



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

**KÜLÖNBÖZŐ KORÚ KOCSÁNYTALAN TÖLGYES
ÁLLOMÁNYOK TÖBBSZEMPONTÚ ÖSSZEHAONLÍTÓ
VIZSGÁLATA**

DOI: 10.54598/003610

Doktori (PhD) értekezés tézisei

TRENYIK PETRA

**Gödöllő
2023**

A doktori iskola:

megnevezése: Környezettudományi Doktori Iskola

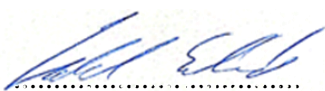
tudományága: Környezettudományok

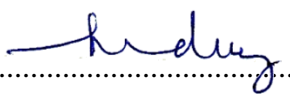
vezetője: Csákiné Prof. Dr. Michéli Erika
egyetemi tanár
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Környezettudományi Intézet,
Talajtani Tanszék

témavezető: Prof. Dr. Czóbel Szilárd
egyetemi tanár
Szegedi Tudományegyetem
Mezőgazdasági Kar,
Növénytudományi és Környezetvédelmi Intézet

társtémavezető: Dr. Szirmai Orsolya
tudományos munkatárs
Szegedi Tudományegyetem
Mezőgazdasági Kar,
Állattudományi és Vadgazdálkodási Intézet

.....
Prof. Dr. Michéli Erika
Az iskolavezető jóváhagyása


.....
Prof. Dr. Czóbel Szilárd
A témavezető jóváhagyása


.....
Dr. Szirmai Orsolya
A társtémavezető jóváhagyása

A munka előzményei, célkitűzések

Földünk éghajlata folyamatosan változik, ám a múltbéli adatok elemzéséből kiderül, hogy a glaciálisok és interglaciálisok váltakozása jóval lassabban játszódott le, mint a mostani felmelegedés esetében. Az IPCC 2018-ban kiadott tematikus jelentésében 1,5-2 °C-os globális hőmérséklet-emelkedéssel járó hatásokat, kockázatokat, valamint a mérsékléséhez szükséges üvegházhatásúgázok kibocsájtásának lehetőségét összegzi (MASSON-DELMOTTE, 2018). Az Országos Meteorológia Szolgálat éghajlati monitoringjából kitűnik, hogy a múlt század eleje óta a Magyarországon mért átlagos hőmérséklet emelkedés magasabb volt, mint az IPCC ötödik jelentésében előrejelzett ([http1](http://)). A Kárpát-medence tehát az átlagosnál jobban melegedő régiókhoz tartozik.

A meteorológiai adatok elemzése mellett a globális és regionális klímamodellek elemzésével kaphatunk teljesebb képet az éghajlat változásáról. A klímamodellek is a hőmérséklet emelkedését, az extrém időjárási események egyre gyakoribbá és intenzívebbé válását (aszályok, hirtelen lehulló nagy csapadékok, szélviharok, hőhullámok) jósolják. (BARTHOLY & PONGRÁCZ, 2005, 2007; SZALAI & MIKA, 2007; BARTHOLY et al., 2009; GÁLOS et al., 2012).

Az éghajlati átlagok változásánál sokkal nehezebben alkalmazkodnak az élőlények a szélsőséges klimatikus eseményekre (MÁTYÁS et al., 2010; RASZTOVITS et al., 2014). A hőmérséklet emelkedés és az egyre szárazabbá váló klíma valószínűleg a fajokat és azok elterjedési határait is érinteni fogja. Az alsó elterjedési határt a csapadék mennyisége szabályozza (HAMP & PETIT, 2005). A Kárpát-medencében ez azért is nagyon fontos, mert több fafaj alsó szárazsági határa itt húzódik (BERKI et al., 2007; MÁTYÁS et al., 2009; MÁTYÁS & GÁLOS, 2010; CZÚCZ et al., 2011).

Az élőlények klímaváltozásra adott válaszainak a kutatásában a legnagyobb nehézséget az adja, hogy az élővilág válaszai teljesen eltérőek különböző régiók vagy fajok esetében. Így a pontos térbeli és időbeli előrejelzések megállapításához rendkívül nagyszámú kutatásra van szükségünk (WALTHER et al., 2002; PARMESAN & YOHE, 2003; ROOT et al., 2003; PARMESAN, 2006).

RISSER (1995) szerint a legérzékenyebben a klimatikusan meghatározott zónák fognak reagálni. A Kárpát-medence ökoszisztémáit a hőmérséklet emelkedés mellett a jelenleg észlelt és előrejelzett csapadékviszonyok megváltozása veszélyezteteti leginkább (CZÓBEL et al., 2010). Azonban az ökoszisztémák válaszai ezekre a változásokra még kevésbé feltártak (CZÓBEL et al., 2008).

A kutatók arra figyelmeztetnek, hogy a globális klímaváltozás nem csupán a hőmérséklet emelkedésével jár, hanem az aszályos periódusok gyakoribbá válásával is. Ezek az időszakok komoly veszélyt jelentenek az erdőállományok egészségi állapotára, hiszen kutatásokkal bizonyították, hogy ezekben az időszakokban az állományok egészségi állapota leromlik, ami miatt gyérülés vagy akár a fiatalabb állományok teljes pusztulása is bekövetkezhet (CSÓKA et al., 2007; CSÓKA et al., 2009).

CZÚCZ és munkatársai (2013) szerint hazánkban a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) számára az optimális klímater jelentősen beszűkülhet. Kutatásaik szerint 2050-re a hazai kocsánytalan tölgyes állományok 80-100%-a is a számukra optimális klímateren kívülre eshet.

A fő állományalkotó fafajaink pusztulását is megfigyelték már, párhuzamosan az aszályos időszakokkal. Közülük talán a legsúlyosabb mértékben *Q. petraea* volt érintett. A pusztulás okára számos kutató kereste a választ, többek között IGMÁNDY és mtsai. (1985), JAKUCS (1988), BERKI (1991, 1995). Végül a tölgypusztulás fő okaként a hosszú aszályos periódusú éveket nevezték meg, amikor a vízhiány hatására, a legyengült fákon tömegesen jelennek meg lombfogyasztó rovarok és parazita gombák (VAJNA, 1989, 1990).

A faállományok közvetlen hatást gyakorolnak a mikroklíma, talaj- és fényviszonyokra, melyek így közvetett módon szinte valamennyi élőlénycsoportra kihatnak, nem csak a fásszárú újulatra, hanem a cserjeszintre és az erdei lágyszárúak mennyiségi és minőségi viszonyaira (WHIGHAM, 2004; HART & CHEN, 2006). Az egyes állományokra jellemző klímát (SZÁSZ et al., 1997) számos faállomány szerkezeti, termőhelyi, illetve táji változó kölcsönhatásai alakítják ki (AUSSENAC, 2000). A mikroklímát befolyásoló tényezők hierarchikus rendszerbe is illeszthetők (AUSSENAC, 2000; WENG et al., 2007); fő változóként a területre jellemző klíma és domborzati viszonyok vehetők figyelembe, melyek meghatározzák a talajtípust és vegetációt (OKE, 2002; GEIGER et al., 1995).

Egy erdőtársulás fajgazdagságában nagy szerepet játszanak az adott élőhelyen uralkodó létfeltételek és az ezekért folytatott versengés, valamint a növény- és állatvilág kapcsolata. A fentiekben leírt rendszer határozza meg, hogy egy faj elterjedésére alkalmasak-e a feltételek vagy pedig nem, ugyanis ez fő szerepet játszik a biodiverzitás kialakulásában. Ezekre a természetes folyamatokra próbál hatást gyakorolni az erdőgazdálkodás. Azért, hogy az erdők funkciójukat minél inkább betölthessék, a természetközeli erdőgazdálkodásban az ökoszisztéma megőrzése, a talaj és klíma védelme kiemelkedő fontosságú, ami hosszútávon a biodiverzitás megőrzését is szolgálja (SOMOGYI et al., 2001).

Szintén fontos szempont, hogy a biodiverzitás megőrzése az ökológiai és az ökonómiai kockázatok csökkenését is eredményezheti egyben, hiszen a bonyolultabb trofikus kapcsolatok révén a társulás ellenállóbbá válik (BESZE et al., 1999).

Számos adattal rendelkezünk a hazai erdőállományokat ért károsodásokról, többek között az EVH (Erdővédelmi Hálózat) monitoring rendszerének és az erdővédelmi kárbejelentő lapok rendszerének köszönhetően (HIRKA et al., 2015), ám ezek a felmérések nem egzakt mérésekkel, hanem becslésen alapuló módszerekkel határozzák meg a károsodások mértékét. Így kutatómunkám ebből a szempontból is hiánypótlónak tekinthető, hiszen én műszeres mérést alkalmaztam az állományok egészségi állapotának a kiértékelésére.

Vizsgálatom fő célkitűzései a következők voltak:

- Meghatározni és összehasonlítani a *Q. petraea* korhadtságát a Kárpát-medence három hegységében, amelyek egy Ny-K-i transzszekt mentén helyezkednek el.
- Meghatározni és összehasonlítani a *Q. petraea* korhadtságát 5 különböző korcsoportban, mind a 3 kiválasztott hegységben.
- A *Q. petraea* egészségi állapotának kiértékelése az egyes korcsoportokban, valamint hegységekben.
- Cönológiai felvételezés készítése a 3 hegység 5-5 különböző korcsoportjában.
- A cönológia felvételezés eredményeinek a kiértékelése szimilaritás, diverzitás, szociálmagatartás-típusok és relatív ökológiai mutatók alapján.
- A csapadékadatok összegyűjtése és kiértékelése a vizsgált területeken.
- A legfontosabb talajtani paraméterek kiértékelése a vizsgált területeken.

Anyag és módszer

Vizsgálati objektumok

A méréseket Magyarországon a Kőszegi-hegységben, a Börzsönyben és a Zempléni-hegységben végeztem el, egy több mint 300 km hosszú nyugat-keleti traszszekt mentén.

A vizsgálatok helyszínéül mindhárom hegységben 5-5 korcsoportot választottam ki, melyek 20, 40, 60, 80 és 100 évesek voltak. Az adatok összevethetősége érdekében standard paraméterek mentén jelöltem ki a vizsgálni kívánt állományokat. Minden korcsoportot egy-egy *Q. petraea* dominanciájú erdőrészlet képviselt, amelyekben a vizsgálatra kijelölt állományok 400 méteres tengerszint feletti magasságban, déli kiettségben, 2-17 fokos lejtőszögű hegyoldalon találhatóak.

A kiválasztott hegységek földtani, talajtani és növényzeti jellemzői

A *Kőszegi-hegység* a Keleti-Alpok része, jórészt kristályos pala, agyag pala, homokkő és gneisz alkotja. A hegységet podzolos barna erdőtalajok, illetve agyagbemosódásos barna erdőtalajok jellemzik. Az évi csapadékmennyiség az alacsonyabban fekvő területeken évi 750-800 mm, míg a magasabb térségben a 800 mm-t is meghaladja. Flórája változatos, magas az európai, közép-európai elemek száma. Néhány alpesi növény a Gyöngyös-pataknak köszönhetően jelent meg (fehér sáfrány (*Crocus albiflorus*), hamvas éger (*Alnus incana*)). Csupán néhány atlanti elem fordul elő, ám azok néha tömegesen jelennek meg (közönséges csarab (*Calluna vulgaris*)). Jellemzőbb szubmediterrán fajok a szelíd gesztenye (*Castanea sativa*), magyar varfű (*Knautia drymeia*), szárnyas rekettye (*Genista sagittalis*), erdei ciklámen (*Cyclamen purpurescens*), szártalan kankalin (*Primula vulgaris*). Kevés a kontinentális fajok aránya. A fenyves telepítések visszaszorították az őshonos fákból álló állományait.

A *Börzsöny* a Kárpátok belső vulkáni tevékenységének eredményeképpen jött létre. Alapkőzetét főként andezit, andezittufa, vulkáni eredetű törmelékes kőzet, továbbá helyenként homokkő és lajtamészke alkotja. Talajai jórészt ranker talajok, továbbá agyagbemosódásos- és Ramann-féle barna erdőtalaj, de előfordulnak podzolos barna-, pszeudoglejes barna- és lejtőhordalék erdőtalajok, földes kopár vázталajok is. Területén évente 600-800 mm csapadék hullik. Mivel a Börzsöny vulkanikus kőzetei nem rendelkeznek nagy víztároló képességgel, ezért a lehulló csapadék nagy része nem tud leszivárogni az anyakőzet mélyébe, ezért vízfolyásait rendkívül szélsőséges vízjárás jellemzi. Míg a peremterületeken átlagosan évi 600-650 mm csapadék hullik, addig a központi területeken 800-850 mm, de csapadékosabb években ez az érték 900-950 mm is lehet. A hegységet kevésbé érintette az ember tájtalakító tevékenysége, sőt az erdőirtás mértéke is kisebb volt, mint hazánk más tájain, így az erdőtakaró sok helyen közel természetesnek mondható. Sajátos domborzati viszonyai miatt, jellegzetes mikroklímával rendelkezik. Egyes becslések szerint a Börzsönyben mintegy 1250 féle növény fordul elő, beleértve a fajokat, alfajokat és hibrideket is. A hegység

flórája változatos, reliktum fajai kis területen csekély egyedszámmal jelennek meg. A magasabb térszíneken, akár 700 méteres magasságig gyertyános kocsánytalan tölgyesek borítják a hegység ezen oldalát, jellemzően 600 méter felett pedig már zárt bükkösöket találunk.

A *Zempléni-hegység* a Kárpátok előhegysége, továbbá belső vulkáni övének a tagja. Kőzetanyaga a riolit és az andezit, illetve ezek tufái. A Zempléni-hegység nagy részén az évi középhőmérséklet jellemzően 6-7 °C, azonban a déli oldalakon akár 10 °C is lehet. A hegység belső területein az éves csapadék mennyisége 500-800 mm körül mozog. Klímáját tekintve jelentősen eltér a hazánkban uralkodó pannon klímától, attól hűvösebb és csapadékosabb, a Kárpátokéra emlékeztet. Míg a Zemplén déli oldalain melegkedvelő, helyenként szárazságtűrő növényzet él, addig az északi oldalakon, nedvesebb völgyekben a kárpáti flóra fajai tűnnek elő. A hegység 85%-a erdősült, az északi oldalakon és 600 m felett jellemzően bükkösök dominálnak.

Vizsgálati módszerek

A fatörzs belsejének műszeres vizsgálata (FAKOPP)

A fák egészségi állapotát alapvetően meghatározza a fatörzs belső állapota, ezért terepi mérésekhez Fakopp 3D Akusztikus Tomográf 5.2-ot használtam. Ez a műszer a hangsebesség mérésével képes a fa törzsében levő üregek, korhadások méretének és elhelyezkedésének meghatározására, továbbá a faszerkezet pillanatnyi szilárdságát, illetve a károsodás mértékét és kiterjedését is segít körülhatárolni. A rostokra merőleges terjedési sebesség elérheti akár a 2000 m/s-ot, mely 15-ször gyorsabb, a levegőben terjedő sebességnél. Tehát a hanghullámok terjedési sebessége szoros összefüggésben van a fabelső, azaz a faanyag mechanikai tulajdonságaival. A hangsebesség méréséhez legalább két érzékelőt kell, hogy a fa törzsére helyezzünk, de ha a korhadás helyét is meg szeretnénk határozni, akkor kettőnél több érzékelőre van szükség.

Terepi mérések

A műszeres méréseket 2015-ben és 2016-ban végeztem el, a 2016-os mérések egy része már ismétlődő mérés volt. Az állományok kijelölésében a helyileg illetékes erdőgazdaságok erdészetei nyújtottak segítséget. Az adatok összevethetősége érdekében standard paraméterek (azaz a tszf.magasság, a kitettség, a lejtőszög, a fő állományalkotó fafaj a *Q. petraea*) mentén jelöltem ki a vizsgálni kívánt erdőállományokat.

A kiválasztott erdőrészekeken belül mintafákat jelöltem ki úgy, hogy először a cönológiai vizsgálatokhoz szükséges, az adott erdőrészletre reprezentatív mintavételi kvadrátokat (20×20 méter) választottam ki. Ezt követően a kvadrátok sarokpontjaihoz, illetve a közepéhez legközelebb eső *Q. petraea* egyedeket – kvadrátonként 5-5 faegyedet – jelöltem ki.

A mérésre kijelölt fák összesen 5 rétegben, a talajszinttől számítva 40, 80, 120, 160 és 200 cm-es magasságban végeztem méréseket, ügyelve arra, hogy a kiválasztott egyedeknél a fatörzs keresztmetszete lehetőleg kör alakú legyen.

2015-ben és 2016-ban is 10-10 mintafával dolgoztam erdőrésztelenként, úgy, hogy az első évben vizsgált 10 mintafa közül 5 mintafa méréseit 2016-ban megismételtem, ezáltal következtetéseket tudtam levonni a korhadás terjedésének éves üteméről. A terepi mérési időszak kétéves időtartama alatt összesen 1500 rétegfelvételt készítettem.

Cönológiai felvételezések

Minden hegységben, minden korcsoportban, az adott erdőrésztelre reprezentatív 2-2 kvadrátban végeztem el a cönológiai felvételezéseket. A felvételezések során BRAUN-BLANQUET (1964) módszerét vettem alapul úgy, hogy a kvadrátonként és szintenként (lombkorona-, cserje- és gyepszint) felvételezett edényes növényfajok borítási értékeit százalékos becslés alapján jegyeztem fel. A négyzet alapterületű mintavételi kvadrátok oldalhosszának mérete egységesen 20 méter volt. A felvételezett növényfajok hegységek szerinti hasonlóságát főkomponens analízissel (PCA) vizsgáltam. A fajok nomenklaturája SIMON (2000) művét követi.

Fakoppos adatok statisztikai kiértékelése

Az adatok elemzése során a korhadtság és a hegység, korcsoport, valamint réteg közötti kapcsolat vizsgálatához kétmintás varianciaanalízist alkalmaztam. A faktorszinteken belüli különbség megállapítására, valamint az egyes faktorszintek átlagának becsléséhez ún „treatment contrast”-ot használtam. A post hoc középérték-összehasonlító tesztek közül a Fisher-LSD tesztet alkalmaztam.

Szimilaritás vizsgálatok

A három hegység 3 -3 állományának szimilaritás vizsgálatához az általam átalakított Sørensen-indexet használtam. A Sørensen-index értékei 0 és 1 között változnak, ahol 0 azt mutatja, hogy a vizsgált társulásoknak nincs közös pontja, az 1 pedig, hogy 100 százalékban megegyeznek egymással.

Diverzitás vizsgálatok

Vizsgálataim során a korcsoportok szintjeinek diverzitás meghatározásához a Shannon- és a Simpson-féle diverzitás indexeket is felhasználtam. Továbbá annak érdekében, hogy az eltérő abundanciájú társulásokat diverzitásuk alapján sorba tudjam rendezni a Hill-számok módszerét is alkalmaztam. A hegységek és korcsoportok egyes szinteken belüli kapcsolatát varianciaanalízissel vizsgáltam.

Állományok ökológiai jellemzése

Az állományok társulástani és vegetációdinamikai jellemzéséhez, a felvételezett taxonokat szociálismagatartás-típusok és relatív ökológiai mutatók alapján értékeltem. Az ökológiai mutatók és szociálismagatartás-típusok hegységek, korcsoportok és szintek között megmutatkozó trendjét euklidészi távolság alapján elvégzett hierarchikus klaszteranalízis segítségével értékeltem ki. A statisztikai kiértékeléshez a MINITAB statisztikai programot használtam fel.

Talajtani vizsgálatok

Talajmintákat 2015-ben és 2016-ban gyűjtöttem a Kőszegi-hegység, a Börzsöny és a Zempléni-hegység 5-5 korcsoportjának, a két év során kijelölt 3-3 különböző kvadrátjából, a talaj felső 0-10 cm-es rétegéből. A talajmintákat a Szent István Egyetem Talajtani és Agrokémiai Tanszékének (jelenlegi nevén MATE Talajtani Tanszék) talajtani laboratóriumában elemezték. A humusz tartalmat, a pH-t (KCl) valamint a kötöttséget értékeltem ki.

Meteorológia adatgyűjtés

A csapadék adatsorokat 1950-től gyűjtöttem össze a mintaterületeinkhez legközelebb eső állomásokról. A Kőszegi-hegységben a kőszegi meteorológiai állomás adatait használtam fel, a Börzsönyben a diósjenői állomásét, míg a Zempléni-hegységben egészen 1970-ig a sárospataki meteorológiai állomás, majd onnantól a tolcsvai állomás adatait.

Eredmények és azok megvitatása

A Fakopp műszer mérési eredményeinek ismertetése

A korhadtság statisztikai kiértékelése során varianciaanalízissel szignifikáns eltérést tapasztaltam az egyes hegységek állományai között ($F_{6,133}=0,0022$; $p<0,01$). A börzsönyi állományt találtam a legrosszabb egészségi állapotban, ahol a vizsgált faegyedek átlagos romlottsága 4,4 % (95% CI: 3,56; 5,23; $n=375$) volt. A Kőszegi-hegység és a Zempléni-hegység *Q.petraea* egyedeinek romlottsága hasonlóan alakult, előbbié 2,41 % (95% CI: 1,58; 3,24; $n=375$), az utóbbié pedig 2,8% (95% CI: 1,97; 3,64; $n=375$).

A három hegység korcsoportjainak az összehasonlítása során mindhárom hegység esetében a 100 éves állomány egészségi állapotát találtam a legrosszabbnak. Egy-egy hegységen belül néhány fiatalabb állomány romlottsága nagyobb mértékű volt a töle idősebb korcsoportokénál. Ennek az lehet a magyarázata, hogy a művelés során az állományok egészségi állapota jelentősen javítható a beteg faegyedek eltávolításával. Ugyanakkor maguk az erdőművelési munkák is indukálhatják az egészségi állapot leromlását a keletkező sebzéseken keresztül.

Az idősebb állományokban az egyes mintafák rétegfelvételeinek az értékelése során azt tapasztaltam, hogy a fák romlottsági mintázata elkülöníthető az alapján, hogy sarj- vagy mageredetűek voltak-e. A sarj eredetű *Q.petraea*-k esetében a korhadás a korábbi tuskó felől indul meg a törzs belső részeit érintve, majd a törzs magasabban fekvő rétegei felé csökken a korhadtság mértéke. Ezzel szemben a mag eredetű, idős állományok esetében a korhadás a kéreg felől indul és jellemzően a magasabban fekvő rétegeket érinti. Ilyen volt a börzsönyi 100 éves korcsoport, míg a zempléni 100 éves korcsoport sarj eredetűt a mérések alapján is igazoltuk. Az ismétlőmérések eredményeinek a kiértékelése során már egy év elteltével a korhadtság növekedését tudtuk megállapítani, mely a három hegység valamennyi korcsoportjának a figyelembevételével átlagosan 1%-os volt. A korhadtság növekedésének értéke a hegységek 100 éves állományait vizsgálva már átlagosan 2,25%-ra nőtt, mely felhívja a figyelmet a vágásérett állományok érzékenységére.

Cönológiai vizsgálatok

A cönológiai felvételezések során a lombkoronaszintben a *Q. petraea* dominanciáját figyeltem meg. Ez a fafaj a főkomponens analízis során is elkülönült a többi fafajtól, amely arra utal, hogy jelenléte a többi fafaj borítottságát negatívan befolyásolja, amely hazai viszonyok között egyáltalán nem ritka.

Szimilaritás vizsgálatok

A szimilaritás vizsgálatok alapján a lombkoronaszintben tapasztaltam a legnagyobb hasonlóságot, ám ahogy nőtt a kvadráton belül előforduló fajok száma a cserje- és gyepszintben, úgy csökkent a szimilaritás. A korcsoportok két kvadrátjának a vizsgálata során magasabb hasonlósági értékeket tapasztaltam,

mint a három hegység azonos korú korcsoportjainak az esetében. A szimilaritás csökkenése részben a fajszám növekedésével magyarázható, részben pedig azzal, hogy a három halmaz metszete nem lehet nagyobb, mint kettőé.

Diverzitás vizsgálatok

Valamennyi szint esetében a Börzsönyi állományok diverzitása volt a legmagasabb, melyet a lombkorona- és a cserjeszint esetében a Kőszegi-hegység majd a Zempléni-hegység állományai követték. A gyepszint esetében azonban a Kőszegi-hegység diverzitása volt alacsonyabb.

Szociálismagatartás-típusok és relatív ökológiai mutatók

Mindhárom hegység lombkoronaszintjében a kompetitor fajok domináltak. Ezzel szemben a cserje- és gyepszint esetében a generalista és a természetes zavarástűrő fajok magas aránya volt jellemző. Az ökológiai mutatók kiértékelése során az egyes mutatókon belüli kategóriák számából arra következtettem, hogy a relatív hőigény (TB), a relatív vízigény (WB) és relatív talajreakció (RB) erősebben limitálja a fajok megjelenését, mint a relatív nitrogénigény (NB) vagy a relatív fényigény (LB).

Talajtani eredmények

A talajtani vizsgálatok során a mintaterületeken mindhárom hegységben erősen humuszos, barna erdőtalajokat találtak, a humusztartalom átlagosan 6,19% volt, amely alátámasztja HEFLER (2020) eredményeit (<http2>), aki a magyarországi erdők humusztartalmának növekedéséről számolt be. A talajok kálium-kloridos pH tartalmának a vizsgálata többnyire savanyú talajokat jelzett.

Csapadékadatsorok

A csapadékadatok vizsgálata során a Kőszegi-hegységben hullott a legtöbb csapadék (777 mm), melyet a Börzsöny (695 mm), majd a Zempléni-hegység (596 mm) követett. Habár a Kőszegi-hegység volt a legcsapadékosabb, mégis a Börzsönyben 2010-ben hullott a legtöbb csapadék (1318 mm), és szórás értékek is itt voltak a legmagasabbak (155). Érdekes, hogy a Zempléni-hegység éves csapadékmennyiségének a maximuma is meghaladja a Kőszegi-hegységét (1096 mm), amit szintén 2010-ben mértek (1132 mm).

Következtetések és a javaslatok

A korhadtság vizsgálata során számos következtetés levonására nyílt lehetőség a hegységek, korcsoportok és rétegek közötti trend megfigyelésével.

A három hegység közül a legalacsonyabb romlottságot a Kőszegi-hegységbeli állományokban mértem, ami egyben a legcsapadékosabb hegység a vizsgált területek között, és bár a vizsgált időszak alatt a csapadék mennyisége enyhén csökkent, a szórás értékek itt voltak a legalacsonyabbak. Ezek alapján feltételezhető, hogy a hasonlóan csapadékos hegységekben a csapadék mennyiségének a csökkenése kisebb szórás értékek mellett, még nem okozza a *Q. petraea* állományok egészségi állapotának a romlását.

Ezzel szemben a Börzsönyben, ahol nagyjából 80 mm-rel volt alacsonyabb a vizsgált időszak átlagos csapadékmennyisége, az állományok egészségi állapota mégis a legrosszabb volt. A vizsgált időszak alatt viszont az aszályos évek száma jelentős volt a Kőszegi-hegységben tapasztaltakhoz képest, melyek vitalitáscsökkenést okozhattak az állományokban (STOJANOVIC et al., 2015, THOMAS et al., 2002). A klímaváltozás hatására a tenyészidőszak megnövekedhet (MENZEL & FABIAN, 1999), amely az erdő produktivitását is növelheti (PRETZSCH et al., 2014). Az így létrejövő szélesebb évgűrűk érzékenyebben reagálnak a korhasztógombákra (TRENK, 2016). A fentiek alapján feltételezhető, hogy a jövőben a korhasztó gombák által okozott kártételek növekedni fognak. Így a csapadékosabb hegységek *Q. petraea* állományai esetében is előfordulhat egészségi állapot leromlás, ha gyakrabban fordulnak elő aszályos időszakok. Ezt a feltételezést támasztják alá a tölgypusztulást érintő kutatási eredmények is (CSÓKA et al., 2007; CSÓKA et al., 2009, VAJNA 1989,1990).

A Zempléni-hegység vizsgált területein volt a legalacsonyabb az átlagos éves csapadékmennyiség, ám a romlottsági adatok mégis alacsonyabbak voltak, mint a Börzsöny esetében. Ez egyrészt azzal is magyarázható, hogy a korhasztógombák életfeltételeinek kevésbé kedveznek a szárazabb területek, valamint, hogy a *Q. petraea* is adaptálódik a szárazabb klímához. Így előfordulhat, hogy a *Q. petraea*-nak az alsó szárazsági határon fekvő állományai az előrejelzettnél kevésbé érzékenyen fognak reagálni a csapadékviszonyok változására.

A FAKOPP 3D Akusztikus Tomográfiával végzett mérések segítségével pontosan meg tudtam határozni, az egyes mintafákat érintő korhadás mértékét és elhelyezkedését. Ezért úgy vélem, hogy a hazai fő állományalkotó fajoknál hasonló vizsgálatokkal még pontosabb képet kaphatnánk azok egészségi állapotáról.

A vizsgálatok során a legidősebb 100 éves állományok egészségi állapota volt a legrosszabb, amely egyben azt is jelenti, hogy az időjárási szélsőségekre ezek az állományok reagálhatnak a legérzékenyebben. Ez szintén felveti a lehetőségét, hogy a FAKOPP-ot az időjárási szélsőségeknek jobban kitett területek esetében használják, mintegy kockázatfelmérés gyanánt, hogy az állományok sérülékenységet megbecsülhessék.

A szimilaritás vizsgálatok során a hegységek azonos korú állományainak az összevetésekor viszonylag alacsony hasonlósági értékeket tapasztaltam, habár az állományok kijelölése standard paraméterek bevezetése mellett történt, és valamennyi állományban a *Q. petraea* volt a domináns fafaj. Mégis elmondható, hogy a klimatikus és geológiai tényezők, valamint az erdészeti kezelések nagyban befolyásolják az állományokban előforduló fajok körét, még akkor is, ha hasonló társulásokról van szó.

A diverzitás vizsgálatok során a Börzsöny vizsgált területein volt a diverzitás értéke a legmagasabb, ugyanakkor a csapadék mennyisége is jelentős volt. Viszont a Zempléni-hegység érintett állományai esetében nem csak a diverzitás mértéke volt mindhárom szintben alacsonyabb, de az átlagos csapadékmennyiség is elmaradt a börzsönyi területektől közel 100 mm-rel. Így feltételezhető, hogy a szubmontán kocsánytalan tölgyesek diverzitását negatívan befolyásolhatja a csapadékösszegek csökkenése.

Az ökológiai mutatók esetében a relatív hőigény volt az egyik kategória, amelyik feltételezhetően erősebben leszűkíti az egyes területeken megjelenő fajok számát, mivel csak néhány kategóriában szerepeltek fajok. SZMORAD (2011) munkája során a Soproni-hegység erdeit vizsgálta, és azt tapasztalta, hogy az 1959-es felméréshez képest 1997-re a montán tűlevelű erdők övére (4) jellemző fajok dominanciája eltolódott a montán lomblevelű erdők övére (5) jellemző fajok dominanciája felé. Jelen kutatás eredményei is azt mutatják, hogy mindhárom hegység gyepszintjében a montán lomblevelű erdők övére (5) jellemző fajok voltak a leggyakoribbak. Számos faj északi elterjedési határa a klímaváltozás hatására felfelé tolódik, ennek köszönhető, hogy a melegebb klímát kedvelő fajok száma megnövekedett. Ugyanakkor ez a kocsánytalan tölgyesek gyepszintjét alkotó fajok körének a megváltozását is jelzi, melyből így eltűnhetnek a hűvösebb klímát kedvelő fajok.

A vizsgált talajok magas humusztartalmának egyik oka a tarvágásokban kereshető, hiszen a tarvágott erdő helyén létrejövő nyíltabb, melegebb és szárazabb körülmények, a szervesanyagok gyorsabb lebontását eredményezhetik. A talaj pH esetében a 6-7 közötti tartomány lenne az optimális a makroelemek hasznosíthatósága szempontjából. A légszennyezés nyomán fellépő savas ülepedés egyik következménye azonban az erdei talajok savanyodása. A kutatási eredmények is valószínűsítik a tölgypusztulás egyik okaként meghatározott talajsavanyodást, melyet a hosszabb-rövidebb ideig tartó aszályos periódusok is súlyosbítanak.

Új tudományos eredmények

Az új tudományos eredményeimet az alábbi pontokban szedtem össze:

- A korcsoportok vizsgálata során megállapítottam, hogy a 100 éves *Q. petraea* állományok egészségi állapota a legrosszabb, valamint a Kőszegi-hegység *Q. petraea* állományai a legjobb egészségi állapotúak.
- A műszeres mérések segítségével el tudtam különíteni az idős állományokat azok eredete szerint azáltal, hogy a sarj és a mag eredetű állományok romlottsági mintázatát meghatároztam és összehasonlítottam.
- A műszeres mérések két egymást követő évben, ugyanazon faegyedeken történő ismétlésével megállapítottam, hogy a *Q. petraea* korhadtságának mértéke évente átlagosan 1%-kal növekszik.
- A *Quercus petraea* klímaadaptációját jelezheti, hogy a legszárazabb területeken nem a legmagasabb romlottsági értékeket mértem.
- A három hegység korcsoportjainál a fajkészletek összehasonlításához a Sørensen-index egy általam módosított verzióját használtam, amely nem csak 2, hanem 3 csoport összehasonlítására is alkalmas.

Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Tudományos folyóiratokban megjelent, lektorált, teljes szövegű tudományos közlemények

Idegen nyelvű, impakt faktoros folyóiratban:

Trenyik P., Skutai J., Szirmai O., Czóbel Sz. (2019): Instrumental analysis of health status of *Quercus petraea* stands in the Carpathian Basin. *Central European Forestry Journal* 65: 34-40. <https://doi.org/10.2478/forj-2019-0001> Impact Factor: 0,241

Idegen nyelvű, nem impakt faktoros folyóiratban:

Demeter A., Falvai D., **Trenyik P.**, Czóbel Sz. (2017): Ecological indicator based comparative study of tree of heaven (*Ailanthus altissima*) stands' herb layer. *Columella - Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 4 (1): 15-20. DOI: 10.18380/SZIE.COLUM.2017.4.1.15

Trenyik P., Ficsor Cs., Demeter A., Falvai D., Czóbel Sz. (2017): Examination the health state with instrumental measurements and the diversity of sessile oak stands in Zemplén mountains. *Columella - Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 4 (1): 21-30. DOI: 10.18380/SZIE.COLUM.2017.4.1.21

Trenyik P., Szirmai O., Magyar V., Demeter A., Skutai J., Czóbel Sz. (2017): Instrumental measurement of health status of old natural sessile oak stands. *Studia Botanica Hungarica* 48: 125-132. DOI: <http://dx.doi.org/10.17110/StudBot.2017.48.1.125>

Trenyik P., Szirmai O., Barczy A., Skutai J., Czóbel Sz. (2016): Examination on the state of health regarding a protected sessile oak stock. *Review of Faculty of Engineering Analecta Technica Szegedinensia* 10: 23-28.

Trenyik P., Borcsa-Bodolay J., Barczy A.; Czóbel Sz. (2014): Eltérő korcsoportú kocsánytalan tölgyes állományok diverzitásának összehasonlító vizsgálata a Börzsönyben pp. 35-39 In: Kóródi M. (szerk.): *Economica – A Szolnoki Főiskola Tudományos Közleményei VII. új évfolyam 1. szám*, 2014

Magyar nyelvű, nem impakt faktoros hazai folyóiratban:

Trenyik P., Barczy A., Demeter A., Czóbel Sz. (2014): Műszeres egészségiállapot felmérés két időskorú kocsánytalan tölgyes állományban a Börzsöny és a Gödöllői-dombság területén. pp. 359-364 In: Kóródi M. (szerk.): *Economica – A Szolnoki Főiskola Tudományos Közleményei VIII. új évfolyam 4/2. szám*, 2015, ISSN: 1585-6216

Trenyik P., Borcsa-Bodolay J., Molnár M., Barczy A., Czóbel Sz. (2013): Különböző korú kocsánytalan tölgyes állományok diverzitásának összehasonlító vizsgálata a Börzsönyben, *Tájékológiai Lapok* 11: 373-377

Lektorált jegyzet

Czóbel Sz. & **Trenyik P.** (eds.) (2015): Terepi vizsgálati módszerek. Egyetemi jegyzet. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő. pp. 126. ISBN: 978-963-269-494-8

Kongresszusi kiadványokban megjelent közlemények

Teljes szövegű közlemény, kongresszusi kiadványban, magyar nyelven, lektorált formában megjelentetve:

Trenyik P., Borcsa-Bodolay J., Barczy A., Czóbel Sz. (2014): Impact of forest management in semi-natural oak stands in the Börzsöny Mountains, Hungary pp. 573-582 In: Bene Sz. (eds): 20th Youth Scientific Forum, University of Pannonia Georgikon Faculty, Keszthely, Hungary, p. 600.

Egy oldalas idegen vagy magyar nyelvű összefoglaló - előadás vagy poszter alapján - tudományos folyóiratban, vagy annak különszámában:

Pályiné Deák N., **Trenyik P.**, Skutai J., Czóbel Sz. (2016): Idős kocsánytalan tölgyek egészségügyi állapotfelmérése a Szent István Egyetem Botanikus Kertjében Gödöllőn. / Health check of old sessile oak trees in the Botanical Garden of Szent István University in Gödöllő. pp. 200-202. In: Barina Z., Buczkó K., Lőkös L., Papp B., Pifkó D., Szurdoki E. (eds.): „XI. Aktuális flora- és vegetációkutatás a Kárpát-medencében” nemzetközi konferencia/“Advances in research on the flora and vegetation of the Carpat-Pannonian region” 11th international conference, Budapest, Magyar Természettudományi Múzeum, 2016. február 12-14.. Előadások és poszterek összefoglalói/Book of abstracts, 255 p. ISBN 978-963-9877-25-2

Trenyik P., Skutai J., Nagy V., Czóbel Sz. (2016): Applicability of instrumental examinations in nature conservation based on the example of a protected forest stock. p. 42. In: Hodúr C.; Krisch J; Boross N. (eds.): „International Conference on Science and Technique Based on Applied and Fundamental Research” ICoSTAF, Szeged, University of Szeged Faculty of Engineering, 2016. június 2. Book of Abstracts, 58 p. ISBN 978-963-306-482-5

Trenyik P., Szirmai O., Demeter A., Czóbel Sz. (2016): Idős természetközeli kocsánytalan tölgyes állományok egészségi állapotának műszeres vizsgálata. / Instrumental analysis of the health status in old natural sessile oak stands. pp. 226-227. In: Barina Z., Buczkó K., Lőkös L., Papp B., Pifkó D., Szurdoki E. (eds.): „XI. Aktuális flora- és vegetációkutatás a Kárpát-medencében” nemzetközi konferencia/“Advances in research on the flora and vegetation of the Carpat-Pannonian region” 11th international conference, Budapest, Magyar Természettudományi Múzeum, 2016. február 12-14.. Előadások és poszterek összefoglalói/Book of abstracts, 255 p. ISBN 978-963-9877-25-2

- Trenyik P.**, Barczy A., Czóbel Sz. (2015): Idős mag és sarj eredetű kocsánytalan tölgy dominálta állományok egészségi állapotának összehasonlító vizsgálata. p. 146 In: Padisák J., Liker A., Stenger-Kovács Cs. (szerk.): 10. Magyar Ökológus Kongresszus, Előadások és poszterek összefoglalói. Veszprém, 2015. augusztus 12-14., 165 p.
- Trenyik P.**, Czóbel Sz. (2015): Kocsánytalan tölgyes állományok egészségi állapotának vizsgálata a Zemplénben, valamint a Kőszegi-hegységben. 120 p. In: Nagy Z. B. (szerk.) LVII. Georgikon Napok Kivonat-kötet. 136 pp. ISBN 978-963-9639-81-2
- Trenyik P.**, Szirmai O., Barczy A., Czóbel Sz. (2015): Examination of old sessile oak stand with 3D acoustic tomography. 128 p. In: Bonis A., Bouzillé J.B., Rapinel S. (eds.) Book of abstracts, 24th International Workshop of the European Vegetation Survey, Rennes (France), 4-8 May 2015, 142 pp.
- Trenyik P.**, Szirmai O., Barczy A., Czóbel Sz. (2015): Prunetalia elemek előfordulása eltérő korú bürzsönyi tölgyes állományokban. Occurrence of Prunetalia elements in different ages oak stands in the Bürzsöny Mountains. pp. 249. In: Kerényi-Nagy V., Szirmai O., Helyes L., Penksza K., Neményi A. (szerk.): "I. Rózsa- és galagonya-konferencia a Kárpát-medencében" 2015. május 29-30. Nemzetközi Konferencia Kötet. "1st Rose and hawthorn conference in Carpathian Basin" International Conference Proceedings Book. pp. 255 ISBN: 978-963-269-479-5 Gödöllő, Szent István Egyetemi Kiadó, 2015.
- Trenyik P.**, Szirmai O., Czóbel Sz. (2015): Idős kocsánytalan tölgyes állományok többszemponútú összehasonlító vizsgálata. 59-60 pp. In: Szélpál Sz., Halász J., Hannus I., Kovács K., Wölfling J., Szilágyi Á., Androsits B. (szerk.) "Innováció a természettudományban – Doktorandusz Konferencia 2015" absztrakt ebook, Szeged, 2015.09.26. 61pp. ISBN 978-963-9970-63-2
- Czóbel S., Berecz T., **Trenyik P.**, Molnár M., Schellenberger J., Szirmai O., Saláta D., Barczy A. (2014): Spatial pattern of oak seedlings and weed vegetation in a reconstructed natural stand of *Aceri campestri-Quercetum roboris* community pp. 147. In: A. Čarni, N. Juvan, D. Riberio (eds.) 23rd International Workshop of the European Vegetation Survey – Book of Abstracts Ljubljana 8-12 May p. 231.
- Czóbel Sz., **Trenyik P.**, Berecz T., Saláta D., Molnár M., Schellenberger J., Bősze D., Szirmai O., Barczy A. (2014): Rekonstruált gyertyánelegyes mezei juharos tölgyes társulás tölgyújulatának és gyomviszonyainak vizsgálata. p. 141. In: Schmidt D., Kovács M., Bartha D. (szerk.): X. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia absztraktkötete. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 235. ISBN: 978-963-334-153-7
- Trenyik P.**, Borcsa-Bodolay J., Schellenberger J., Molnár M., Barczy A., Czóbel Sz. (2014): Comparative study of different-aged sessile oak stands in the Bürzsöny Mountains, Hungary pp. 122. In: A. Čarni, N. Juvan, D. Riberio

(eds.) 23rd International Workshop of the European Vegetation Survey – Book of Abstracts Ljubljana 8-12 May p. 231.

- Trenyik P.**, Czóbel Sz., Borcsa-Bodolay J., Molnár M., Schellenberger J., Barczy A. (2014): Eltérő korú hegyvidéki tölgyes állományok vizsgálata a Börzsönyben. p. 224. In: Schmidt D. – Kovács M. – Bartha D. (eds.): X. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia absztraktkötete. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 235. ISBN: 978-963-334-153-7
- Trenyik P.**, Borcsa-Bodolay J., Molnár M., Barczy A., Czóbel Sz. (2013): Comparative study of diversity of different-aged sessile oak stands in the Börzsöny Mountain pp. 133-134 In: Zimmermann Z., Szabó G. (eds.): VIII. Carpathian Basin Biological Symposium – I. Sustainable development in the Carpathian Basin, Book of Abstract, p.144. ISBN: 978-963-269-387-3
- Trenyik P.**, Borcsa-Bodolay J., Molnár M., Barczy A., Czóbel Sz. (2013): Különböző korú kocsánytalan tölgyes állományok diverzitásának összehasonlító vizsgálata a Börzsönyben pp. 134. In: Zimmermann Z., Szabó G. (eds.): VIII. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium – I. Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia absztraktkötete, p.144. ISBN: 978-963-269-387-3

Irodalomjegyzék

- AUSSENAC G., (2000): Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Annals of Forest Science*. 57, 287-301 p.
- BARTHOLY J., PONGRÁCZ R. (2005): Néhány extrém éghajlati paraméter globális és a Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. században. *AGRO-21 Füzetek*, 40: 70-93 p.
- BARTHOLY J., PONGRÁCZ R. (2007): Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, 57: 83-95 p.
- BARTHOLY J., PONGRÁCZ R., PIECZKA I., KARDOS P., HUNYADY A. (2009): Analysis of expected climate change in the Carpathian Basin using a dynamical climate model. *Lecture Notes in Computer Science*, 5434: 176– 183 p.
- BERKI I. (1991): Research into the cause of oak decay decline in Hungary. *Proceedings of International Symposium on Ecological Approaches of Environmental Chemicals*. Debrecen, 8–14 p.
- BERKI I. (1995): Az Északi-középhegységi kocsánytalan tölgypusztulás néhány okának vizsgálata. *Kandidátusi értekezés*, Debrecen, 132 p.
- BERKI I., MÓRICZ N., RASZTOVITS E., VIG P. (2007): A bükk szárazság tolerancia határának meghatározása. In: MÁTYÁS CS., VIG P. (Szerk.) *Erdő és Klíma V*. Sopron, 213-228 pp.
- BESZE P., FARKAS J., MÁRTA V. (Szerk.) (1999): *Pro Silva. Pro Silva Hungaria*, Mátrafüred, 15 p.
- BRAUN-BLANQUET J. (1964): *Pflanzensoziologie (Dritte, neubearbeitete und wesentlich vermehrte Auflage)*. – Springer-Verlag, Wien – New York, 865 pp.
- CZÓBEL SZ., HORVÁTH L., SZIRMAI O., BALOGH J., PINTÉR K., NÉMETH Z., ÜRMÖS ZS., GROSZ B., TUBA Z. (2010): Comparison of N₂O and CH₄ fluxes from Pannonian natural ecosystems. *European Journal of Soil Science* 61: 671-682 p.
- CZÓBEL SZ., SZIRMAI O., NAGY J., BALOGH J., ÜRMÖS ZS., PÉLI E.R., TUBA Z. (2008): Effects of irrigation on the community composition, and carbon uptake in Pannonian loess grassland monoliths. *Community Ecology* 9: 91-96 p.
- CZÚCZ B., GÁLHIDY L., MÁTYÁS CS. (2011): Present and forecasted xeric climatic limits of beech and sessile oak distribution at low altitudes in Central Europe. *Annals of Forest Science* 68(1): 99-108 p.
- CZÚCZ B., GÁLHIDY L., MÁTYÁS CS. (2013): A bükk és a kocsánytalan tölgy elterjedésének szárazsági határa. *Erdészettudományi Közlemények*, 3(1): 39-53 p.
- CSÓKA GY.; KOLTAY A.; HIRKA A., JANIK G. (2007): Az aszályosság

- hatása kocsánytalan tölgyeseink és bükköseink egészségi állapotára. In: MÁTYÁS CS. ÉS VIG P. (Szerk.): Erdő és klíma V. kötet, Sopron, 229–239 p.
- CSÓKA GY., KOLTAY A., HIRKA A., JANIK G. (2009): Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyesek és bükkösök egészségi állapotára. „Klíma-21” Füzetek, 57: 64-73 p.
- GÁLOS B., MÁTYÁS CS., JACOB D. (2012): Az erdőtelepítés szerepe a klímaváltozás hatásának mérséklésében. Erdészettudományi Közlemények, 2(1): 35-45 p.
- GEIGER R., ARON R.H., TODHUNTER P. (1995): The climate near the ground. Vieweg, Braunschwei, Germany. 528 p.
- HAMPE A., PETIT R.J. (2005): Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. Ecology Letters, 8: 461–467 p.
- HART S.A., CHEN H.Y.H. (2006): Understory vegetation dynamics of North American boreal forests. Critical Review of Plant Sciences, 25: 381-397 p.
- HIRKA A., KOLTAY A., KOLOZS L., SZŐCS L., CSÓKA GY., (2015): Erdeink egészségi állapota 2014-ben. Erdészeti lapok CL. évf. 9. szám 258-261 p.
- IGMÁNDY Z.; PAGONY H.; SZONTAGH P., VARGA F. (1985): A kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* MATT./Lieb) pusztulása hazánkban. Növényvédelem, 21(7): 311–311 p.
- JAKUCS, P. (1988): Ecological approach to forest decay in Hungary. Ambio, 17(4): 267–274 p.
- MASSON-DELMOTTE V. (Szerk.): Global Warming of 1.5 OC: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5° C Above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty (World Meteorological Organization, 2018).
- MÁTYÁS CS., FÜHRER E., BERKI I., CSÓKA GY., DRÜSZLER Á., LAKATOS F., MÓRICZ N., RASZTOVITS E., SOMOGYI Z., VEPERDI G., VÍG P., GÁLOS B. (2010): Erdők a szárazsági határon. „Klíma-21” Füzetek, 61: 84-97 p.
- MÁTYÁS CS., GÁLOS B. (2010): Erdőgazdálkodás és klimatikus szélsőségek: problémák és feladatok. „Klíma-21” Füzetek, 63: 25-32 p.
- MÁTYÁS CS., VENDRAMIN G.G., FADY B. (2009): Forests at the limit: evolutionary-genetic consequences of environmental changes at the receding (xeric) edge of distribution. Annals of Forest Science, 66: 800–803 p.
- MENZEL A., FABIAN P. (1999). Growing season extended in Europe. *Nature*, 397(6721), 659-659.p.
- OKE T.R. (2002): Boundary layer climates. Routledge. London and New York
- PARMESAN C. (2006): Ecological and Evolutionary responses to recent climate

- change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37: 637-669 p.
- PARMESAN C., YOHE G. (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421: 37–42 p.
- PRETZSCH H., BIBER P., SCHÜTZE G., UHL E., RÖTZER T. (2014): Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870. *Nature communications*, 5:4967, DOI: 10.1038/ncomms5967
- RASZTOVITS E., BERK I., MÁTYÁS CS., CZIMBER K., PÖTZELSBERGER E., MÓRICZ N. (2014): The incorporation of extreme drought events improves models for beech persistence at its distribution limit. *Annals of Forest Science*, 71: 201–210 p. <https://doi.org/10.1007/s13595-013-0346-0>
- RISSER P.G. (1995): The status of the science examining ecotones. *BioScience*, 45: 318–325 p.
- ROOT T.L., PRICE J.T., HALL K.R., SCHNEIDER S.H., ROSENZWEIG C., POUNDS J.A. (2003): Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421: 57–60 p.
- SIMON T. (szerk.) (2000): A magyarországi edényes flóra határozója. - Tankönyvkiadó, Budapest pp. 687.
- SOMOGYI Z., BARTHA D., BAROVICS A., CSÓKA GY. (2001): Erdő nélkül? L'Harmattan Kiadó, Budapest, 268 p.
- STOJANOVIĆ D., LEVANIĆ T., MATOVIĆ B., ORLOVIĆ S (2015): Growth decrease and mortality of oak floodplain forests as a response to change of water regime and climate. *Eur. J. For. Res.*, 134 (2015), pp. 555-567
- SZALAI S., MIKA J. (2007): A klímaváltozás és időjárási anomáliák előrejelzése az erdőtakaró szempontjából fontos tényezőkre. In: MÁTYÁS CS., VIG P. (Szerk.) Erdő és klíma V. Sopron, pp. 133-143.
- SZÁSZ G., TÓKEI L. (Szerk.), 1997. Meteorológia mezőgazdáknek, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 722 p.
- SZMORAD F. (2011): A Soproni-hegység erdeinek történeti, növényföldrajzi és cönológiai vizsgálata. *Tilia* vol 16. 287p
- THOMAS F.M., BLANK R., HARTMANN G. (2002): Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *For. Pathol.*, 32 (2002), pp. 277-307
- TRENYIK P., SZIRMAI O., BARCZI A., SKUTAI J., Czóbel Sz. (2016): Examination on the state of health regarding a protected sessile oak stock. *Review of Faculty of Engineering Analecta Technica Szegedinensia* 10: 23-28 p.
- VAJNA L. (1989): A kocsánytalan tölgy pusztulásának kórok- és járványtani kérdései. *Erdő*, 38: 169–175 p.
- VAJNA L. (1990): Fungi associated with oak-decline. *EPPO Bulletin*, 20: 3 p.
- WALTHER G.R., POST E., CONVEY P., MENZEL A., PARMESAN C., BEEBEE T.J.C., FROMENTIN J.M., HOEGH-GULDBERG O.H., BAIRLEIN F. (2002): Ecological responses to recent climate change.

- Nature, 416: 389–395 p.
- WENG S.H., KUO S.R., GUAN B.T., CHANG T.Y., HSU H.W., SHEN C.W. (2007): Microclimatic responses to different thinning intensities in a Japanese cedar plantation of northern Taiwan. *Forest Ecology and Management* 241, 91-100 p.
- WHIGHAM D.F. (2004): Ecology of woodland herbs in temperate deciduous forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 35: 583-621 p.

Elektronikus hivatkozások:

http1: https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=2334 Lekérdezés időpontja: 2023.03.08)

http2: http://talaj.hu/wp-content/uploads/2020/09/Hefler_PICO_TVGY2020_Sarvar.pdf (utolsó letöltés: 2023.03.08)