

Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A klímaváltozás hatása a kocsánytalan tölgy
(*Quercus petraea*) elterjedésére és produkciójára**

Gulyás Krisztina

Sopron
2017

Doktori Iskola: Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási
Tudományok Doktori Iskola

Vezető: Prof. Dr. Faragó Sándor

Program: (E1) Erdei ökoszisztémák ökológiája és
diverzitása

Vezető: Prof. Dr. Mátyás Csaba

Témavezetők: Dr. Berki Imre
egyetemi docens

Dr. Pongrácz Rita
egyetemi adjunktus

Bevezetés és célkitűzés:

A klímaváltozás a 21. század legnagyobb kihívásai közé tartozik, hatással van életünk szinte minden területére, különösen a mezőgazdaságra, az energiagazdaságra, a vízgazdálkodásra valamint az erdőgazdálkodásra. Éppen ezért doktori disszertációmban a klímaváltozás hatáselemzését készítettem el hazánk egyik kiemelten fontos fafajára, a kocsánytalan tölgyre (*Quercus petraea* Matt. Liebl.).

A dolgozat alapvető célja, hogy kimutassa és meghatározza azokat a legfontosabb éghajlati tényezőket, amelyek a leginkább meghatározzák a vizsgált fafaj elterjedését, valamint produkcióját. A kiválasztott éghajlati paraméterek segítségével megbecsülje a várható változásokat a század végéig, és kimutassa a klímaváltozás hatásaira e fafaj számára különösen érzékeny, veszélyeztetett területeket. További céljaimat a következő pontokban foglaltam össze:

- A múltbeli éghajlati idősorok, ill. azokból meghatározható különböző szárazsági indexek, és a kocsánytalan tölgy elterjedése közötti kapcsolatokat számszerűsítése.
- Regionális klímamodell eredmények alapján a 21. század végére várható elterjedésének modellezése.
- A feltárt kapcsolatok alapján a fafaj produkciójának becslése, különös tekintettel a fatermőképesség változására.
- A kapott eredmények alapján olyan erdészeti tájak beazonosítása, ahol a kocsánytalan tölgy a leginkább ki lesz téve a klímaváltozás negatív hatásainak.

Mindezek ismerete nélkülözhetetlen az erdészeti gyakorlat szempontjából, hiszen annak alapfeladata, hogy a jövőben várható klimatikus feltételek mellett is gazdaságosan üzemeltethető stabil erdőket hozzon létre.

Felhasznált adatok és módszerek:

A dolgozat éghajlati adatbázisai a (1) Carpatclim múltbeli klíma adatbázis (1961-2010), valamint az (2) ENSEMBLES EU FP6 projekt keretein belül készült 12 regionális klímamodell (2011-2100). Mindkét adatbázis esetében harminc éves periódusonként vizsgáltam meg az éghajlat változásának tendenciáit a fafajok fő vízfelhasználási szakaszaira bontva.

A vizsgálatokhoz kiválasztott erdészeti adatbázisok az (1) Országos Erdőállomány Adattár (Adattár) és a (2) Faállományok Növekedésének Mérése (FNMI) monitoring adatbázisa, amelyek esetében az 50%-ot meghaladó kocsánytalan tölgy elegyarányú állományokat vontam bele az elemzésekbe.

Az elterjedés változásának modellezésére összesen négy modellt választottam, amelyek: a Digtterra Map GIS szoftverben elérhető maximális valószínűség osztályozó, és a ModEco szoftverben elérhető bioclim, domain, és one-class SVM modellek, amelyeknél számos megelőző statisztikai vizsgálat és beválási analitikai index érhető el.

A produkció vizsgálatokhoz az FNMI mintapontok zonális termőhellyel rendelkező adatait, ill. az éghajlati adatbázisokat használtam. A mintapontok alapján kiszámított fatermőképesség [$\text{m}^3/\text{ha}/\text{év}$] és a termőhelyi tényezők (különösen az éghajlati tényezők) összevetését STATISTICA13 program segítségével végeztem el. A fatermőképességre és a fatermési osztályokra leginkább ható éghajlati tényezőket főkomponens-, és faktor analízis, valamint korreláció analízis segítségével határoztam meg. A leginkább befolyásoló tényezők alapján regressziós egyenes illesztéssel becslést készítettem a várható jövőbeli fatermőképesség változására. Az így kapott eredményeket pedig terepi mérésekkel valamint hazai és nemzetközi szakirodalmi vonatkozásokkal hasonlítottam össze.

Eredmények és megvitatásuk:

Az elterjedési vizsgálatokhoz alkalmazott statisztikai módszerek (gyakorisági hisztogram, szóródási diagram, Cohen-féle kappá együttható) eredményei alapján a fafaj elterjedését leginkább meghatározó éghajlati paraméterek az (1) éves átlaghőmérséklet a (2) kritikus időszak (július) átlaghőmérséklete, a (3) növekedési időszak (április - október) csapadékösszege, valamint az (4) éves csapadékösszeg. Ezek alapján az elterjedésre két fő éghajlati tényező van hatással, a hosszútávú éves átlagok, valamint a fő vízfelhasználási időszakban bekövetkező szélsőségek. Ezt megerősíti, hogy az éghajlati szárazsági indexek között az ezekre a változókra épülő Ellenberg-index (EQ), a módosított Ellenberg-index (modEQ), a bükk tolerancia index (BTI) valamint az erdészeti szárazsági index (FAI) mutatatta a legerősebb összefüggéseket a jelenlegi elterjedéssel. Mivel mind az EQ, mind pedig a BTI a bükk éghajlati igényeihez kialakított mérőszámok, így a bükk és a kocsánytalan tölgy éghajlati igénye jöllehet különböző, ugyanakkor hasonló hőmérséklet /csapadékmennyiség aránnyal írható le.

Meghatároztam a vizsgált fafaj éghajlati igényének optimum közeli és tolerancia határait, mivel így jól behatárolható a potenciális jelenlegi elterjedés. Az EQ szerinti optimum közeli tartománya 27,0 – 36,0 °C/mm közöttinek, tolerancia tartománya pedig 20,0 – 41,5 °C/mm-nek adódott. A BTI szerinti behatárolás esetében a tolerancia tartomány 10,5 – 26,0 mm/°C közöttinek, az optimum pedig 13,5 – 18,0 mm/°C közöttinek adódott. E határokon kívül a tölgyelterjedés valószínűsége hazánk területén igen alacsony. E paraméterek alkalmazásával meghatározott potenciális jövőbeli kocsánytalan tölgy elterjedés jelentős csökkenése valószínűsíthető, melynek oka elsősorban a különböző éghajlati modellek által prognosztizált hosszantartó csapadékhiány.

Az alkalmazott elterjedési modellek közül egy (domain) eredményeit elvettem, mivel pontossági értéke (AUC) a legalacsonyabbnak bizonyult, továbbá jelentős különbségek adódtak a modell potenciális jelenlegi elterjedési térképe és a valós adattári adatok között. A további modelleredmények alapján meghatároztam azokat a tájakat, ahol a fafaj elterjedése a leginkább lecsökkenhet. Ezek az alábbiak:

- Cserhát,
- Heves-Borsodi-dombság,
- Bükkalji-dombságok
- Cserhát-vidék,
- Kelet-Zselic, Nyugat-Zselic.

Ezekben a tájakon inkább a szárazságot jobban tűrő fafajokat kell a jövőben előnyben részesíteni.

A statisztikai vizsgálatok nem adtak értékelhető eredményt az éghajlati paraméterek és a dendrometriai paraméterek összefüggésére, ha minden kocsánytalan tölgyes FNMI mintapontot bele vettem a vizsgálatba (összesen 584 mintapontot). Ennek valószínű oka, hogy a digitális klímaterkép jól jelzi a makroklimát, a helyi domborzati mikroklímára azonban már nem érzékeny. A továbbiakban tehát csak a zonális termőhelyű mintapontokat vizsgáltam.

Az elvégzett főkomponens- és faktor analízis eredményei alapján három faktort különítettem el, amelyek az (1) éves átlaghőmérséklet, a (2) hozammutató, és a (3) növekedési időszak csapadékösszegei. A faktorok egymáshoz való viszonyai alapján megállapítottam, hogy a kocsánytalan tölgy fatermésére enyhe pozitív hatással van az éves átlaghőmérséklet, erős pozitív hatással van a fő növekedési-, növekedési-, és kritikus időszakok csapadékösszegei, valamint negatív hatása van a kritikus időszak hőmérsékletének. A korrelációanalízis alapján a fatermőképességgel az Ellenberg-index ($r^2 = 0,23$) és a Thornthwaite-féle szárazsági index ($r^2 = 0,25$) mutatott szignifikáns kapcsolatot, így ezek a paraméterek alkalmasak jövőbeli becslésekhez.

A szakirodalomtól eltérően az eredményeim nem mutatták ki az erdészeti szárazsági index (FAI) jelentős hatását a fatermőképességre, melynek oka az lehet, hogy összesen 139 mintapont szerepelt a vizsgálatokban, amely a teljes adatbázis mintegy ¼-e.

A meghatározó éghajlati paraméterekkel regressziós egyenes illesztéssel készítettem el a jövőbeli fatermőképesség változásának becslését, mely alapján jelenlegi értékének 81,5 – 85%-ára csökkenhet a 21. század végére. Nagyon valószínű, hogy a fatermőképesség csökkenésének függvényében a fatermési osztályok (FTO) is a gyengébb termőhelyi kategóriák irányába mozdulnak el. A vizsgált mintapontok több mint 70%-án várhatóan legalább egy fatermési osztály romlás következhet be. Ez az eredmény hazai szakirodalmi vonatkozásokkal is megegyezik.

Az FNM adatok ellenőrzésére terepi méréseink eredményeit is felhasználtam, melyek egy országos nedves-száraz klímagradiens mentén helyezkedtek el. A mért felsőmagasság csökkenése jól követte a csapadékkellátottság csökkenését, azonban a száraz alföldperemi felszíneken a felső magasság nagyobb volt a várt értéknél. Ennek oka valószínűleg a talaj magas humusztartalma, valamint jó tápanyag ellátottsága. Ezeken a területeken már csernozjom barna erdőtalaj jellemző. Mindezzel együtt a mintapontok relatív felsőmagassága [%] nagyon jó összefüggést mutatott a referencia időszak (1981-2010) éghajlati adataival (az EQ szerinti összefüggés $r^2 = 0,65$).

Tézisek:

- 1) A kocsánytalan tölgy hazai elterjedésének változására alkalmazott négy elterjedési modell (maximális valószínűségi osztályozó bioclim, domain, one-class SVM) alapján, a fafaj előfordulását az éghajlati indexek között elsősorban az (1) Ellenberg-index, a (2) bükk tolerancia index és az (3) erdészeti szárazsági index határozza meg. Az elterjedés éghajlati tényezők között az (1) átlaghőmérséklet, a (2) növekedési, és fő növekedési időszak csapadékösszege, valamint a (3) kritikus időszak átlaghőmérséklete emelhető ki.
- 2) Az elterjedési modellek között a domain modell alacsony megbízhatóság miatt nem alkalmazható a kocsánytalan tölgy jövőbeli elterjedésének becslésére. A Digiterra Map szoftver maximális valószínűségi osztályozó modelljének eredményei azonban megegyeztek a bioclim és a one-class SVM modellekkel, így alkalmas elterjedési vizsgálatokhoz.
- 3) A statisztikai vizsgálatok alapján az elterjedést leginkább az Ellenberg-, és bükk tolerancia indexek határozzák meg, amelyek esetében jól behatárolható a kocsánytalan tölgy tolerancia, és optimum közeli tartománya. Az Ellenberg-index esetében a tolerancia tartomány $20,0 - 41,5$ °C/mm közöttinek, az optimum közeli tartomány pedig $27,0 - 36,0$ °C/mm közöttinek adódott. A bükk tolerancia index esetében a tolerancia tartomány $10,5 - 26,0$ mm/°C közöttinek, az optimum pedig $13,5 - 18,0$ mm/°C közöttinek adódott.

- 4) Az elterjedési modellek becsült jövőbeli változásai alapján kiválasztottam azok a tájakat, amelyek esetében a legintenzívebb területek csökkenés valószínűsíthető. Ezek az ún. veszélyeztetett területek, amelyek közé tartoznak az alábbiak:
- Cserehát
 - Heves-Borsodi-dombság
 - Bükkalji-dombságok
 - Cserhát-vidék
 - Kelet-Zselic, Nyugat-Zselic
- 5) A zonális termőhellyel rendelkező FNM1 mintapontok és a Carpatclim múltbeli klímaadatbázis 1981-2010-es éghajlati adataival végzett főkomponens-, és faktor analízis alapján a fatermőképességet leginkább meghatározó éghajlati tényezők közé tartozik az éves átlaghőmérséklet, valamint a növekedési-, fő növekedési-, és kritikus időszakok csapadékösszege. A korrelációanalízis során e tényezők mellett az Ellenberg-index és a Thornthwaite-féle szárazsági index szignifikáns összefüggést mutatott, így ezek az éghajlati paraméterek alkalmasak jövőbeli fatermőképesség becslésére.
- 6) Az FNM1 zonális termőhellyel rendelkező mintapontokon várhatóan jelentős fatermőképesség csökkenés következhet be, amely során négy erdészeti nagytájon (Északi-középhegység, Dunántúli-középhegység, Nyugat-Dunántúl, Dél-Dunántúl) jelenlegi értékének 83 – 86%-ára, a veszélyeztetett területeken pedig 81,5 – 85%-ára eshet vissza a 21. század végére. A fatermőképesség csökkenésének függvényében valószínű, hogy a fatermési osztályok is gyengébb termőhelyi kategóriák irányába mozdulnak el, amely a becslések szerint a mintapontok több mint 70%-án legalább egy fatermési osztály romlást jelent.

Publikációk:

Tudományos publikációk lektorált kiadványokban

B. Gálos, E. Führer, K. Czimer, **K. Gulyás**, A. Bidló, A. Hänsler, D. Jacob, Cs. Mátyás (2015): Climatic threats determining future adaptive forest management – a case study of Zala County. *Időjárás Quarterly journal of Hungarian Meteorological Service* 119(4): 425-441. (IF: 0,49) **Idézők száma: 5**

Konferencia-kiadvány cikk

Gulyás K., Gálos B., Czimer K. (2014): Az “agrárklíma” döntéstámogató rendszer klímaadatbázisának előzetes kiértékelési eredményei. In: Bidló A., Horváth A., Szűcs P. (szerk.): Nyugatmagyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kari Tudományos Konferencia Kiadvány, NymE Kiadó, Sopron, pp. 189-193. ISBN: 978-963-359-033-1

Gulyás K., Gálos B., Czimer K., Berki I. (2014): A klímaváltozás és a kocsánytalan tölgy modellezése. In: Csiszár I., Kőmíves P. M. (szerk.): Tavasz Szél 2014 / Spring Wind 2014 V. kötet, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Debrecen, pp. 204-215.

B. Gálos, **K. Gulyás**, K. Czimer (2013): Decision support system for climate change adaptation – application of climate data for hydrological impact analyses. International conference of Catchment processes in regional hydrology: experiments, modeling and predictions in Carpathian drainage basins, Sopron, Hungary, 28 October 2013. p. 7. ISBN: 978-963-334-142-1

Gulyás K., Berki I. (2013): A klímaváltozás hatása a kocsánytalan tölgy egészségi állapotára. In: Szabó A. (szerk.) 19. Nemzetközi Környezetvédelmi és Vidékfejlesztési Diákkonferencia, Szolnok, 2013. szeptember 27. p. 9. ISBN: 978-963-89935-0-2

Előadás

- Gulyás K.** (2017): Kocsánytalan tölgyek elterjedésének és fatermőképességének várható változásai a klímaváltozás tükrében. Herman Ottó Szakkollégium, Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, 2017. április 6.
- Berki I., **Gulyás K.** (2016): Klímaváltozás és fanövekedés. A mezőgazdasági tevékenységek alkalmazkodása az időjárási és éghajlati szélsőségekhez – Második PannEx magyar nemzeti szeminárium, Budapest, 2016. november 17.
- K. Gulyás**, Berki I. (2016): The effects of climate change on sessile oak (*Quercus petraea*) forests height growth in Hungary. International Online Conference of „Forest ecosystems and urbanization in modern environment” Sopron, 28. April 2016.
- Gulyás K.**, Gálos B., Czímber K., Berki I. (2014): A klímaváltozás és a kocsánytalan tölgy modellezése. Tavaszi Szél 2014 / Spring Wind 2014 konferencia, Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSz), Debrecen, 2014. március 21-23.
- Gulyás K.**, Gálos B., Czímber K. (2013): Az “agrárklíma” döntéstámogató rendszer klímaadatbázisának előzetes kiértékelési eredményei. IV. Kari Tudományos Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 2013. december 10.
- Gulyás K.**, Berki I. (2013): A klímaváltozás hatása a kocsánytalan tölgy egészségi állapotára. In: Szabó A. (szerk.) 19. Nemzetközi Környezetvédelmi és Vidékfejlesztési Diákkonferencia, Szolnok, 2013. szeptember 27.

Poszter

- K. Gulyás**, I. Berki, G. Veperdi (2017): Projected changes in the future distribution and production of sessile oak forests near the xeric limit. Geophysical Research Abstracts Vol. 19, EGU2017-6442-2, European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 23–28 April 2017.
- I. Berki, **K. Gulyás**, G. Veperdi (2017): The changes of the forests dendroproduction in the Carpathian basin - case study: *Quercus petraea*. Geophysical Research Abstracts Vol. 19, EGU2017-17583, European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 23–28 April 2017.
- K. Gulyás**, I. Berki, G. Veperdi (2016): Klimawandel verursachte Zuwachsminderung an Traubeneiche (*Quercus petraea*) in Ungarn. Forum für Wissen 2016: Wald und Klimawandel, Zürich, Schweiz, 29. November 2016.
- K. Gulyás**, I. Berki (2016): Tree height growth indicating drought and nitrogen deposition. Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-14017, European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 17-22. April 2016.
- K. Gulyás**, B. Gálos, I. Berki, K. Czimber (2014): – A case study for sessile oak (*Quercus petraea*) distribution – preliminarily results of a decision support system for climate impact analysis. Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-5174, European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 27 April - 04 May 2014.
- Zs. Válint, I. Berki, **K. Gulyás** (2013): The effects of climate change and nitrogen supply on health condition of sessile oak in Hungary. In: G. Gehrman (ed.) Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie: Building bridges in ecology, Potsdam, Germany, 9-13 September 2013.

K. Gulyás, I. Berki (2013): Health condition of sessile oak (*Quercus petraea*) in Hungary. In: Neményi M., Varga L., Facskó F., Lőrincz L. (eds.) Science for sustainability: International Scientific Conference for PhD students, Győr, Hungary, 19-20 March 2013.

Absztrakt, absztraktkötet

K. Gulyás, I. Berki, G. Veperdi (2017): Projected changes in the future distribution and production of sessile oak forests near the xeric limit. Geophysical Research Abstracts Vol. 19, EGU2017-6442-2

I. Berki, **K. Gulyás, G. Veperdi (2017):** The changes of the forests dendroproduction in the Carpathian basin - case study: *Quercus petraea*. Geophysical Research Abstracts Vol. 19, EGU2017-17583

K. Gulyás, I. Berki (2016): Tree height growth indicating drought and nitrogen deposition. Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-14017

K. Gulyás, B. Gálos, I. Berki, K. Czimber (2014): – A case study for sessile oak (*Quercus petraea*) distribution – preliminarily results of a decision support system for climate impact analysis. Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-5174

Zs. Válint, I. Berki, **K. Gulyás (2013):** The effects of climate change and nitrogen supply on health condition of sessile oak in Hungary. In: G. Gehrman (ed.) Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie: Building bridges in ecology, Potsdam, Germany, Book of abstracts, pp. 135-136. ISSN: 0171-113

K. Gulyás, I. Berki (2013): Health condition of sessile oak (*Quercus petraea*) in Hungary. In: Neményi M., Varga L., Facskó F., Lőrincz L. (eds.) Science for sustainability: International Scientific Conference for PhD students, Proceedings, pp. 172-173. ISBN: 978-963-334-103-2