

Soproni Egyetem

Erdőmérnöki Kar

Doktori (PhD) értekezés tézisei

# **A magyarországi bükkösök hosszú távú egészségi állapot trendjei**

Janik Gergely

Sopron  
2021

**Doktori iskola:** Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok  
Doktori Iskola

**Program:** Az erdőgazdálkodás biológiai alapjai (E2)

**Témavezető:** Dr. Csóka György

## **Bevezetés:**

A XXI. század egyik legjelentősebb kihívása az emberiség előtt a klímaváltozás jelensége. Függetlenül attól, hogy mennyire ismertek pontosan az okai, maga a jelenség igen jelentős hatásokat gyakorol az időjárásra. Ez pedig természetesen az erdőket is érinti.

Hazai őshonos és jelentős erdőterületeket elfoglaló fafajaink közül mai ismereteink szerint a bükk igényli a leginkább a hűvös-csapadékos időjárást. Éppen ezért a klímaváltozással Magyarországon előrejelzett csapadék- és hőmérsékleti szélsőségek vélhetően erőteljesen érintik majd a bükköseinket. Ha azt kívánjuk előrevetíteni, hogy a jövőben a bükkösök egészségi állapota hogyan fog változni, célszerű megvizsgálni és elemezni azt, hogy az eddig eltelt időszakokban milyen események következtek be a bükkösökben száraz és meleg időszakokban.

Mivel 1989-től az ERTI gyűjtötte bükkös mintaterületein az erdő-egészségi állapot adatokat a mintafákról, illetve a OMSZ a mintaterületek térségében rendelkezik az említett időszakokban időjárási adatokkal, a felvetett vizsgálat elvégezhető. Ráadásul az erdők egészségi állapotáról kétféle adatállomány is rendelkezésre állt az ERTI jóvoltából: az erdővédelmi jelzőlapok rendszere és a monitoring-parcellák adatsorai.

## **Célkitűzések:**

- Az ERTI bükkös monitoring parcelláiról rendelkezésre álló erdővédelmi adatsorok értékelése.
- A fenti mintaterületekre interpolált meteorológiai adatsorok értékelése, és a két adatsor összevetése.
- Az ERTI erdővédelmi jelzőlapok rendszerének bükkösökre vonatkozó adatainak értékelése, és összevetése időjárási adatsorokkal.
- Az adatsorok matematikai statisztikai módszerekkel való elemzése, korrelációk kimutatása a káresemények, illetve az egészségi állapot mutatók és az időjárási jellemzők között.
- Az előbbi korrelációs értékek és a mintaterületek termőhelyi és erdőállomány jellemzőinek összevetése, azaz annak vizsgálata, hogy hogyan módosíthatják az összefüggéseket a termőhely és az erdőállomány bizonyos jellemzői.
- Az eredmények ismeretében javaslatok megfogalmazása erdőgazdálkodók számára a bükkösök jövőbeni termesztésére, nevelésére vonatkozóan.

## **Hipotézisek:**

- A bükkösök egészségi állapotára a meteorológiai állapotjellemzők, de elsősorban a hőmérséklet és a csapadék bizonyosan hatással vannak. Ezen belül feltételezzük (a gyakorlati megfigyelések és a szakirodalom alapján), hogy a magas hőmérséklet pozitív, míg a csapadékösszeg negatív korrelációban van az egészségi állapot jellemzőkkel (pl.: a lombvesztés %-a) mértékével.
- A fenti hatás a megfigyelések és szakirodalmak szerint visszamenőleges is lehet, azaz a korábbi év(ek) időjárása(i) is korrelációt mutathatnak az adott évben tapasztalt károkkal.
- Mivel olyan egészségügyi mutatókat használunk majd (levélvesztés, egészségi állapot index), amelyek összetett ökológiai folyamatok eredményei, és az időjárás komplex hatásai alatt állnak, feltételezzük, hogy az előbb említett összefüggések nem lesznek egyszerű formában leírhatóak, avagy nem mutatnak majd magas korrelációs értékeket. Emiatt az alacsonyabb korrelációs értékeket is célszerű megvizsgálni, és esetlegesen összetettebb statisztikai módszerek alkalmazását is mérlegelni kell.
- A fenti okok miatt feltételezzük, hogy a korreláció kimutathatóságára nagyszámú valószínűsíthető ható tényező közül a termőhelyi tényezők jelentős befolyással bírnak, statisztikai módszerekkel vélhetően kimutatható mértékben.

## **Anyag és módszer:**

A rendelkezésre álló bükk egészségi-állapot adatok két különböző rendszerből származtak. Ezek közül időrendben az első az erdővédelmi jelzőlapok rendszere, amelynek adatai 1962-től 2011-ig álltak rendelkezésre. Ebben az időszakban a jelentés papír alapon működött, és évente négy alkalommal jelentették az erdőgazdálkodók az erdeikben tapasztalt káreseményeket, és az érintett területek nagyságát.

A második adatgyűjtési módszer a monitoring-parcellák rendszere. A mintaterületeken évente legalább a vegetációs időszak végén (egyes időszakokban az elején is) felvételezték a mintafákat. A disszertációban az ERTI 32 db bükkös fafajú mintaparcellájából 15 db adatainak elemzése szerepel, mivel ezek voltak alkalmasnak tekinthetőek a statisztikai feldolgozásra.

Munkám során elemeztem mintaterületenként az átlagos levélvesztési %, az átlagos %-os hajtáskárok, más feljegyzett kártünetek és az Egészségügyi Deficit Index (EDI) alakulását. Az EDI értéke az egyes mintafák 5 fokozatú mutatójából számított mintaterületre jellemző érték. A statisztikai elemzésekben a dolgozat a lombvesztés %-os értékét, és az EDI mutatót használja.

A vizsgálati időszakra a meteorológiai adatok az OMSZ-tól származnak 1961-től 2010-ig. Ezek az adatok 10x10 km-es hálózatra interpoláltak, a mintaterületekhez legközelebbi mintapontok adatsoraival felhasználásával történtek meg az elemzések. A felhasznált meteorológiai adatok: havi maximum hőmérséklet, havi nyári napok száma, havi hőségnapok száma és a havi csapadékösszeg.

A meteorológiai adatok felhasználásával képzett FAI és PAI aszályindexeket is tekintetbe véve a mintaterületek egyedi értékelése megtörtént.

A teljes adatsorokon végzett alapstatisztikai értékelés (átlagok képzése, trendvonalak vizsgálata, lineáris korreláció) csak gyenge összefüggéseket mutatott, szükséges volt összetettebb idősoros értékelésre alkalmas módszer alkalmazására.

Az értekezésben a CReMIT időablakos eljárást alkalmaztam erre a célra. Az eljárás a havi időjárási adatokból különböző hosszúsági időablakokat képez, amelyek korrelálthatóak az erdő-egészségi paraméterekkel. Az időablakok kiválasztásánál a fontos volt:

- hogy azok az egészségi állapotot leginkább befolyásoló hónapokat fedjék le,
- hogy a kár évét egy évvel és két évvel is megelőző időablakokat is vizsgálhassuk, valamint
- hogy ne legyenek több vegetációs időszakba is átnyúló, vagy 6 hónapot meghaladó időablakok.

Az így képzett időablakokban az eljárás a vizsgált időjárási jellemzőket korreláltatta külön-külön az egészségügyi mutatókkal.

A CReMIT eljárás eredményeiben az egyes mintaterületek között jelentős különbségeket jelentkeztek az észlelt korrelációs értékekben, azaz egyes mintaparcellákon erősebb statisztikai összefüggések voltak, míg másokon gyengébbek. A különbségek feltárására szükséges volt az egyes

mintaterületeket termőhelyi, erdőállomány és klimatikus jellemzők szerint, főkomponens-analízist (PCA) alkalmazva csoportosítani. A termőhelyi- és állomány-jellemző értékeket az Országos Erdőállomány Adattár szolgáltatta. A mintaterületek klíma-adatait a meglévő meteorológiai adatsor hosszú távú (teljes vizsgálati időszakra vonatkoztatott) átlagai jellemezték. A PCA eljárás a bemeneti tényezőkből új változókat hoz létre, amelyek a mintaterületek alapadatainak varianciáit írják le. Az új (imaginárius) változóknak az eredeti változók varianciáinak mértéke leolvasható, azaz az adathalmaz változatosságát leginkább befolyásoló tényezők kiválaszthatóak. És a mintaterületek az új változók szerinti „térben” csoportosíthatóak.

## **Eredmények**

Az erdővédelmi jelzőlapok adatait összevettem meteorológiai adatokkal, amelyben a hazai bükk területek időjárását az összes bükk mintaterületre kapott interpolált adatsorokkal jellemeztem. A hőmérséklet enyhén emelkedő trendet mutatott 1961 és 2010 között, míg a csapadék trendje gyakorlatilag nem mutatott változást. A jelentősebb, kiugró mértékű erdőkárok jellemzően egybeestek, vagy néhány évvel követték a kiugróan száraz és aszályos évek előfordulásait, de nem egyöntetűen.

A mintaterületek meteorológiai adatsorait értékeltem, és a FAI (Forest Aridity Index) alapján elkülönítettem az aszályosnak tekinthető éveket. Az értékelésnél ugyanígy tekintetbe vettem a mintaparcellák termőhelyi és erdőállomány jellemzőit is.

A mintaterületek erdőkár adatsorait szintén értékeltem, és összevettem az időjárás adatokkal. A jelzőlapok eredményeihez hasonlóan itt is számos esetben nyilvánvaló, hogy a károk egybeesnek, vagy pár évvel követik az aszályos éveket, de ez nem minden aszályos év, és nem minden mintaterület esetében jelentkezett.

A CReMIT eljárással lehetőség volt a káresemény évét és két visszamenőleges évet is havi bontásokban vizsgálni. Az eredmények alapján a mintaterületek csoportosíthatóak voltak a különböző korrelációs értékek alapján. Az eredmények jobb megértése érdekében végzett PCA vizsgálat a termőhelyi-, erdő állomány-, és klimatikus paraméterek bevonásával segített a mintaterületek közötti eltérések jobb értelmezésében.

A CReMIT eljárás eredményei alapján elvégezve a mintaterületek csoportosítását a PCA eljárás eredményeivel egybevágó csoportokat

eredményezett, azaz a PCA eljárásban vizsgált tényezők által okozott különbségek az egészségügyi adatokban is kimutathatóak voltak.

### **Tézisek:**

1. A dolgozat eredményei szerint a bükkösök lombvesztése és a FAI index-el jellemzett időjárás közötti korreláció  $r$ -értéke a kár évében  $-0,17$  és  $+0,78$  között mozgott, míg a FAI 3 éves mozgó-átlagával  $-0,18$  és  $0,61$  között a 15 mintaterület adatsoraiban. Így a bükkösök egészségi állapota és a káresemény előtti 2 év időjárása közötti korrelációt kimutatható volt.
2. A CReMIT eljárás alkalmasnak mutatkozott az ERTI által hosszú távon gyűjtött, rögzített módszerrel gyűjtött erdővédelmi adatok feldolgozására, azon belül pedig lombvesztési és EDI (Egészségi Deficit Index) adatsorok elemzésére.
3. Az adatsorokban a kiemelkedően aszályos években (a mintaterületre jellemző átlagos FAI aszályindex-értéket 2-3-4 –szeresen is meghaladó FAI értékű években) jelentkeztek a legmarkánsabb erdőkárok, illetve állapotromlás.
4. A CReMIT elemzés eredményei szerint a bükk lombvesztésére a csapadékhiány kevésbé erősen hatott, mint a magas hőmérséklet.
5. Az értékelésbe vont havi hőmérsékleti mutatók a következő sorrendben mutattak erősödő, de az időablakok közötti előfordulásában erősen ritkuló korrelációt a levélvesztés értékével: maximum hőmérséklet, nyári napok száma, hőségnapok száma.
6. A két vizsgált erdő-egészségügyi mutató eltérő viselkedése volt kimutatható, ami eltérő jellegükből ered. A levélvesztés % esetében az azévi maximum-hőmérséklet volt meghatározó, míg az EDI esetében a 3 évre visszamenőleges csapadék mennyisége.
7. Az eredményekből következik, hogy a különböző mintaterületek esetében a kármutatók és az időjárási mutatókkal számított korrelációs értékek alakulása és a termőhelyi, valamint az állomány-jellemzők között statisztikai kapcsolat áll fenn. A termőhely kedvezőtlen mutatói az időjárás-kárérték korreláció magasabb értékével járnak együtt.
8. A termőhelyi- és állomány-jellemzők vizsgálatok a PCA analízis eredménye szerint mintaterületeken az egészségi állapot szempontjából meghatározó paraméterek a következők: hőmérséklet, termőrétegvastagság, tszf. magasság, csapadék, záródás, lejtés, elegyarány.

### **Javaslatok további kutatásra:**

- Az erdőkárok jellemzésére költséges, egzakt és modern mérési eljárások is ismertek, mint a mintapontok kialakításának idejében. Ilyen például a fotoszintetikus aktivitás mérése, vagy az edénynyalábokban a növényi nedvek mozgásának és nyomásának mérése.

- A mintaterületeken közvetlenül mérő, kihelyezett meteorológiai és termőhelyi mérőeszközökkel tovább javítható a pontosság.

- Eddig nem vizsgált paraméterek vizsgálatba vonása szintén hasznos lehet, mint például a páratartalom az állomány lombkorona-szintjében, a lombkoronát érő besugárzás erőssége, vagy a talaj hőmérséklete és nedvesség-tartalma.

- Az eredmények ismeretében célszerűnek látszik jövőben olyan mutatók kialakítása is, amelyek vélhetően az eddigieknél is jobb eredményeket adnak: ilyen lehetne például az egymást követő csapadékmentes napok száma, illetve ezek hösszege.

Természetesen mindezek a fejlesztési javaslatok komoly anyagi és rengeteg élőmunka ráfordítást jelentenek az erdészeti monitoring parcellák rendszerére.



## Publikációk listája:

### Idegen nyelvű tudományos közlemények

- Domingue, M.J.; Akhlesh Lakhtakia, A.; Pulsifer, D.P.; Hall, L.P.; Badding, J.V.; Bischof, J. L.; Martín-Palma, R. J.; Imrei, Z.; **Janik, G.**; Mastro, V.C.; Hazen, M. and Baker, T. C. (2014): Bioreplicated visual features of nanofabricated buprestid beetle decoys evoke stereotypical male mating flights. PNAS doi: 10.1073/pnas.1412810111 **IF: 9,8**
- Domingue, M.J.; Imrei, Z.; Lelito, J.P.; Muskovits, J.; **Janik, G.**; Csóka, Gy.; Mastro, V.C. and Baker, T.C. 2013: Trapping of European buprestid beetles in oak forests using visual and olfactory cues. Entomologia Experimentalis et Applicata, DOI: 10.1111/eea.12083 **IF: 1,669**
- Imrei, Z., Millar, J.G., **Janik, G.**, Tóth, M. (2013): Field screening of known pheromone components of longhorned beetles in the subfamily *Cerambycinae* (Coleoptera: *Cerambycidae*) in Hungary. Zeitschrift für Naturforschung C. 2013 May-Jun; 68(5–6): 236–242. **IF: 0,604**
- Janik, G.**, Pödör Z, Koltay A, Hirka A, Juhász J, Kovács Gy, Csóka Gy. (2020): Effects of meteorological and site parameters on the health status of beech (*Fagus sylvatica* L.) forests' leaf loss in Hungary. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica, 16(2): 67–78 DOI:10.37045/aslh-2020-0005
- Koltay, A., Szabó, I., **Janik, G.** 2012: Ash Dieback in Hungary. Forstschutz Aktuell, Nr. 55, August, 2012, 59–61.
- Koltay, A, Szabó, I., **Janik, G.** 2012: *Chalara fraxinea* Incidence in Hungarian Ash (*Fraxinus excelsior*) Forests. Journal of Agricultural Extension and Rural Development, 4(9): 236–239.

### Magyar nyelvű tudományos közlemények

- Andrési R., **Janik G.**, Fűrjes-Mikó Á., Eötvös Cs. B., Tuba K. (2018): A bükkfatapló [*Fomes fomentarius* (L. ex Fr.) Kickx.] bogárfaunisztikai vizsgálata Magyarországon. Erdészettudományi Közlemények, 8(2): 71-82. ISSN 2062-671
- Csóka Gy., Koltay A., Hirka A., **Janik G.** (2009): Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyesek és bükkösök egészségi állapotára. „Klíma-21” Füzetek 57., 64–73.

- Csóka Gy., Koltay A., Hirka A., **Janik G.**, (2007): Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyeseink és bükköseink egészségi állapotára. Erdő és klíma V. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, pp. 229–239.
- Csóka Gy.; Lakatos F.; Kolozs L.; Koltay A.; Hirka A.; **Janik G.**; Tuba K., Szócs L. 2013: Egészségi Állapot monitoring a magyar erdőkben: múlt, jelen, jövő. Pp. 29-38. In: Faragó S. (szerk.): Monitoring az erdészetben és a vadgazdálkodásban. A Magyar Tudományos Akadémián 2012. november 21-én megtartott tudományos ülés előadásainak kötete. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 2013. ISBN-978-963-334-114-8
- Hirka A., **Janik G.** (2009): A fehér fagyöngy (*Viscum album* L.) és a sárga fagyöngy (*Loranthus europaeus* Jacq.) életmódja és jelentősége Magyarországon. Növényvédelem, 45(4): 184–190.
- Hirka A., Koltay A., Csóka Gy., **Janik G.** (2008): Az akác biotikus és abiotikus kárai. Az Erdészeti kutatások digitális, ünnepi különszáma az OEE 139. Vándorgyűlésének tiszteletére, cikkgyűjtemény, pp. 281–300.
- Hirka A.; Koltay A.; Kolozs L.; **Janik G.**; Szócs L., Csóka Gy. (2014): Erdeink egészségi állapota 2013-ban. Erdészeti Lapok, 149(6-7): 258-261.
- Janik G.**, Hirka A., Koltay A., Juhász J., Csóka Gy. (2016): 50 év biotikus kárai a magyar bükkösökben. Erdészettudományi Közlemények, 6(1): 45–60.
- Lakatos F.; Tuba K.; Szabó I.; Varga Sz.; Sipos Gy.; Molnár M.; Sárándi-Kovács J.; Andrési D.; Némethné Pogány Cs.; Jambrich I-né; Dankó T-né; Csóka Gy.; Hirka A.; **Janik G.**; Szócs L.; Kovács T.; Szabóky Cs., Merkl O. (2014): A holtfa szerepe a diverzitás fenntartásában. pp. 148–164. in: Bartha D. és Puskás L. (eds) 2014: Silva naturalis, Vol 6.

#### Egyéb magyar nyelvű közlemények

- Csóka Gy., Hirka A., Koltay A., **Janik G.** (2008): A tölgyek biotikus és abiotikus kárai. Az Erdészeti kutatások digitális, ünnepi különszáma az OEE 139. Vándorgyűlésének tiszteletére, cikkgyűjtemény, pp. 98–116.
- Csóka Gy., Koltay A., Hirka A., **Janik G.** (2008): A bükk biotikus és abiotikus kárai. Az Erdészeti kutatások digitális, ünnepi különszáma az OEE 139. Vándorgyűlésének tiszteletére, cikkgyűjtemény, pp. 135–149.
- Csóka Gy., Koltay A., Hirka A., Kovácvics P., **Janik G.**, Kolozs L. (2012): Erdeink egészségi állapota 2011-ben. Erdészeti Lapok 147(5)141-143
- Hirka A., Csóka Gy., Koltay A., **Janik G.** (2008): A nyárok és fűzek biotikus és abiotikus kárai. Az Erdészeti kutatások digitális, ünnepi különszáma

- az OEE 139. Vándorgyűlésének tiszteletére, cikkgyűjtemény, pp. 258-280
- Hirka A., Csóka Gy., Koltay A., **Janik G.**, Szabóky Cs. (2008): Új megszállók - terjeszkedő rovarfajok Közép-Európa erdeiben. Erdészeti Lapok, 143: 208.
- Janik G.**, Tóth J., Csóka Gy., Szabóky Cs., Hirka A., Koltay A. (2008): Az erdészeti jelentőségű cserebogarak életmódja. Az Erdészeti kutatások digitális, ünnepi különszáma az OEE 139. Vándorgyűlésének tiszteletére, cikkgyűjtemény, pp. 350–380.
- Koltay A. Kolozs L., **Janik G.**, Kovácsévics P., Hirka A., Csóka Gy. 2013.: Erdeink egészségi állapota 2012-ben. Erdészeti Lapok, 148: 247–249.
- Koltay A., Csóka Gy., Hirka A., **Janik G.** (2008): Ketyeg az időzített bomba? - a rövid vágásfordulóú ültetvények növényvédelmi vonatkozásai. Erdészeti Lapok, 143: 213.
- Koltay A., **Janik G.**, Nagy A., Lovász Á., Dudás B., Reményfy R. 2012: Tömeges fenyőpusztulás a Mátrafüredi Erdészet területén. Erdészeti lapok, 147(10): 302–303:
- Koltay A., Kolozs L., **Janik G.**, Kovácsévics P., Hirka A., Csóka Gy. 2012: Erdeink egészségi állapota 2011-ben. Erdészeti Lapok, 147(5): 141-143..
- Koltay A., **Janik G.** 2012: A feketefenyő tömeges pusztulása súlyos aszályokat követően. Alföldi Erdőkért Egyesület Kutató napja Püspökladány, 28–33.

### Idegen nyelvű előadások és poszterek

- Domboróczky, G.; **Janik, G.**; Csóka, Gy. (2010): Insects reared from fruiting bodies of bracket fungi in a forest reserve in Hungary. 6Th European symposium and workshop on the conservation of saproxylic beetles, June 15-17, 2010, Ljubljana, Slovenia P
- Hirka, A.; **Janik, G.**; Koltay, A.; Csóka, Gy. (2010): Recently emerged or forgotten native pests in the Hungarian Forests. 9Th European Congress of Entomology, Budapest 22-27 August 2010
- Imrei, Z., Millar, J., Bálintné Csonka, É., **Janik, G.**, Csóka, Gy., Orgován, E., Domingue, M., Tóth, M. (2014): Prey pheromone as kairomone in a beetle complex of a Hungarian oak forest (Coleoptera: Cerambycidae and Cleridae). ISCE conference, 8-12 July, 2014. Urbana, USA
- Koltay, A, **Janik, G.** (2012): Sudden mass mortality of pines in the Mátra-mountains, Hungary. Methodology of forest insect and disease survey”

and IUFRO WP 7.03.06, Working Party Meeting, Palanga, Lithuania, 10 – 14th of September 2012.

Koltay, A., Szabó, I., **Janik, G.** (2010): *Chalara fraxinea* spreading in Hungary. IUFRO WP 7.0310. Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe, Workshop on Biotic Risks and Climate Change in Forests, September 20th to 23rd, 2010. FVA Freiburg, Germany.

Koltay, A., Szabó, I., **Janik, G.** (2011): *Chalara fraxinea* incidence in Hungarian Ash (*Fraxinus excelsior*) forests. Global Change and Forest Diseases, New Threats, New Strategies. IUFRO Meeting of 7.02.02. Montescarlos, Spain.

### Magyar nyelvű előadások és poszterek

Bárány G., Gyenes T., **Janik G.** (2016): Volt egyszer egy nyárfatermesztési rendszer, avagy mi történt az alföldi erdőgazdálkodásban kidolgozott termelési rendszerekkel? Alföldi Erdőkért Kutatói Nap kiadványa 2016. AEE, Kecskemét, pp. 23–26.

Csóka Gy., Koltay A., Hirka A., **Janik G.** (2008): Tanmesék az erdő immunrendszeréről - a természetesség erdővédelmi vonatkozásai. OEE 139. Vándorgyűlés, Debrecen, 2008. 07. 11-12.

Csóka Gy.; Koltay A.; Hirka A.; **Janik G.**, Szócs L. (2014): Erdővédelmi újdonságok a magyar erdőkben. Jubileumi konferencia, Püspökladány, 2014. október 1.

Gácsi Zs., **Janik G.**, Gyenes T. (2015): Szélsőséges homoki termőhelyek erdősítésében alkalmazható fafajkísérlet értékelése 2015-ben. Alföldi Erdőkért Kutatói Nap kiadványa 2015. AEE, Kecskemét, pp. 129-131.

**Janik G.** (2008): Új irányok a cserebogarak elleni védekezésben. Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, Szeged (P)

**Janik G.**, Andrési D., Benke A., Bárány G. (2019): Energetikai célú nemesnyár klónkísérletek a KEFAG Zrt-nél. AEE Kutatói Nap 2019 Kiadvány. Lakitelek, 227-230. ISBN 978-615-80594-4-2 (P)