótolni. Ezen adat felvételezés kezdete 2014 májusában kezdődött, ennek köszönhetően egy folyamatos adatsort kaptunk, mely tartalmazta a beavatkozás előtti és az utáni állapotokat is.

Első vizsgálatként a kumulált talajvízállások regressziós analízisét végeztük el minden kútra, az adott fafajú erdőtömbhöz és átlagos talajvízmélységgel legjobban hasonló kontrollkút eredményeivel összevetve. Ehhez az adott kúthoz tartozó értékeket kumulált számsorral alakítottuk, majd ugyanezt elvégeztük a kontrollkút esetében is. Mivel a beavatkozások a második két hidrológiai évre jellemzőek, így ennél az időpontnál két részre osztottuk az adatsorunkat. A beavatkozás előtti és utáni időszakra vonatkozóan vizsgáltuk a trendek eltéréseit. Második típusú vizsgálatként térbeli és időbeli különbségképzést végeztünk a beavatkozások hatásainak vizsgálatára. A térbeli különbségképzés volt az első lépés, ahol a beavatkozással érintett és a kontroll kutak idősorainak különbségét képeztük. Az időbeli különbség az előbbi térbeli eltérés idősorok beavatkozás előtti és utáni két-két hidrológiai éves átlagainak különbségét jelentette a vegetációs időszakra vonatkozóan.

Vizsgálati eredmények

A kutak regressziós analízissel nyert adatait, ha egymással összevetjük, jól láthatóak az eltérések. A 18C-vel jelölt és a 2K kút esetén nem volt kimutatható pozitív hatás, tehát itt a beavatkozás ellenére tovább csökkent az átlagos talajvízszint. A többi kút esetében növekedés volt megfigyelhető. Legjelentősebb a 30J (*2. táblázat*) nevű kút volt, mely a Kűvölgyi tórendszer 4. számú tava közvetlen szomszédságában volt.

A táblázat alapján látszódik, hogy ugyan nem jelentősen, de kimutatható pozitív hatása volt a beavatkozásoknak. Második vizsgálati módszer alapján térbeli és időbeli különbségképzéssel elemeztük a beavatkozás hatását a vegetációs időszakban a kontroll kutak adataival összevetve (3. ábra).



12. ábra: A kutak elhelyezkedése

Az adatokat figyelembe véve az összes kútra nézve 24 cm-es átlagos talajvízszint emelkedés történt, a kontroll kutakhoz képest, ebbe beleérve a negatív értékeket is. Továbbá ahol ténylegesen volt hatás, ott nem ritka a 40-50 cm-es emelkedés. A 2. ábrán pirossal jeleztük azokat a kutakat, melyekre hatással lehetette a Kúvölgyi tavak megépítése.

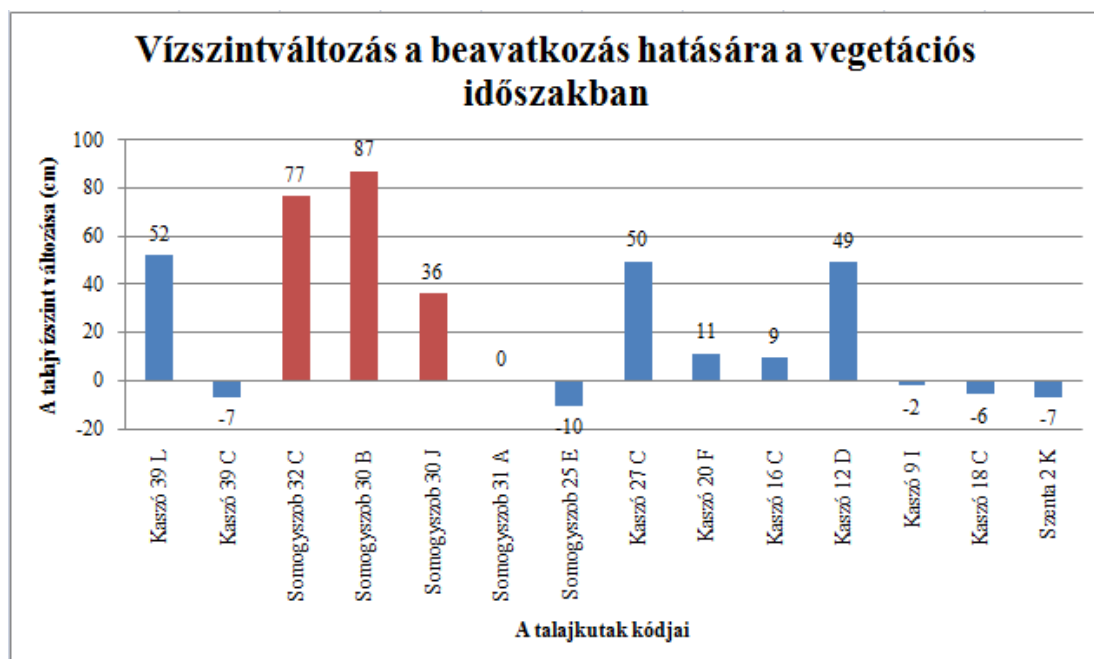
Összevetettük a kapott adatokat a talajvíz kutakhoz tartozó átlagos vízszint adatokkal is, így megkapva, hogy mely mélységű kutak esetén volt a legjelentősebb a változás (3. ábra). Két csoport volt megfigyelhető, a mézgás éger esetén mind a két kiugró értéknél a kúthoz közeli tavakhoz köthető a jelentős emelkedés.

1. táblázat: A kutak alapadatai

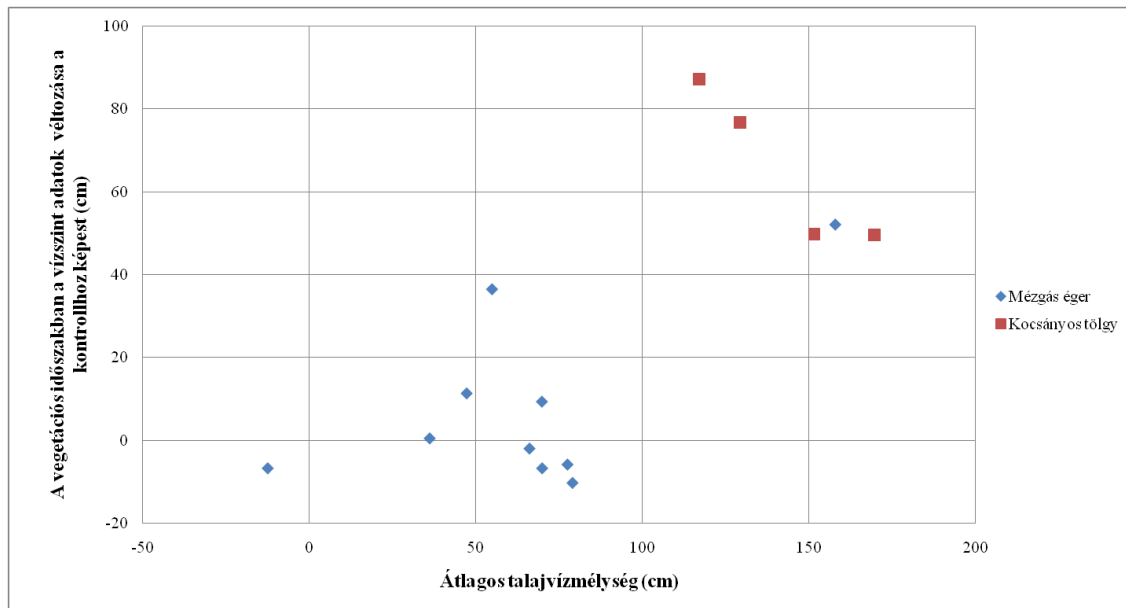
Erdőrészlet	Terület típusa	Uralkodó fafaj	Kor (év)	Sorszám (ld. 1. ábra)	Átlagos talajvíz-mélység (cm)
Szenta 46 B	Kontroll	Kocsányos tölgy	39	3.	241
Kaszó 1 S	Kontroll	Kocsányos tölgy	63	2.	338
Szenta 36 C	Kontroll	Mézgás éger	40	4.	208
Kaszó 38 J	Kontroll	Mézgás éger	53	18.	58
Kaszó 27 C	Vizsgálati terület	Kocsányos tölgy	30	12.	152
Somogyszob 30 B	Vizsgálati terület	Kocsányos tölgy	50	8.	117
Kaszó 12 D	Vizsgálati terület	Kocsányos tölgy	53	15.	170
Somogyszob 32 C	Vizsgálati terület	Kocsányos tölgy	71	7.	130
Somogyszob 25 E	Vizsgálati terület	Mézgás éger	19	11.	79
Somogyszob 31 A	Vizsgálati terület	Mézgás éger	21	10.	36
Kaszó 39 C	Vizsgálati terület	Mézgás éger	27	6.	-12
Kaszó 9 I	Vizsgálati terület	Mézgás éger	43	16.	67
Kaszó 16 C	Vizsgálati terület	Mézgás éger	47	14.	70
Kaszó 39 L	Vizsgálati terület	Mézgás éger	49	5.	158
Szenta 2 K	Vizsgálati terület	Mézgás éger	49	1.	70
Kaszó 20 F	Vizsgálati terület	Mézgás éger	50	13.	48
Somogyszob 30 J	Vizsgálati terület	Mézgás éger	50	9.	55
Kaszó 18 C	Vizsgálati terület	Mézgás éger	55	17.	78

2. táblázat: A regressziós analízis eredményei kutakra vonatkoztatva

	Szenta 2K	Kaszó 39L	S.Szob 32C	S.Szob 30B	S.Szob 30J	S.Szob 25E	Kaszó 27C	Kaszó 20F	Kaszó 16C	Kaszó 12D	Kaszó 9L	Kaszó 18C
Beav. előtt	1,07	0,93	0,40	0,62	1,32	1,43	0,67	0,91	1,36	0,82	1,17	1,30
Beav. után	1,15	0,66	0,38	0,42	0,71	1,30	0,64	0,74	1,00	0,66	1,06	1,38
Eltérés	-0,07	0,27	0,02	0,20	0,61	0,13	0,03	0,17	0,36	0,15	0,11	-0,08



2. ábra: Vízszintváltozás a beavatkozás hatására a vegetációs időszakban



3. ábra: A vegetációs időszakon belüli változás és az átlagos talajvízszint mélységének kapcsolata

Vizsgálati eredmények értékelése

Összegezve az eredményeket arra megállapításra jutottunk, hogy míg a tavak létesítése jelentősen kihat a környező kutakban észlelhető vízszintekre, addig a mederbordák esetében nem találtunk ilyen mértékben kimutatható hatást. Négy teljes hidrológiai évhez tartozó talajvízkút és meteorológiai adatsor állt rendelkezésre, az első két év után történt meg a beavatkozás, így annak hatásait tudtuk kutatni. Ehhez kutakat telepítettek meghatározott és reprezentatív pontokra, a kutakban minden héten megmérték a talajvízszint változását. Az így kapott adathalmazt kielemezve több módszert használva megvizsgáltuk a beavatkozás hatását a talajvízszintre és annak változásaira. Az így két részre bontott adatokat összevetve egyértelműen kijelenthető, hogy a beavatkozásnak pozitív hatása volt a talajvízszintre. Megfigyelhető, hogy a vízviasszatartó rendszerek közül csak a tavaknak van jelentős hatása a talajvízszintre.

Köszönetnyilvánítás: A munka elvégzését az EFOP 362-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” pályázat támogatta. Kutatásainkat az “Enyves éger (*Alnus glutinosa*) és magas kőris (*Fraxinus excelsior*) alkotta ligeterdők (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*) helyreállítása és megőrzése Kaszói területén” című, LIFE12 NAT/HU/000593 azonosítószámú projektje támogatta az Európai Unió LIFE+ programja keretében. Továbbá külön köszönet a Kaszói Zrt és az ERTI munkatársainak a kutatásban felhasznált adatok rendelkezésre bocsájtásáért.

Irodalomjegyzék

- BARTHOLY J. (2006): A globális éghajlatváltozás valószínűsíthető klimatikus következményei Magyarországon. *Agro-21* füzetek, 48: 12–18.
- BARTHOLY J. - PONGRÁCZ R. – TORMA C. (2010): A Kárpát-medencében 2021–2050-re várható regionális éghajlatváltozás RegCM-szimulációk alapján. *Klíma-21* füzetek, 60: 3–12.
- FÜHRER E. – MAROSI G. – JAGODICS A. (2011): ‘A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. *Erdészettudományi Közlemények* 1(1): 17–28.
- KUCSARA M. (1996): Csapadék és lefolyás erdészeti kisvízgyűjtőn. Doktori értekezés, NYME, Sopron.
- OLAJOS P. et al. (2009): „A Közép-Beregi sík komplex élőhely-rehabilitációja” LIFE program eredményei (2005-2008). In: Körömczi, L. (ed.) 8. Magyar Ökológus Konferencia közleményei. Szeged, p. 167.
- SZILÁGYI J. – JÓZSA J. (2008): Klímaváltozás és a víz körforgása. *Magyar Tudomány*, 6: 698-703.

ENERGETIKAI FAÜLTETVÉNYEK ÉRTÉKELŐ PONTRENDSZERE

VÁGVÖLGYI ANDREA¹ – KOVÁCS GÁBOR²

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet

²Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet
vagvolgyi.andrea@uni-sopron.hu

Bevezetés

Hazánkban a megújuló energiaforrások részaránya az energiatermelésben 2016-ban 12,45% volt. Ennek több mint 70%-át a biomassa adta. A biomassa megújuló energiaforrások csoportjába tartozó energetikai faültetvényeken rövid idő alatt nagy mennyiségű dendromasszát termelhetünk. Az ültetvények területfoglalása 2009 óta folyamatosan nőtt. Jelenleg az energetikai célra hasznosított ültetvények területfoglalása több mint 4000 ha.

Az ültetvények vizsgálata során felvetődik a kérdés, hogy mely területek alkalmasabb leginkább energetikai faültetvények azon belül nyárültetvények telepítésére. A kutatás az energetikai célra hasznosított nemesnyár ültetvényeket értékeli termőhely alapján.

Anyag és módszer

Az energetikai faültetvények termőhelyi viszonyainak vizsgálatára, azok termőhelyi értékének kalibrálására elsődleges támpontot a hazai nemesnyarasok fatermése és a termőhelyi tényezők közötti elemzés nyújthat.

Az Országos Erdészeti Adattári adatok alapján összefüggés kereshető az energetikai célra is alkalmas nemesnyár fajták növekedése és a termőhelyi adottságok között. Mivel a termőhelyek fatermőképessége és a termőhelyi tényezők közötti összefüggést -függetlenül a többi állományparamétertől-, leginkább a biológiai felsőmagasság írja le, ezért az elemzéshez ezt a független, mért adatot használtuk fel.

Az SPSS Statistics matematikai statisztikai program segítségével az Országos Erdészeti Adattárból kiválogatásra kerültek az energetikai célra is alkalmazott nemesnyár klónok. A nemesnyarak területének nagy százaléka erdőssztyepp és kocsánytalantölgyes, illetve cseres-tölgyes klímában található, a szűrés tehát e két klíma kategóriára történt.

Rögzítésre került a területfoglalásuk nagysága, majd az állományt tovább szűrtük 95% feletti elegyarány figyelembevételével. Az adattárból leválogatott termőhelyi paraméterek közül azokat választottuk, amelyek meghatározóak az egyes fajok ill. fajták (jelen esetben a nyarak) fatermőképességének vonatkozásában.

A vizsgálat során az egyes termőhelytípus változatok és a rajtuk álló energetikai faültetvények növekedését hasonlítottuk össze. Az értékelést nyárfajtánként és termőhelytípus változatonként végeztük.

Termőhelytípus-változat alatt az erdősztyepp szakirodalom a klímát, a hidrológiai viszonyokat, a genetikai talajtípust, a fizikai talajféleséget és a termőréteg vastagságot tartalmazó termőhelyi kódot érti (LUKÁCS 2011; PATOCSKAI 2012). Ezt követően az adatállományból leválogatásra került:

- a fizikai talajféleség;
- a hidrológia viszonyok;
- a termőréteg vastagság és
- a genetikai talajtípusok.

Az 1000 ha nagyobb területfoglalású genetikai talajtípusokat tovább szűrtük: fizikai talajféleség, hidrológiai viszonyok, termőréteg vastagság és korcsoportok szerint. A korcsoportok a következők voltak: 0-4; 5-9; 10-14; 15-19; 20-24; 25-29; 30-34; 35-39; 40 év felett.

Mivel a nyarak gyorsan növényfajok közé tartoznak, ezért a növekedésük általában már a 15-19 éves korszakra vonatkozóan kiegyenlített. Ennek hatására már a 15-19 éves korszakban a magassági növekedésben tapasztalható különbségek kezdenek elmosódni. Ezért az értékelő pontrendszer kialakításánál ennek a korcsoportnak a biológiai felsőmagasságát használtuk fel.

A famagasságok alapján felállítottunk egy 0-35 közötti skálát az egyes termőhelytípus-változatokra. Ezeket a skálaértékeket tekintjük a termőhelyek és a fatermőképesség közötti összefüggés viszonyának kifejezésére. Az energetikai faültetvények és nemesnyarasok genetikai talajtípusai megfeleltetésre kerültek és az ültetvények pontszám-meghatározása ezek alapján történt.

Vizsgálati eredmények és értékelésük

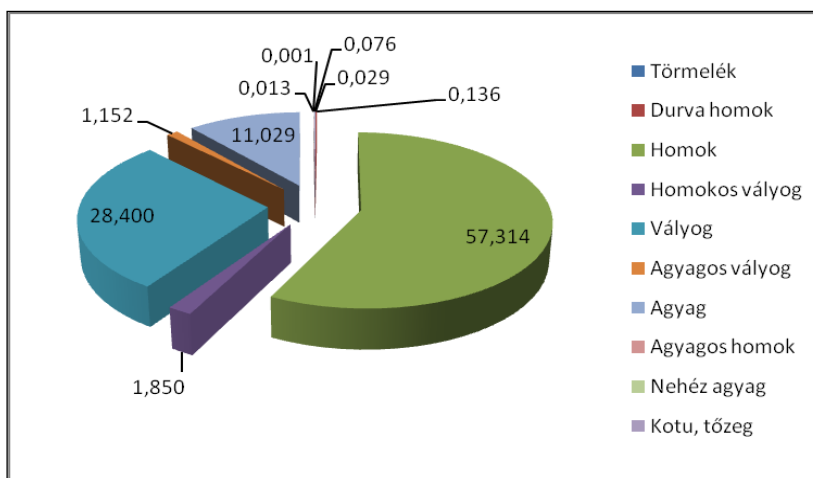
Az előzőekben leírt metodika végrehajtását követően nemesnyarasok termőhelyi paramétereit illetően a következő eredményeket kaptuk.

A 1. ábra alapján látható, hogy a nemesnyár állományok több mint 57%-a homoktalajon található, ezt követi a vályog (28%), majd az agyag (11%) fizikai talajféleség.

Hidrológia viszonyokat vizsgálva a 2. ábrán látható következő eredményekhez jutunk: az állományok több mint 43%-a többletvízhatástól független, hasonló százalékuk (42%) időszakos vízhatású és 11%-uk állandó vízhatású területen található, a többi hidrológiai kategória %-os aránya szinte elhanyagolható.

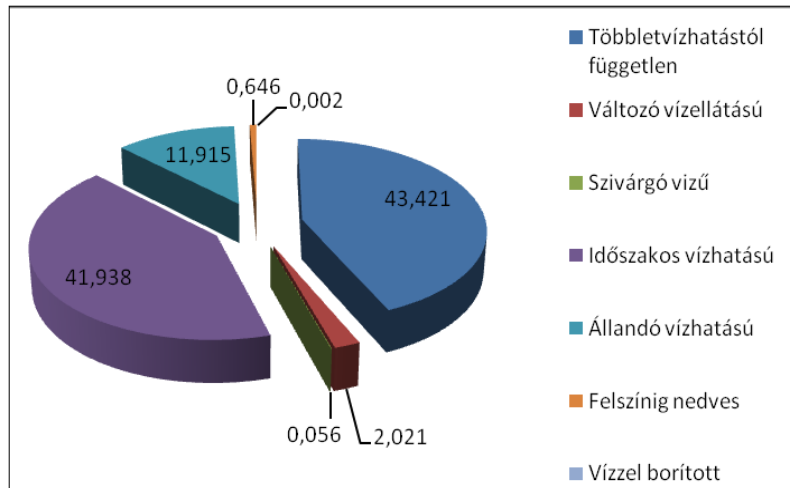
Termőréteg vastagságot tekintve kijelenthetjük (3. ábra), hogy a közepes mélységű és mély termőréteg kategóriák állnak az első két helyen.

A talajtípusok sít az 1. szemlélteti.

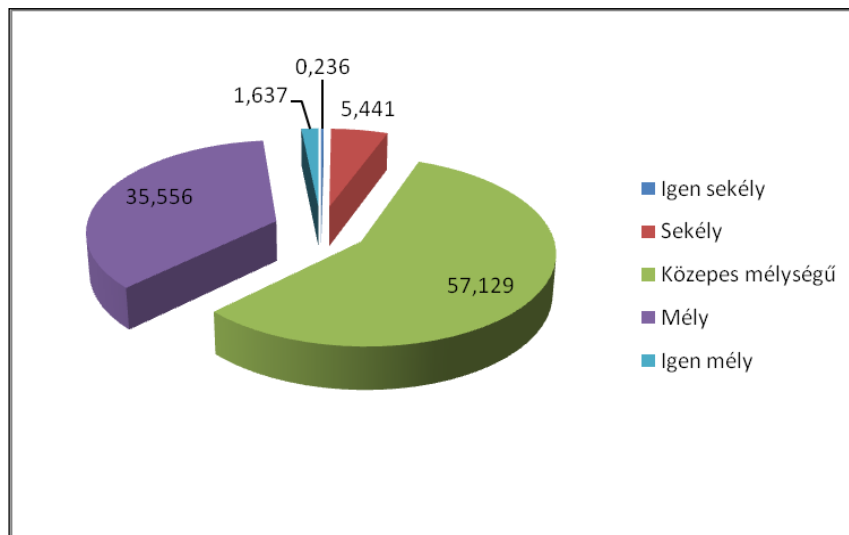


genetikai területi megoszlástáblázat

1. ábra: Nemesnyár állományok megoszlása genetikai talajtípusok alapján [%]



2. ábra: Nemesnyár állományok megoszlása hidrológia alapján [%]



3. ábra: Nemesnyár állományok megoszlása termőréteg vastagság alapján [%]

1. táblázat: A genetikai talajtípusok területi megoszlása nemesnyár állományok esetén [999 ha területfoglalás feletti adatok]

Genetikai talajtípus	Terület [ha]
Humuszos homoktalaj	28 391
Nyers öntéstalaj	2 388
Humuszos öntéstalaj	8 568
Rozsdabarna erdőtalaj	999
Kovárványos barna erdőtalaj	1 928
Réti csernozjom	2 055
Típusos réti talaj	11 137
Öntés réti talaj	4 262
Síkláp talaj	1 279

A szűrések után a kapott állományra famagasságok alapján felállítottunk egy 0-35 közötti skálát az egyes termőhelytípus-változatokra. Ezeket a skálaértékeket tekintjük a termőhely és a fatermőképesség közötti összefüggés viszonyának kifejezésére.

Következtetések

A hazai nemesnyár ültetvények területeinek klimatikus, termőhelyi, valamint hidrológiai elemzése segítségével megszületett egy, a nemesnyár ültetvényeket 0-35 közötti pontszámmal minősítő rendszer.

Ennek eredményeképpen megállapítható, hogy nemesnyár ültetvények szempontjából optimális termőhelyek az alábbiak (2. táblázat).

2. táblázat Nemesnyár ültetvények szempontjából optimális három termőhely genetikai talajtípus, hidrológiai viszonyok, termőréteg vastagság és fizikai talajféleség alapján

	Genetikai talaj-típus	Hidrológia viszonyok	Termőréteg vastagság	Fizikai talajféleség	Pontszám
1.	Nyers öntéstalaj	Állandó vízhatású	Igen mély	Vályog	33
2.	Humuszos öntéstalaj	Többletvízhatástól független	Igen mély	Homok	31
3.	Kovárványos barna erdőtalaj	Többletvízhatástól független	Közepes mélységű	Vályog	30

A kutatások során vizsgált rövid vágásfordulójú nemesnyár energetikai faültetvényeket besorolva a pontrendszerbe 14-22 pontszámot kaptak, mely alapján közepes termőhelynek minősíthető területen találhatók.

Ezen termőhelyi paraméterek mellett a nemesnyár energetikai faültetvények dendromassza produkciója nagy valószínűséggel optimális.

Köszönetnyilvánítás: A tanulmány/kutató munka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalomjegyzék

- LUKÁCS GERGELY S. (2011): Gazdaságos zöldenergia. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- PATOSKAI Z. (2012): Erdészeti és mezőgazdasági földértékelési rendszer ökológiai alapjainak összehasonlítása, az egységesítés lehetséges módjai. PhD dolgozat, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, p. 274.
- VÁGVÖLGYI A. (2013): Fás szárú energetikai ültetvények helyzete Magyarországon napjainkig, üzemeltetésük, hasznosításuk alternatívái. Doktori értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem. Sopron, p. 195.

TOBOZOK ANTIOXIDÁNS POLIFENOL TARTALMÁNAK FELMÉRÉSE

VISINÉ RAJCZI ESZTER, ALBERT LEVENTE, HOFMANN TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

visine.rajczi.eszter@uni-sopron.hu

Bevezetés

Az erdei fakitermelés és feldolgozás során keletkező melléktermékek (toboz, kéreghulladék, gyökérzet, ággöcs) jelentős mennyiségben tartalmazhatnak antioxidánsokat, amelyek hatékony kivonása és hasznosítása élelmiszeripari, gyógyászati, környezetvédelmi és hulladékgazdálkodási szempontból is jelentős (ROBBINS 2003; BOURAS *et al.* 2004; PIETARINEN *et al.* 2006; DEDRIE *et al.* 2015). Az antioxidánsok enzimatis, illetve nem-enzimatis típusúak lehetnek (HEGEDŰS – STEFANOVITS – BÁNYAI 2012). A nem-enzimatis antioxidánsok egyik legfontosabb csoportját a polifenolok képezik. A szakirodalomban kevés az adat a tűlevelű taxonok tobozainak antioxidáns tulajdonságairól (LESJAK *et al.* 2011; VIVEK *et al.* 2014), polifenol tartalmáról (NAGASAWA *et al.* 1992), ezért célul tűztük ki a főbb, Magyarországon előforduló tűlevelűek tobozaiban található antioxidáns polifenolok mennyiségének összehasonlító vizsgálatát. Kutatásunkkal elsőként vizsgáljuk és hasonlítjuk össze az érett (barna) és a zöld tobozok antioxidáns tulajdonságait. Jelen munkánkban - kísérleteink első lépéseként - hat véletlenszerűen kiválasztott faj (atlaszcédrus (*Cedrus atlantica*), európai vörösfenyő (*Larix decidua*), lucfenyő (*Picea abies*), feketefenyő (*Pinus nigra*), amerikai duglászfenyő (*Pseudotsuga menziesii*), kanadai hemlokfenyő (*Tsuga canadensis*)) esetében elvégeztük az ultrahangos extrakciós módszer körülményeinek optimalizálását (oldószer összetétel, extrakciós idő) a tobozokban található összes polifenolos antioxidáns mennyiségének meghatározásához. Az eredmények alapul szolgálnak majd a későbbi, több fajt is magába foglaló vizsgálatokhoz.

Anyag és módszer

A kísérletekhez szükséges mintákat 2018 július-október időszakban a Soproni Egyetem Élő Növénygyűjteményéből (Botanikus Kert) vettük. Minden faj esetében zöld, érett barna és már lehullott barna tobozokat gyűjtöttünk. A mintákat begyűjtés után levegőtől elzárva nitrogéngázban tároltuk -20 °C hőmérsékleten, közvetlenül a mérés előtt felolvasztottuk, majd daráltuk és homogenizáltuk.

Az ultrahangos extrakcióhoz 0,45 g darált mintát mértünk 45 ml oldószerhez egy 50 ml térfogatú centrifugacsőbe. Az oldószer optimalizálást a következő elegyekkel végeztük: aceton:víz (80:20 v/v), metanol:víz (80:20 v/v) és etanol:víz (80:20 v/v). Az alkalmazott extrakciós idők: 10, 20 és 30 perc voltak. Mivel a hőmérséklet befolyásolja az extrakciós folyamatot, ezért a kivonás során ügyeltünk a hőmérséklet szabályozására. Az extrakciót 10 perces lépésekben hajtottuk végre, minden lépés megkezdése előtt az ultrahangos fürdő kezdeti hőmérsékletét 25 °C -ra állítottuk. A 10 perces folyamat végén a víz hőmérséklete $29\text{--}30\text{ °C}$ volt. A 20 illetve 30 perces extrakciónál két, illetve három egymást követő lépést alkalmaztunk, mindegyik lépés megkezdése előtt a vízhőfokot 25 °C -ra állítottuk vissza.

A totálfenol meghatározást Folin-Ciocalteu módszerrel fotometriásan mértük, standardként galluszsavat használtunk (SINGLETON – ROSSI 1965). Minden minta esetében három párhuzamos mérést végeztünk.

Eszközök

Hitachi U-1500 spektrofotométer (Hitachi Ltd., Tokyo, Japan), Elma Transsonic T570 ultrahangos fürdő (Elma Schmidbauer GmbH, Singen, Germany).

Vegyszerek és fogyóeszközök

Aceton, etanol, metanol (Reanal, Budapest), nátrium-karbonát, galluszsav (Sigma-Aldrich, Budapest), Folin-Ciocalteu reagens (Merck, Darmstadt, Németország). A vegyszerek analitikai tisztaságúak voltak. A kísérletekhez felhasznált nagytisztaságú vizet Syntetic Aquarius víztisztító berendezéssel állítottuk elő.

Statisztikai kiértékelés

A korrelációs vizsgálatokat és a variancia analízist adott szignifikancia szintek mellett a Statistica 12 software (StatSoft Inc., Tulsa, USA) segítségével végeztük.

Eredmények és értékelésük

A megfelelő oldószerösszetétel és extrakciós idő megválasztása elengedhetetlen a különböző fajok tobozmintáiban található polifenolos antioxidánsok mennyiségének összehasonlításához. Leggyakrabban metanol, etanol, aceton vagy etil-acetát vizes oldatát alkalmazzák a polifenolok kivonására növényi szövetekből (DO *et al.* 2014), azonban a kivonószer hatékonysága a kivont vegyületek szerkezetétől is függ. Az etanol hatékony oldószer és alkalmazása humán egészségügyi, toxikológiai szempontból is indokolható. A metanol tartalmú oldatok általában az alacsony molekulatömegű polifenolok kivonásában hatékonyak, míg az acetont tartalmazó vizes kivonószer a nagyobb móltömegű flavanolek (pl. kondenzált taninok) extrakciójára alkalmasak inkább (DAI – MUMPER 2010).

A megfelelően hosszú extrakciós idő azért szükséges, hogy a kivonás során az oldószer és a szilárd anyag közti megoszlási egyensúly ki tudjon alakulni, azonban a túl hosszú extrakciós idők a polifenol tartalom és az antioxidáns kapacitás csökkenéséhez vezethetnek (HOFMANN *et al.* 2015).

Minden minta esetében elvégeztük az extrakciót három különböző összetételű oldószerrel és három extrakciós idővel. Ezután az így kapott extraktumokból meghatároztuk a minták totálfenol tartalmát. A méréseink során kapott eredményeket az 1. táblázat foglalja össze.

A mért adatokból megállapítottuk, hogy a legtöbb minta esetében az összes polifenol tartalom extrakciójának leghatékonyabb oldószere az aceton:víz elegy volt, míg a legkevésbé hatékony oldószernek az etanol-tartalmú bizonyult. Egyetlen kivételt a kanadai hemlokfenyő esetében tapasztaltunk, ahol a metanolos oldat jobbnak bizonyult az acetonosnál. Mivel az acetonos oldószer alkalmazása eredményezte a legmagasabb összes polifenol tartalmú extraktumokat, ezért a továbbiakban (az extrakciós idők és a különböző szövetek vizsgálata) csak ezekre az extraktumokra kapott eredményeket értékeltük ki.

A kivonás időtartamát tekintve a 20 perces extrakció során kinyert polifenol tartalom legtöbbször szignifikánsan magasabb, mint a 10 perces érték. A 20 és 30 perces értékek között már csak az atlaszcédrus és a lucfenyő zöld tobozai esetében volt szignifikáns növekedés, a többi minta esetében a 20 percnél hosszabb extrakció már nem eredményezett kimutatható totálfenol tartalom emelkedést. A feketefenyő zöld toboz mintáinál sem az oldószer összetétele, sem az extrakciós idő nem befolyásolta szignifikánsan a kioldott polifenolok mennyiségét.

Mivel szignifikáns csökkenést sem tapasztaltunk a 20 és 30 perces értékek között (degradáció lehetősége), ezért a további kísérletekben 30 perces extrakciós időt alkalmazunk a toboz polifenolok kivonására.

A túlevelű tobozok polifenol és antioxidáns tartalmával foglalkozó szakirodalmak szinte soha nem dokumentálják, hogy a tobozok begyűjtése melyik hónapban, illetve a tobozérésének melyik fenofázisában történt. Ezért elsőként végeztünk összehasonlító vizsgálatot zöld (június/júliusban gyűjtött), érett barna (augusztus/szeptemberben gyűjtött: még a fán található, még nem kinyílt, de már barna színű) és lehullott barna (szeptember/októberben

gyűjtött: a földön vagy fán található, teljesen kinyílt, magokat csak elvétele tartalmazó) tobozokon. Megállapítottuk, hogy a legmagasabb polifenol tartalommal mindegyik faj esetében a zöld tobozok rendelkeznek, míg a legalacsonyabb értékekkel a lehullott barna tobozok. A növényi szövetek polifenol összetételét számos környezeti tényező (pl. napsugárzás, a csapadék mennyiség, és a talaj típusa, stb.) mellett a szövet kora, érettségének foka is befolyásolja. A szövetek idősödésével, a vegetációs időszak előre haladtával az egyes szövetek fenolos összetétele jelentősen változhat. Gyümölcsök esetében általánosságban megfigyelhető, hogy a fenolos savak mennyisége csökken, míg az antocianinek mennyisége nő az érés során (MANACH *et al.* 2004). Erdei fák leveleiben a polifenol tartalom szezonális (május-szeptember) változása a fajtól és a fenolvegyület típusától függően eltérő képet mutat (TALOS-NEBEHAJ *et al.* 2017). Hasonló adatok a tűlevelűek tobozára nem találhatóak a szakirodalomban.

A vizsgált fajokat összehasonlítva megállapítottuk, hogy a legjobban teljesítő fajok a kanadai hemlokfenyő és a lucfenyő voltak, melyeknek nem csak a zöld, hanem érett barna tobozában is jelentős a polifenol tartalom. A *Pseudotsuga* és *Tsuga* fajok tobozában magas polifenol (tannin) tartalmát már leírta szakirodalom (HERNES – HEDGES 2004), bár a szerzők ebben a munkában sem dokumentálták pontosan a tobozok érettségének fenofázisát és azt sem, hogy melyik hónapban történt a mintavétel. A magas polifenol tartalom ellenére, a lucfenyő esetében csak a kéregre található adatok a szakirodalomban (KEMPPAINEN *et al.* 2014; GHITESCU *et al.* 2015; LACOSTE *et al.* 2015; LAZAR *et al.* 2016), a tobozokra nem.

Összefoglalás

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy az alkalmazott ultrahangos módszer esetében a 30 perces, aceton:víz 80:20 v/v oldószerrel végzett extrakció oldja ki az összes polifenolos antioxidánsokból a legtöbbet, így a jövőben ilyen körülmények mellett folytatjuk vizsgálatainkat. A kísérletekhez véletlenszerűen kiválasztott fajok közül a legmagasabb polifenol tartalommal a kanadai hemlokfenyő és a lucfenyő rendelkeztek, melyeknek nem csak a zöld, hanem érett barna tobozában is jelentős a polifenol tartalom. Az érés különböző fenofázisában gyűjtött tobozok összehasonlítása során megállapítottuk, hogy a legmagasabb polifenol tartalommal mindegyik faj esetében a zöld tobozok rendelkeznek, míg a legalacsonyabb értékekkel a lehullott barna tobozok.

Köszönetnyilvánítás: A kutatás az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíjának támogatásával készült.

1. táblázat. A vizsgált fajok tobozainak totálfenoltartalma különböző extrakciós körülmények között (A: aceton:víz 80:20 v/v; M: metanol:víz 80:20 v/v; E: etanol:víz 80:20 v/v). Különböző kisbetűk egy adott mintán belül szignifikáns különbséget jeleznek $p < 0,01$ szinten. Kivétel: * $p < 0,001$ ** $p < 0,002$. A vastaggal jelölt számok egy adott mintán belül a legmagasabb értékeket jelölik.

oldószer	Zöld toboz			Érett barna toboz			Lehullott barna toboz			
	idő	10 perc	20 perc	30 perc	10 perc	20 perc	30 perc	10 perc	20 perc	30 perc
Totálfenol tartalom (mg galluszsav / g sz. a.)										
Amerikai duglászfenyő (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)										
A	39,25 ± 2,68 ^c	50,54 ± 1,98^d	48,67 ± 0,90^d	13,67 ± 1,03^d	17,01 ± 1,35^d	17,24 ± 0,89^d	7,78 ± 0,33 ^d	10,18 ± 0,73^e	11,16 ± 0,66^e	
M	21,37 ± 1,25 ^a	26,66 ± 0,98 ^{ab}	38,52 ± 4,86 ^c	11,60 ± 0,16 ^{abc}	12,13 ± 0,68 ^{bc}	12,86 ± 0,44 ^b	7,20 ± 0,30 ^d	6,85 ± 0,24 ^{cd}	7,20 ± 0,21 ^d	
E	33,94 ± 0,33 ^{bc}	37,68 ± 1,51 ^c	37,68 ± 1,51 ^c	9,11 ± 0,36 ^a	10,04 ± 0,73 ^{ac}	9,25 ± 0,25 ^a	2,46 ± 0,59 ^a	4,07 ± 0,37 ^{ab}	5,21 ± 0,55 ^{bc}	
Kanadai hemlokfenyő (<i>Tsuga canadensis</i>)										
A	104,58 ± 3,06^{cd}	125,86 ± 1,17^e	118,91 ± 2,97^{de}	77,41 ± 1,87 ^{ab}	77,45 ± 3,84 ^{ab}	78,05 ± 2,42 ^{ab}	3,39 ± 0,31^b	3,43 ± 0,44^b	3,31 ± 0,08^b	*
M	73,63 ± 7,27 ^a	86,91 ± 5,75 ^{ab}	87,76 ± 5,16 ^{abc}	67,39 ± 2,16 ^a	98,32 ± 7,67^c	87,95 ± 1,59^{bc}	1,78 ± 0,16 ^a	1,89 ± 0,02 ^a	1,96 ± 0,03 ^a	
E	101,12 ± 4,32 ^{bc}	101,47 ± 6,68 ^{bc}	90,96 ± 4,29 ^{bc}	71,92 ± 2,57 ^a	72,04 ± 2,30 ^a	71,36 ± 1,50 ^a	3,40 ± 0,10 ^b	1,98 ± 0,01 ^a	1,89 ± 0,05 ^a	
Feketefenyő (<i>Pinus nigra</i>)										
A	53,89 ± 1,68 ^a	58,06 ± 1,21 ^a	47,17 ± 9,74 ^a	8,72 ± 0,40 ^d	10,08 ± 0,31^e	10,63 ± 0,36^e	8,45 ± 0,23^{bc}	7,70 ± 0,37 ^{ab}	9,20 ± 0,34^c	
M	46,21 ± 0,53 ^a	43,91 ± 0,53 ^a	49,67 ± 0,96 ^a	4,90 ± 0,42 ^{ab}	5,92 ± 0,13 ^{bc}	6,23 ± 0,19 ^c	6,75 ± 0,16 ^a	7,65 ± 0,20 ^{ab}	7,72 ± 0,35 ^{ab}	
E	45,42 ± 1,30 ^a	48,65 ± 1,06 ^a	50,73 ± 1,52 ^a	4,67 ± 0,12 ^a	5,68 ± 0,55 ^{abc}	5,24 ± 0,09 ^{abc}	7,31 ± 0,57 ^{ab}	7,84 ± 0,14 ^{ab}	8,43 ± 0,47^{bc}	
Atlaszcédrus (<i>Cedrus atlantica</i>)										
A	32,30 ± 1,11 ^c	39,28 ± 0,81 ^c	44,62 ± 0,16^f	9,39 ± 0,26 ^b	11,10 ± 1,34^{bc}	12,29 ± 1,20^c	5,37 ± 0,14^b	5,90 ± 0,23^b	6,05 ± 0,51^b	
M	24,73 ± 0,90 ^b	31,85 ± 0,46 ^c	35,87 ± 0,46 ^d	9,35 ± 0,46 ^b	10,29 ± 0,13^{bc}	10,32 ± 0,29^{bc}	3,17 ± 0,39 ^a	3,29 ± 0,23 ^a	3,93 ± 0,20 ^a	
E	18,14 ± 0,84 ^a	27,49 ± 1,00 ^b	30,94 ± 1,13 ^c	3,36 ± 0,16 ^a	3,79 ± 0,25 ^a	4,80 ± 0,34 ^a	3,14 ± 0,09 ^a	3,53 ± 0,09 ^a	3,79 ± 0,28 ^a	
Lucfenyő (<i>Picea abies</i>)										
A	84,89 ± 3,39 ^c	92,23 ± 1,37 ^{cd}	105,58 ± 7,92^e	55,28 ± 2,31 ^{ab}	63,06 ± 2,96^{cd}	64,64 ± 2,68^{cd}	27,54 ± 0,96 ^{abc}	43,71 ± 2,00^e	46,39 ± 3,54^e	
M	66,78 ± 2,64 ^b	89,79 ± 3,00 ^{cd}	99,23 ± 1,15^{de}	60,78 ± 1,29 ^b	70,04 ± 1,18^d	68,73 ± 2,63^d	28,12 ± 0,36 ^{bcd}	33,64 ± 0,99 ^d	31,82 ± 1,64 ^{cd}	
E	52,72 ± 2,07 ^a	56,06 ± 2,03 ^{ab}	60,98 ± 1,69 ^{ab}	48,16 ± 1,92 ^a	53,63 ± 0,77 ^{ab}	54,61 ± 1,71 ^{ab}	22,23 ± 0,73 ^a	25,51 ± 0,67 ^{ab}	27,59 ± 0,57 ^{abc}	
Európai vörösfenyő (<i>Larix decidua</i>)										
A	59,96 ± 6,67^{def}	73,55 ± 4,11^f	70,12 ± 5,62^{ef}	12,92 ± 1,00 ^a	26,90 ± 5,79^b	24,07 ± 0,82^b	14,42 ± 1,31 ^{cd}	16,84 ± 0,90^{de}	17,93 ± 0,75^e	
M	11,49 ± 0,27 ^a	49,40 ± 0,82 ^{cd}	55,83 ± 1,53 ^{cde}	12,91 ± 2,18 ^a	14,48 ± 1,95 ^a	14,35 ± 0,83 ^a	12,34 ± 0,14 ^{bc}	13,13 ± 0,52 ^{bc}	14,85 ± 1,28 ^{cd}	
E	32,32 ± 0,37 ^b	43,63 ± 0,38 ^{bc}	47,01 ± 1,99 ^{cd}	6,61 ± 1,28 ^a	7,49 ± 0,55 ^a	8,25 ± 0,43 ^a	7,85 ± 0,30 ^a	10,97 ± 0,09 ^b	11,50 ± 0,21 ^b	

Irodalomjegyzék

- BOURAS, M. – GRIMI, N. – BALS, O. – VOROBIEV, E. (2016): Impact of pulsed electric fields on polyphenols extraction from Norway spruce bark. *Ind. Crop. Prod.* 80: 50–58.
- DAI, J. – MUMPER, R.J. (2010): Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules* 15: 7313–7352.
- DEDRIE, M. – JACQUET, N. – BOMBECK, P.L. – HÉBERT, J. (2015): Oak barks as raw materials for the extraction of polyphenols for the chemical and pharmaceutical sectors: A regional case study. *Ind. Crop. Prod.* 70: 316–321.
- DO, Q.D. – ANGKAWIJAYA, A.E. – TRAN-NGUYEN, P.L. – HUYNH, L.H. – SOETAREDJO, F.E. – ISMADJI, S. – JU, Y.-H. (2014): Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *J. Food Drug. Anal.* 22: 296–302.
- GHITESCU, R.-E. – VOLF, I. – CARAUSU, C. – BÜHLMANN, A.-M. – GILCA, I.A. – POPA, V.I. (2015): Optimization of ultrasound-assisted extraction of polyphenols from spruce wood bark. *Ultrason. Sonochem.* 22: 535–541.
- HEGEDŰS A. – STEFANOVITS-BÁNYAI É. (2012): Természetes antioxidáns-forrásunk: a gyümölcs. Debreceni Egyetem AGTC Kertészettudományi Intézete, 179 p.
- HERNES, P.J. – HEDGES, J.I. (2004): Tannin signature of barks, needles, leaves, cones, and wood at the molecular level. *Geochim. Cosmochim. Acta* 68: 1293–1307.
- HOFMANN, T. – NEBEHAJ, E. – STEFANOVITS-BÁNYAI, É. – ALBERT L. (2015): Antioxidant capacity and total phenol content of beech (*Fagus sylvatica* L.) bark extracts. *Ind. Crop. Prod.* 77: 375–381.
- KEMPPAINEN, K. – SIIKA-AHO, M. – PATTATHIL, S. – GIOVANDO, S. – KRUIUS, K. (2014): Spruce bark as an industrial source of condensed tannins and non-cellulosic sugars. *Ind. Crop. Prod.* 52: 158–168.
- LACOSTE, C. – ČOP, M. – KEMPPAINEN, K. – GIOVANDO, S. – PIZZI, A. – LABORIE, M.-P. – SERNEK, M. – CELZARD, A. (2015): Biobased foams from condensed tannin extracts from norway spruce (*Picea abies*) bark. *Ind. Crop. Prod.* 73: 144–153.
- LAZAR, L. – TALMACIU, A.I. – VOLF, I. – POPA, V.I. (2016): Kinetic Modeling of the ultrasound-assisted extraction of polyphenols from *Picea abies* bark. *Ultrason. Sonochem.* 32: 191–197.
- LESJAK, M.M. – BEARA, I.N. – ORCIC', D.Z. – ANACKOV, G.T. – BALOG, K.J. – FRANCIŠKOVIC', M.M. – MIMICA-DUKIC, N.M. (2011): *Juniperus sibirica* Burgsdorf. as a novel source of antioxidant and anti-inflammatory agents. *Food Chem.* 124: 850–856.
- MANACH, C. – SCALBERT, A. – MORAND, C. – RÉMÉSY, C. – JIMÉNEZ, L. (2004): Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am. J. Clin. Nutr.* 79: 727–747.
- NAGASAWA, H. – SAKAMOTO, S. – SAWAKI, K. (1992): Inhibitory effect of lignin-related pine cone extract on cell proliferating enzyme activity of spontaneous mammary tumours in mice. *Anticancer Res.* 12: 501–503.
- PIETARINEN, S.P. – WILLFÖR, S.M. – AHOTUPA, M.O. – HEMMING, J.E. – HOLMBOM, B.R. (2006): Knotwood and bark extracts: strong antioxidants from waste materials. *J. Wood Sci.* 52: 436–444.
- ROBBINS, R.J. (2003): Phenolic Acids in Foods: An Overview of Analytical Methodology. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2866–2887.
- SINGLETON, V.L. – ROSSI, J.A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 161: 144–158.
- TÁLOS-NEBEHAJ E. – HOFMANN T. – ALBERT L. (2017): Seasonal changes of natural antioxidant content in the leaves of Hungarian forest trees. *Ind. Crop. Prod.* 98: 53–59.
- VIVEK, K. – BAJPAI, V.K. – SHARMA, A. – KANG, S.C. – BAEK, K.H. (2014): Antioxidant, lipid peroxidation inhibition and free radical scavenging efficacy of a diterpenoid compound sugiol isolated from *Metasequoia glyptostroboides*. *Asian Pac. J. Trop. Med.* 7: 9–15.

AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREK HIDROLÓGIAI JELLEMZŐI

ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA – CSÁKI PÉTER – KALICZ PÉTER – SZŐKE ELŐD –
GRIBOVSZKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet
zagyvaine.kiss.katalin@uni-sopron.hu

Bevezetés

Magyarország egyik stratégiai érdeke, hogy erdősültsége elérje a 25–27%-os összborítottságot, emellett fontos az is, hogy fenntartható mezőgazdálkodás valósuljon meg. Stratégiai fontosságú kincs továbbá a víz, melynek mennyisége sokszor nem optimális (árvíz, belvíz vagy éppen aszály sújthatja területeit). Ezeket a témákat is érinti a Soproni Egyetem által elnyert EFOP-3.6.2-16-2017-00018 agrárerdészeti pályázat.

Az agrárerdészeti rendszerek fontosságát és szükségességét mi sem mutatja jobban, mint-hogy Vidékfejlesztési Program keretében az agrár-erdészeti rendszerek létrehozására (VP 5-8.2.1-16) jelenleg is lehet pályázatot benyújtani, melyre a felhívás meghirdetésekor a vissza nem térítendő támogatásra rendelkezésre álló tervezett keretösszeg 1,76 milliárd Ft volt. A lehetőség nem titkolt célja az alacsony szén-dioxid kibocsátású gazdaság felé történő törekvés, az agrár-erdészeti rendszerek erózió elleni védőhatásainak kiaknázása, az előnyös ökológiai hatások erősítése és az élőhelyvédelem. A támogatási szempontok között megtalálhatjuk a kiszáradás elleni védelmet aszály érzékeny területen, és a vízvisszatartást belvíz veszélyeztetett vagy árvíz veszélyeztetett területen.

Patak menti védőzónák is az agrárerdészeti rendszerek részei. Ilyen patak menti területtel kapcsolódott be a Soproni Egyetem Vízgazdálkodási Tanszéke a fent említett pályázatba. A tanszék hidegvíz-völgyi kutatóhelyen vizsgálja az agrárerdészeti rendszerek hidrológiai hatásait. Ennek első eredményeit mutatja be jelen publikáció.

Hidrológiai hatótényezők

A mezőgazdasági területekhez képest az agrárerdészeti rendszereknek nagyobb a párologtató felülete, aminek jelentőségét mutatja, hogy Magyarországon a lehulló éves csapadék körülbelül 90%-a a párologás és párologtatás révén visszakerül a légkörbe, és mindössze 10%-a fordítódik a felszíni és felszínalatti vízkészletek utánpótlódására. Adott agrárerdészeti rendszerekre érkező csapadék egy része a fák lombkoronájára, ágaira, fatörzsekre érkezik, azt benedvesíti, és onnan párolog el részben már a csapadékesemény alatt, részben azt követően. Ennek az intercepciós hányadnak a nagyságát befolyásolhatja az alkalmazott fafaj, annak a területen alkalmazott egyedszáma, elhelyezkedése (szabadon álló faegyedek, fasorok vagy facsoportok) valamint egyéb tényezők, mint például, hogy a folyamatos koronaalakító metszések és ágnyesés révén rendelkezhetnek a természetestől eltérő lombozattal a fák. Az agrárerdészeti rendszerekben így a lombkorona-intercepció az erdőállományokban mért adatokkal csak részben vethető össze.

Az intercepciós veszteség másik – erdőállományokban jellemző – része az avarintercepció, mely az agrárerdészeti rendszerekben kevésbé kap szerepet a gyorsabb bomlási folyamat és a talajművelés miatt, viszont egyes mezőgazdasági kultúrákban alkalmazott talajtakarás hasonló hidrológiai hatással rendelkezik. A mulcsozás védi a talajt az esőcseppek közvetlen hatásától, csökkenti a talaj hőmérsékleti ingadozását és a talajfelszín párologását, valamint növeli a beszivárgást a nagy porozitás és a jelentős ideiglenes víztározó kapacitás miatt. A talajtakarás további hidrológiai hatása a vízvisszatartás. Az intercepcióval kapcsolatos kutatások megállapításai fontosak lehetnek az agrárerdészeti területek öntözési gyakorlatának tervezéséhez.

Bár az intercepciós és avarintercepciós veszteség a talajvíz-utánpótlódás szempontjából hiányként jelentkezik, azonban hidrológiai szempontból a fák lombjának kedvező hatásai is vannak az együtt termesztett növények számára (GYURICZA – BOROVICS 2018). A lombzat szélfogó, és árnyékoló hatása révén csökkenti az alatta elhelyezkedő talaj párologását. A lomb

benedvesítésére fordítódott csapadékhányad elpárolgása során és saját párologtatása révén növeli a levegő relatív páratartalmát, és képes csökkenteni a léghőmérsékletet, ezáltal csökken a légköri aszály mértéke.

A passzív párolgás mellett meg kell említeni a növények aktív párologtatását, melyet a vízfelvétel előz meg. A sorközi művelésben érintett növények gyökérzete általában nem éri el a talajvíztükrot. A fák gyökerének 90-95%-a is a talaj felső 2 m-ében található. Ez a talajréteg gyökerekkel sűrűn átszőtt. Ebben a rétegben a fák és a mezőgazdasági növények között gyökérkonkurencia léphet fel, a sorközi művelés hatására azonban csökkenhet a konkurencia azáltal, hogy a fák gyökere a folyamatos sérülések miatt inkább lefelé fejlődik (ONG *et al.* 2014).

Több szakirodalom foglalkozik a hidraulikus lift jelenségével (CALDWELL *et al.* 1998, AMENU – KUMAR 2007). Ennek lényege az, hogy a nappali órákban a fa (is) a talaj nedvességtartalmából fedezi a vízszükségletét a párologtatáshoz, mind a talaj felső, mind az alsóbb rétegeiből. Éjszaka a mélyebb rétegekből továbbra is felfelé áramlás figyelhető meg, viszont a talaj felsőbb rétegében ez a víz az utánpótlódást szolgálja: a fa gyökérzete mentén szétoszlik, ellátva az ott gyökerező lágyszárúakat is. A növények vízellátottsága a hidraulikus emelésnek köszönhetően javul, a talaj mélyebb rétegeiből az áramlás iránya csak a nagyobb csapadékesemények hatására változik meg, amikor a gyökérzet mentén jut a csapadék a mélybe (LEE *et al.* 2005). A talajnedvesség szempontjából kiegészítő viszonya is lehet a fának a lágyszárúakkal, amikor a fák olyan vizet használnak fel, ami a lágyszárúak számára úgysem lenne elérhető. A vegetáció vízfogyasztásának napi ingadozás alapján történő számítása viszonylag pontos evapotranszpiráció (ET) értéket szolgáltat. A talajvíz szintjének és a talajnedvességnek a napi ingadozása a mi éghajlatunkon nyári időszakban a vegetáció vízfogyasztására vezethető vissza. Jelentős különbséget mutatható ki az erdő és a mezőgazdasági terület alatti talajvízszint napi változásában. MADAS (1980) szerint a fényigényes fajok meglehetősen nagy vízmennyiséget igényelnek egy egységnyi szárazanyag előállításához, míg az árnyéktűrő fajok lényegesen takarékosabban használják fel a vizet.

Az agrárerdészeti rendszerek vízháztartásának vizsgálatához elengedhetetlen a párolgás minél pontosabb meghatározása. A távérzékelési technológiák fejlődése lehetőséget biztosít nagy, inhomogén felszínborítású területeken több, a hidrológiai számításokhoz szükséges változó számítására. Magyarországra jelenleg a MODIS felszíni hőmérséklet adatokon alapuló CREMAP (Calibration-Free Evapotranspiration Mapping, SZILÁGYI – KOVÁCS 2011) a legmegbízhatóbb térben osztott párolgásbecslő modell, mellyel 1000 × 1000 m² (1 km²) térbeli felbontású párolgástérképek állnak rendelkezésre. Mivel az agrárerdészeti rendszerek kapcsán jellemzően jóval kisebb, mozaikos területek hidrológiai vizsgálatát szeretnénk végezni, az 1 km²-es CREMAP párolgástérképekhez kidolgozásra került egy leskálázási módszer, melyhez a MODIS NDVI-t (Normalizált Vegetációs Index, mely a biomassza mennyiségét tükrözi, nevezetesen a levelek klorofill- és víztartalmát) választottuk, mint változót, 250 × 250 m²-es felbontásban. A leskálázott térképekkel már lehetővé válik minimum 5 hektár nagyságú területek (pl. egy agrárerdészeti parcella és a mellette található szántó, vagy parcellák különböző fafajokkal) hidrológiai összehasonlítása.

Jelen munkában ezen összetett rendszer egy részének vizsgálatára irányuló mérésorozatot és annak eredményét szeretnénk bemutatni, melyek a talajvízszint vizsgálatát foglalják magukba.

Vizsgálati anyag és módszer

A hidegvíz-völgyi mintaterületen égeres állomány esetén vizsgáltuk a szegélyhatást. Az összehasonlítás alapjául 3 mintapont szolgált (északkelet-délnyugat irányú egyenes mentén): egy pont állomány alatti, egy pont szegélyben és egy mintapont a gyepek/kaszáló helyen került kiválasztásra, vagyis lágyszárú vegetációval borított helyen. Jelen munkában a 2018-as év adatait

kívánjuk bemutatni. Időjárás függvényében átlagosan heti gyakoriságú mérés történt a talajvíz-figyelő kutakban optikai kézi szintmérővel. A kutak pereme és a talajfelszín közötti távolságot levonva a mért értékekből a talajvízszint talajfelszíntől való távolságát vizsgálhatjuk, mely azt mutatja, hogy a növények számára mennyire hozzáférhető a talajvíz. A kutakat egy alapponthoz (mérőkerti alappont: 370,409 mBf.) viszonyítva beszinteztük, így megkaphattuk a talajvízszintek abszolút magasságát (*1. táblázat*). Két-két egymás melletti kút távolsága körülbelül hét méter.

1. táblázat. A Sopron melletti Hidegvíz-völgyi Hidrometeorológiai Mérőállomás kútsorának magassági értékei.

	Kútperem (mBf)	Talajfelszín (mBf)
Rét	370,504	370,262
Szegély	370,612	370,363
Állomány alatt	370,514	370,262

Mivel az összehasonlításhoz kézi mérések értékeit tudtuk használni, mely körülbelül 50 mérést jelentett az év során kutanként, statisztikai vizsgálatot végeztünk arra vonatkozóan, hogy a kutak vízszintje között szignifikáns különbség van-e. Ehhez a talajfelszíntől való távolságokat elemeztük, mivel agrárerdészeti szempontból, vagyis a növények szempontjából az elérhető, hozzáférhető víz megléte a fontos. Páronként vizsgáltuk a kutakat párosított t-próbával, hiszen a mérések azonos körülmények között történtek közelítőleg azonos időben. A t-próba alkalmazásának feltétele a varianciák azonossága. Ezt F-próbával ellenőriztük.

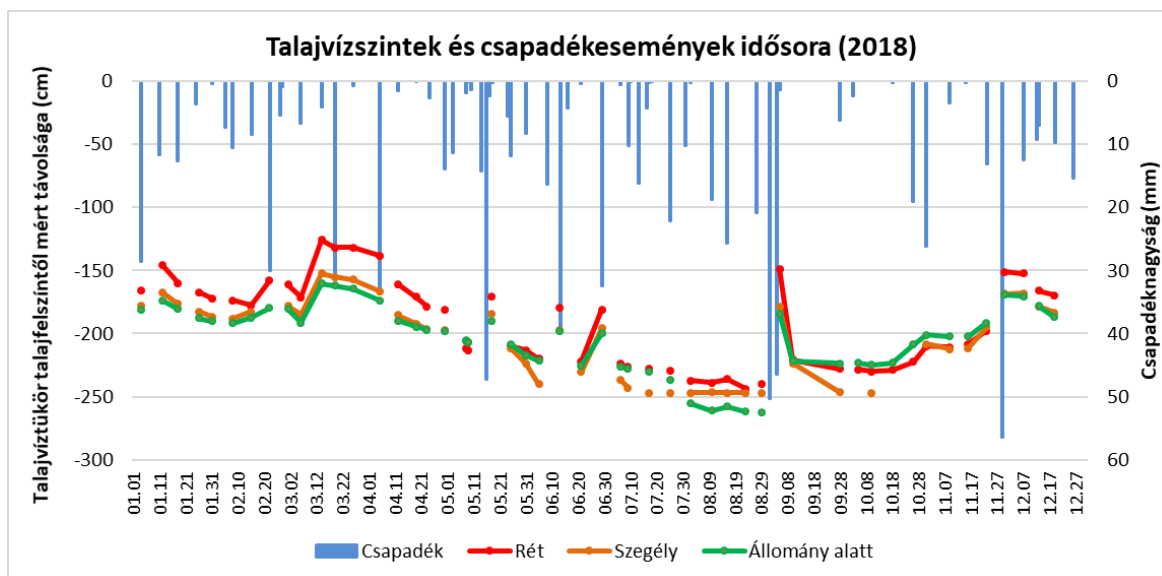
A csapadékviszonyok fontosak a visszatöltődés szempontjából, így azokat is mértük a talajvízfigyelő kutak közvetlen közelében található mérőkertben. A 2018-as év csapadékviszonyait a *2. táblázat* szemlélteti.

2. táblázat. A Sopron melletti Hidegvíz-völgyi Hidrometeorológiai Mérőállomás 2018. évi csapadékviszonyai.

	Csapadékesemények száma (db)	Csapadékösszeg (mm)
0-2 mm	24	12,21
2-5 mm	9	30,3
5-10 mm	11	81,9
10-20 mm	16	217,9
20 mm -	14	488,9
Összesen	74	831,21

Vizsgálati eredmények

Az eredmények egyértelmű különbséget mutattak az állomány alatti és a rét talajvízszint értékeiben, vagyis az állomány alatt általában mélyebben volt a talajvízszint. A szegélyben fúrt kút néhol az állománynál alacsonyabb vízszintet, néhol magasabb szintet mutatott (*1. ábra*). A szeptemberben mutatkozó száraz periódusban a szegély és a rét alatti talajvízszint az állomány alatt mutatkozó szint alá csökkent. A szegélyben összetett hatások érvényesülnek, egyrészt a szélirány függvényében az intercepciós veszteség az állományéhoz hasonló is lehet, de a rét beveteléhez is igazodhat, valamint a besugárzás is időnként elérheti a rétre jellemző mértéket, azonban a párateltebb levegő csökkentheti a tényleges párolgás nagyságát.



1. ábra. Csapadékesemények és talajvízszintek talajfelszíntől mért távolságának időszora (2018)

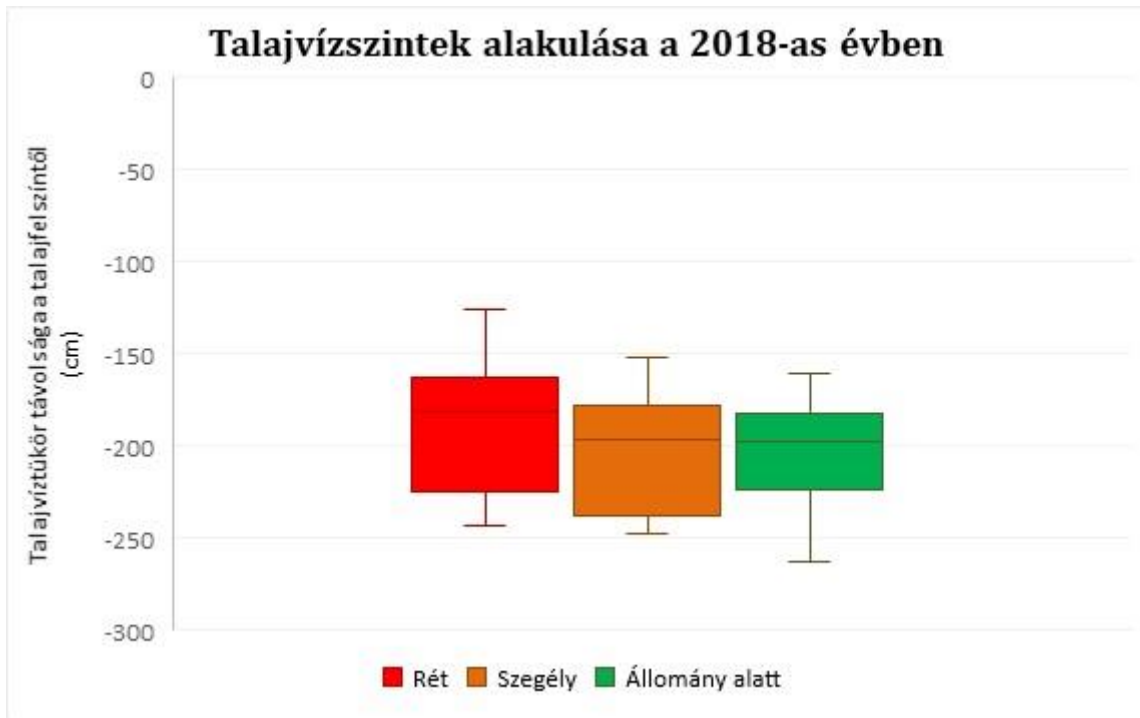
Az állomány alatti kút szintje volt a legkiegyenlítettebb az interkvartilis terjedelem alapján. A teljes mintát tekintve a szegélyben a legkisebb a mért szélsőértékek különbsége (95,0 cm), míg a legnagyobb különbség a réten adódott (118,2 cm). Mind az abszolút talajvízszint-magasságot mind a talajfelszíntől való távolságot tekintve a rét mérőhelyen a legmagasabb a talajvízszint éves szinten. A szegélyben az abszolút magasság hasonlóan alakul, mint a réten, de a növények szempontjából inkább az állomány alatti viszonyokhoz közelít, mivel a talajfelszíntől hasonló távolságra található a talajvíztükör, mint az állományban, így nehezebben elérhető talajvízszintet mutat (2. és 3. ábra).

A statisztikai elemzés eredményei szerint a rét talajvízszintje szignifikánsan eltér a szegély és az állomány alatti kutak talajvízszintjétől, viszont a szegély és az állomány adatai nem különböznek éves szinten (3. táblázat). A szegély és az állomány kapcsolata időben változik.

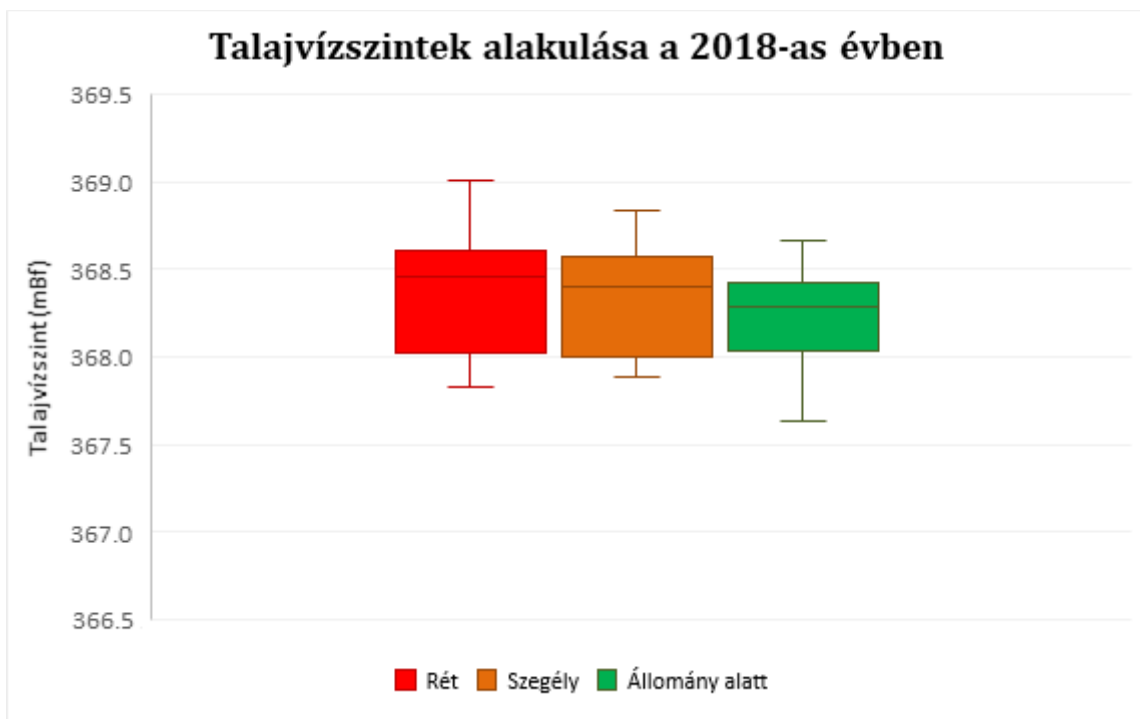
Meg kell jegyezni, hogy az állomány alatti talajvízszintek nem tükrözik hitelesen a különbséget a réttel és a szegéllyel összehasonlítva, mivel a visszatöltődést, utánpótlódást a közeli patak befolyásolja, valamint az állomány alatti kútnál a talajfelszín domborzat szempontjából mélyebben van, mint a szegélyben. A szegély és a rét összehasonlítása azonban jól mutatja az eltérő vegetációra visszavezethető talajvízszint-különbséget.

3. táblázat. A talajtól való talajvízszint-távolság statisztikai elemzéseinek eredményei.

	F-próba		párosított t-próba	
	Mintaszámok	p-érték	Mintaszám	p-érték
Rét és Szegély	54; 50	0,357	50	0,000
Rét és Állomány	54; 54	0,086	54	0,000
Állomány és Szegély	54; 50	0,444	50	0,495



2. ábra. Talajvízszintek talajfelszíntől mért távolsága (2018)



3. ábra. 2018 évi talajvízszintek.

(Balti-tenger közepes vízszintjéhez viszonyított tengerszint feletti magasság)

Összefoglalás

A föld- és vízhasználat fenntarthatóságának kérdése Magyarországon különösen hangsúlyos, mert bár jelenleg még kedvező helyzetben vagyunk a csapadék- és vízellátottság tekintetében, de a klímaváltozás kapcsán megfogalmazódott prognózisok nagyobb odafigyelést szorgalmaznak a vízgazdálkodás kapcsán is. Az agrárerdészeti rendszerek hatása a vízgazdálkodásra rend-

kívül összetett. A Tanszéken a témával kapcsolatos kutatások elsősorban a Sopron melletti Hídegvíz-völgyben folynak, melynek első eredményei közül mutattuk be a talajvíz alakulását egy éger állomány, az állomány szegély és a mellette fekvő rét vonatkozásában. A patakmenti védőzóna fás vegetációja részben csökkenti a talajvízszintet a lágyszárúakénál nagyobb vízfelhasználás által és az intercepciós veszteség miatt, viszont a patak a jelentős talajvízszint-csökkenést az állomány alatt mérsékelni tudja. A tanszéki kutatásokba referenciaterületként bekapcsolódott több kutatási helyszín (Kaszó, Kőszeg) valamint folyamatban van újabb területek bevonása is Dejtáron (egy energiaültetvény agrárerdészeti rendszerré alakított területén) és Bajtiban az Erdészeti Tudományos Intézettel közösen.

Köszönetnyilvánítás: A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- AMENU, G. G. – KUMAR, P. (2007): A model for hydraulic redistribution incorporating coupled soil-root moisture transport. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 4, 3719–3769
- CALDWELL, M. M. – DAWSON, T. E. – RICHARDS, J. H. (1998): Hydraulic lift: consequences of water efflux from the roots of plants, *Oecologia*, 113, 151–161.
- GYURICZA CS. – BOROVIČS A. (szerk.) (2018): Agrárerdészet. Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK). Gödöllő (978-615-5748-05-9) 260 p.
- LEE, J. E. – OLIVEIRA, R. S. – DAWSON, T. E. – FUNG, I. (2005): Root Functioning Modifies Seasonal Climate. *PNAS* December 6, 2005 102 (49) 17576-17581; <https://doi.org/10.1073/pnas.0508785102>
- MADAS A. (1980): Az erdőgazdálkodás hatása és jelentősége az árvizek kialakulására. *Erdő és víz. Munkaértekezlet Sopron. Veszprém.* p. 12-22.
- ONG, C. – BLACK, C.R. – WILSON, J. – MUTHURI, C. – BAYALA, J. – JACKSON, N.A. (2014): Agroforestry: Hydrological Impacts. In: *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. (Ed.: Neal Van Alfen) Vol. 1, San Diego: Elsevier, pp. 244-252.
- SZILÁGYI J. – KOVÁCS Á. (2011): A calibration-free evapotranspiration mapping technique for spatially distributed regional-scale hydrologic modeling. *J. Hydrol. Hydromech.*, 59, 2011, 2, 118–130.