

Példák a klímakutatás eredményeinek átültetésére az erdészeti gyakorlatba és az oktatásba

1, dr. Gálos Borbála adjunktus

*Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet
9400 Sopron, Bajcsy Zs. u. 4., email: galos.borbala@emk.nyme.hu*

2, dr. Bidló András docens,

*Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet
9400 Sopron, Bajcsy Zs. u. 4., email: abidlo@emk.nyme.hu*

3, dr. Czímber Kornél docens,

*Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és
Vízgazdálkodási Intézet
9400 Sopron, Bajcsy Zs. u. 4., email: czimber@emk.nyme.hu*

4, dr. Mátyás Csaba akadémikus professzor

*Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar
9400 Sopron, Bajcsy Zs. u. 4., email: cm@emk.nyme.hu*

Kulcsszavak: klímaváltozás hatásai, alkalmazkodás, erdei ökoszisztéma, erdészeti felsőoktatás

Összefoglalás

A klímaváltozás erdei ökoszisztémákra gyakorolt hatásai és az alkalmazkodás lehetőségei témában az „Agrárklíma” projekt keretében egy döntéstámogató rendszert építettünk fel, a „Recland” projekt keretében egy tananyagmodult fejlesztettünk ki. Tanulmányunk a két projekt eredményei alapján példákat mutat be arra, hogyan integrálhatók a klímakutatás legfrissebb eredményei az erdészeti gyakorlatba, valamint az erdészeti felsőoktatásba.

Integration of the results of climate research into forestry practices and education

Keywords: climate change impact, adaptation, forest ecosystem, forest education

Abstract

In order to discuss the impacts of climate change on forests and the possibilities for adaptation, the “Agroclimate” project developed a decision support system and the “Recland” project worked out a learning module. In the focus of this paper is, how to bridge the gaps between climate research, forestry practices and education based on the experiences from the two projects.

1, Bevezetés

Az Éghajlatváltozási Kormánytestület (IPCC) legfrissebb, 5. helyzetértékelő jelentése alapján igen valószínű, hogy a klímaváltozás a szélsőséges időjárási események növekedésével jár Európában (IPCC, 2014). A Kárpát-medence térségére a regionális előrejelzések erőteljes melegedést, valamint a csapadékjárás szélsőségesebbé válását jelzik, több téli, kevesebb nyári csapadékkal, valamint gyakoribb aszályokkal és heves esőzésekkel (Jacob et al., 2013; Vautard et al., 2013). A változások a környezeti rendszereken kívül a gazdaságra, valamint az emberi egészségre nézve is súlyosak lehetnek.

Az érzékeny erdei ökoszisztémákban az elmúlt 20 év szélsőségesen száraz időszakainak hatásai már megfigyelhetők. A nyári aszályok az erdők elterjedését, vitalitását, egészségi állapotát és produktóját egyaránt érintették (Lakatos és Molnár, 2009; Mátyás et al., 2010). Ezek a hatások nagy valószínűséggel súlyosabbá válhatnak a 21. század második felében, mikor a szélsőséges időjárási események várhatóan nagyobb gyakorisággal fordulnak elő. Az erdészetben hosszútávú tervezésre van szükség. Ezért a hatékony alkalmazkodási stratégiák kidolgozásához, a helyi és regionális kockázatokra történő felkészüléshez nélkülözhetetlen a jövőben várható éghajlati tendenciák és hatásaik kutatása, ismerete.

2, Célkitűzés

Tudományos célok

Az erdészeti gyakorlat oldaláról az alábbi – klímaváltozással kapcsolatos – kérdések merülnek fel:

- Képesek az őshonos fafajaink alkalmazkodni a jövőben várható klimatikus feltételekhez?
- Hogyan változhat a növekedés és a produkció, az elkövetkezendő évtizedekben?
- Gyakoribbá válhatnak a rovarkárok? Számíthatunk új kórokozókra és károsítókra?
- Korábban kell kitermelni a faanyagot az egészségi állapot romlása vagy a mortalitás miatt?
- Szükséges új fafajok alkalmazása az erdőtelepítés és az erdőfelújítás során?
- Melyek a fafajcsere és a mortalitás gazdasági következményei az erdőgazdaságban?

Ezek a gyakorlati kérdések motiválták a kutatókat az Agárklíma Döntéstámogató Rendszer felépítésére a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV kutatási projekt keretében. A térinformatikai alapú döntéstámogató rendszer információt szolgáltat a klímaváltozás várható hatásairól, a lokális és regionális kockázatokról, valamint az alkalmazkodás lehetőségéről az erdő-, mező- és legelőgazdálkodásban, 2100-ig.

A projekt példája jól igazolja, hogy a gyakorlat, a helyi gazdálkodók, erdészek tapasztalatai, igényei, aktuális kérdései hogyan formálhatják a kutatás fő irányvonalait. Másrészt pedig a kutatás is hozzájárul a szakmai gyakorlat fejlődéséhez, döntéstámogató szerepet tölthet be az erdőgazdálkodás és az erdészeti politika számára. A folyamatba a civil társadalmat és az oktatási intézményeket is be kell vonni. A társadalmi szemléletformálás érdekében a klíma- és erdészeti kutatások eredményeit közérthető formában kell kommunikálni. A naprakész, átfogó tudással rendelkező szakemberek képzésében az erdészeti felsőoktatás kulcsszerepet tölthet be, ha a tananyagot folyamatosan fejlesztik és aktualizálják a legfrissebb tudományos eredményekkel.

Tanulmányunk példákat mutat be arra, hogyan integrálhatók a klíma- és erdészeti kutatás legfrissebb eredményei az erdészeti gyakorlatba, valamint az erdészeti felsőoktatásba, hazai és nemzetközi projektek tapasztalatai alapján

Oktatásfejlesztési célok

A RECLAND projekt keretében az erdészeti felsőoktatásban oktató konzorciumi partnerek egy MSc képzés teljes tananyagát állították össze, melynek középpontjában az áll, hogyan mérsékelhető a klímaváltozás és a tájdegradáció az erdőtelepítéssel. A Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézete által kifejlesztett tananyagmodul a fent említett gyakorlatorientált kérdések megválaszolására koncentrált.

A modul általános célja, hogy összefoglalást adjon az erdők klimatikus rendszerben betöltött szerepéről a klímaváltozás tükrében, valamint a klímaváltozás hatásairól, az alkalmazkodás, hatáscsökkentés lehetőségeiről. A tananyag a legfrissebb kutatási eredmények alapján a jelenlegi, valamint a jövőben várható éghajlati viszonyok, elsősorban szélsőséges időjárási események erdőkre gyakorolt hatásait tárgyalja, valamint bemutatja az erdők ökoszisztéma szolgáltatásait lokális és regionális szinten. A modul szintetizálja az elméleti és gyakorlati ismereteket. Oktatási szempontból a cél, hogy a hallgatók megértsék az erdő-klíma kölcsönhatás folyamatok összetettségét különböző tér- és időbeli léptékekben, valamint ismerjék és értékelni tudják az erdők éghajlatra gyakorolt hatását.

3, Eredmények

Ebben a részben áttekintést adunk a tananyagmodul 5 fejezetéről, melyek az alábbi belső felépítést követték:

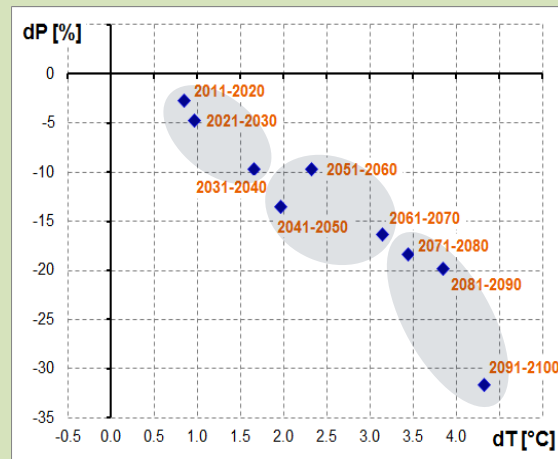
- *a fejezet célja*
- *a fejezet tudományos háttere (hogyan járul hozzá a klíma- és erdészeti kutatás a cél eléréséhez)*
- *a tudományos eredmények alkalmazási lehetőségei az erdészeti gyakorlatban*
- *a tananyag elsajátításával megszerzett ismeretek*

Az egyes fejezetek alábbi ismertetése során is ezt a felépítést követjük.

Az erdőtelepítés kihívásai a klímaváltozás tükrében a mérsékelt öv aszály-érzékeny térségében

A fejezet célja. Az első fejezet ismerteti a szakterület aktuális kutatási irányait, kérdésfeltevéseit. Általános áttekintést ad az erdőterület növekedését és csökkenését befolyásoló legfontosabb klimatikus és antropogén tényezőkről a világon és Európában.

A fejezet tudományos háttere. A klíma az erdők elterjedését meghatározó és korlátozó tényező. Az erdők elterjedésének alsó, szárazsági határán (Mátyás, 2009) a fajok előfordulását, alkalmazkodó képességét elsődlegesen a rendszeresen visszatérő szélsőséges aszályos periódusok korlátozzák. Az erdő/sztyepp átmeneti zóna ezért különös érzékenységet és sérülékenységet mutat a jövőben várható drasztikus melegedő és szárazodó éghajlati tendenciával szemben (1. ábra).



1. ábra. A 21. század során várható nyári hőmérséklet- (dT) és csapadékváltozások (dP) a Zala megyei mintarégióban. Referencia időszak: 1981-2010

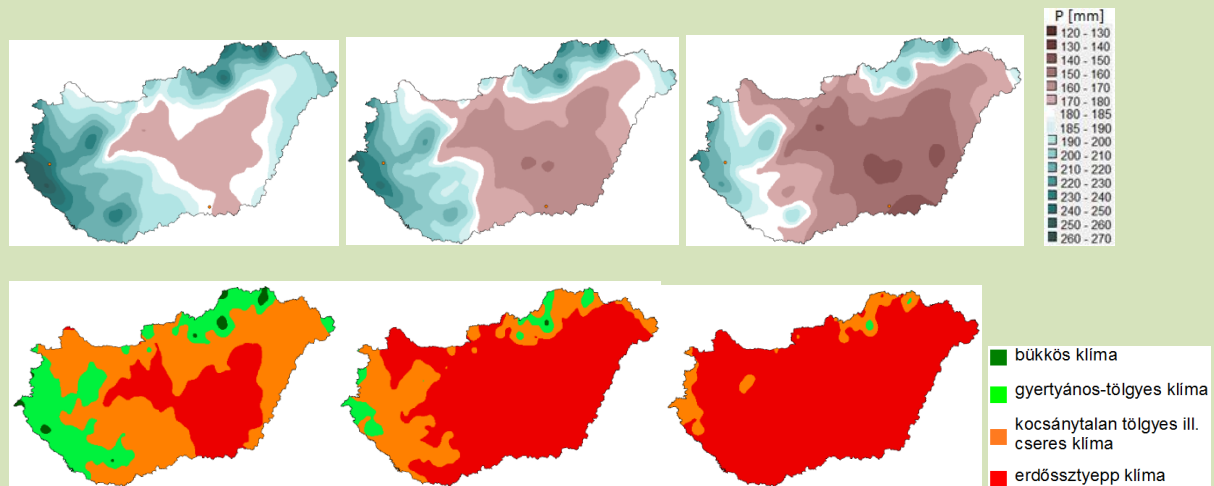
A tudományos eredmények alkalmazási lehetőségei az erdészeti gyakorlatban. Mivel az erdészet a fák életciklusából adódóan hosszú távú folyamatokon alapszik, az erdőgazdálkodásban a terveknek a klimatikus viszonyok hosszú távú tendenciáira, valamint a várható hatásokra kell épülni. Az erdőborítottságot fenn kell tartani az erdők kedvező hatásainak, ökoszisztéma szolgáltatásainak megőrzése érdekében.

A tananyag elsajátításával megszerzett ismeretek. A hallgatók értékelni tudják az erdők ökológiai szerepét az elterjedésük alsó határán. Meg tudják határozni erdő/sztyepp átmeneti zónában azokat a térségeket, amelyek már érintettek, illetve a jövőben érintetté válnak az éghajlatváltozás által. Megértik az erdészeti és természetvédelmi kérdésekben való megfelelő döntések fontosságát és sürgősségét is.

A klimatikus szélsőségek hatásai az erdei ökoszisztémákban

A fejezet célja. A fejezet bemutatja, hogyan érintették az elmúlt évtizedek klimatikus szélsőségei az erdők elterjedését, egészségi állapotát, vitalitását az érzékeny régiókban.

A fejezet tudományos háttere. A bükk jövője Délkelet-Európában különös figyelmet érdemel, mivel ebben a régióban számtalan populáció él az elterjedés szárazsági határán. Az elmúlt évtizedek aszályos periódusainak hatásai már most tapasztalhatók a bükkösökben, tölgyesekben. A regionális klímamodell szimulációk eredményei szerint hazánkban az éves csapadékösszeg nem változik jelentősen a 21. század során, azonban a csapadékmennyiség éven belüli eloszlása átalakul. A nyári csapadékösszeg 20-25 %-kal csökkenhet a század végére. A melegebb és szárazabb klimatikus körülmények gyakoribb, szélsőségesebb és hosszabb az aszályos időszakokat, hóhullámokat eredményezhetnek (Gálos et al., 2013b; Gálos et al., 2014). A várható változások gyorsabbak, mint az őshonos fafajok alkalmazkodóképességének sebessége. A folyamat a bükk és a tölgy egészségi állapotának, növekedésének, produkciójának, elterjedési területének (Rasztovits et al., 2012) drasztikus csökkenését eredményezheti (2. ábra). A gyakoribb és intenzívebb szárazság stressz hatására az érintett fafajok sérülékenyebbé válnak a kórokozókkal és károsítókkal szemben. A hosszan tartó szélsőségesen száraz időszakok tömeges pusztuláshoz vezethetnek (Mátyás et al., 2010).



2. ábra. A nyári csapadékmennyiség várható csökkenése (felső ábrásor) és ennek hatása az erdészeti klímaosztályok területi eloszlására (alsó ábrásor). 1981-2010 (bal oldali ábrák), 2011-2040 (középső ábrák), 2041-2070 (jobb oldali ábrák) az erdészeti aszályindex (Führer et al. 2013) alapján

A tudományos eredmények alkalmazási lehetőségei az erdészeti gyakorlatban. A bemutatott tudományos eredmények beépítésre kerültek az Agrárklíma Döntéstámogató Rendszerbe. Így az erdőgazdálkodók erdőrezsztlet-szintű információt nyerhetnek a várható hatásokról, a javasolt alkalmazkodási lehetőségekről, az esetleges fafaj csere szükségességéről.

A tananyag elsajátításával megszerzett ismeretek. A hallgatók azonosítani tudják az erdők egészségi állapot romlásának, valamint mortalitásának klimatikus okait, megértik a szélsőséges időjárási események szerepét a folyamatokban, valamint meg tudják indokolni, miért érzékeny a bükk klimatikus szempontból az elterjedésének alsó határán. Betekintést nyerhetnek az éghajlatváltozással kapcsolatos problémák összetettségébe, a hatótényezők és hatások ok-okozati láncolatába. Megtanulják, hogyan lehet ezeket az ismereteket hasznosítani az erdészeti döntéstámogatás folyamán.

Az erdők ökoszisztéma szolgáltatásai a klímaváltozás tükrében

A fejezet célja. A fejezet áttekintést ad az erdők ökoszisztéma szolgáltatásairól, tárgyalja az erdők és az erdőtalaj víz- energia- és szénforgalmát a klíma, régió, évszak, napszak és erdőtársulás függvényében.

A fejezet tudományos háttere. Az éghajlatváltozás hatásainak jövőre történő előrevetítéséhez megfelelő és pontos helyi szintű mérésekre és modellezési tevékenységre van szükség. Az értékelés során először függvénykapcsolatot teremtünk a meteorológiai és hidrológiai változók, valamint az erdők egészségi állapota, víz-, energia- és szénforgalma között. Ezt követően a jövőre vonatkozó klímamodel szimulációk eredményeinek felhasználásával a feltárt összefüggéseket kivetítjük a jövőre, így becslést kaphatunk a várható hatásokról. A lokális léptékű esettanulmányok eredményei számszerűsítik a melegebb és szárazabb klimatikus viszonyok hatásait a párolgási folyamatokra, talajvízszintre, valamint az erdők és a talajok szénmegkötésére (pl. Gribovszki et al., 2010; Móricz, 2010; Bidló et al., 2014). A finom skálájú mérési adatsorok hozzájárulhatnak a regionális klímamodellek fejlesztéséhez, valamint beépíthetők az Agrárklíma Döntéstámogató Rendszer adatbázisába.

A tudományos eredmények alkalmazási lehetőségei az erdészeti gyakorlatban. A monitoring tevékenység eredményeinek köszönhetően az erdészek hasznos információkat nyernek az

aktuális időjárási és hidrológiai viszonyokról, valamint ezek múltban megfigyelt tendenciáiról.

A tananyag elsajátításával megszerzett ismeretek. A fejezet tananyaga a mérési technikák és az eredmények kiértékelési módszereinek ismertetésén keresztül bemutatja az erdők ökoszisztéma szolgáltatásaival kapcsolatos folyamatok elméleti háttérét, valamint a mért adatok és modellezett folyamatok gyakorlati értelmezését. Ennek köszönhetően a hallgatók meg tudják indokolni, miért kiemelkedően fontos az erdőborítottság fenntartása, megőrzése.

A földhasználat változásának klimatikus hatásai

A fejezet célja. A fejezet összefoglalja a felszínborítás és földhasználat változás klimatikus hatásait globális, regionális és lokális szinten, hangsúlyozva az ember szerepét a rendszerben. Ezen felül egy országos léptékű érzékenység vizsgálat készült, melynek célja az elmúlt évszázad földhasználat változásainak klimatikus hatáselemzése volt.

A fejezet tudományos háttere. Az eredmények alapján hazánkban az elmúlt évszázadban a napi átlaghőmérsékletek 0,15 °C-kal növekedtek a vegetációs periódusban. Ez azt jelenti, hogy a felszín közeli légkör a földhasználat változás következtében ma melegebb és szárazabb, mint a 20. század elején volt. A földhasználat változás a csapadékmennyiségre nem gyakorolt jelentős hatást a 20. század során, lokális szinten. Ennek ellenére a csapadék területi eloszlása regionális léptékben változhat (Drüsler et al., 2010).

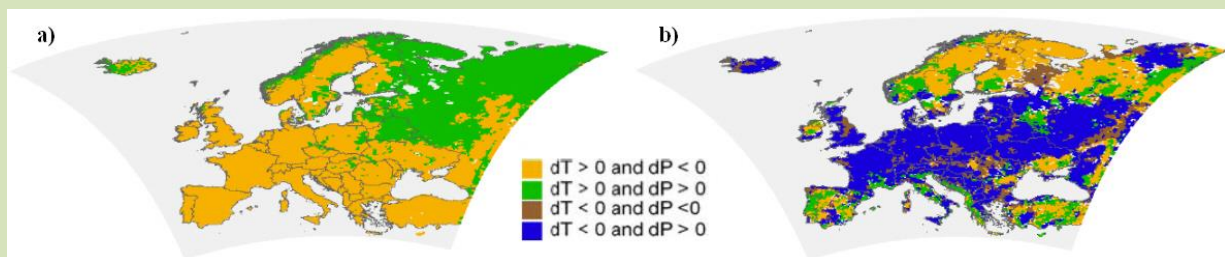
A tudományos eredmények alkalmazási lehetőségei az erdészeti gyakorlatban. A múltra vonatkozó hatástanulmány tapasztalatai alapján értékelhető a földhasználat mezoklimára gyakorolt hatása, valamint megbecsülhetők a jövőben várható hatások.

A tananyag elsajátításával megszerzett ismeretek. A hallgatók el tudják különíteni a természetes és antropogén éghajlat alakító tényezőket, és értékelni tudják az elmúlt évszázad földhasználat változásainak klimatikus hatását, és annak nagyságát különböző hazai régiókban.

Az erdőtelepítés szerepe a klímaváltozás hatásainak mérsékelésében

A fejezet célja. A fejezet regionális léptékű érzékenységvizsgálatok eredményeit mutatja be, melyek célja az erdőtelepítés éghajlati hatásainak számszerűsítése volt Európában.

A fejezet tudományos háttere. A nagy, összefüggő erdőterületek jelentős hatást gyakorolhatnak a regionális klímára. Az éghajlatváltozás által leginkább érintett térségekben az erdők hatása viszonylag csekély (3. ábra). Azonban a mérsékelt öv északi részén az erdőtelepítés hűvösebb és nedvesebb viszonyokat eredményez, és fontos szerepet játszhat a klimatikus szélsőségek hatásainak mérsékelésében. Hazánkban a délnyugati országrészekben a várható erőteljes melegedő és szárazodó tendencia nem semlegesíthető erdőtelepítéssel. De az északkeleti vidékeken a nyári csapadékmennyiség csökkenésének több mint a fele mérsékelhető lenne az erdőterületek növelésével (Gálos et al., 2013a).



3. ábra. Várható nyári hőmérséklet- és csapadékváltozás (a) megnövekedett üvegházgáz koncentráció (A2-es IPCC kibocsátási forgatókönyv alapján) illetve (b) potenciális (klíma és talajadottságok alapján maximálisan megvalósítható) erdőtelepítés hatására a 2071-2090-es időszakra (Gálos et al. 2013a)

A tudományos eredmények alkalmazási lehetőségei az erdészeti gyakorlatban. Az eredmények alapján azonosíthatók azok a térségek, ahol az erdőterület növelése klimatikus szempontból a legelőnyösebb és szerepet játszhat a klímaváltozás hatásainak mérsékelésében. Gyakorlati szempontból ezáltal hozzájárulnak az alkalmazkodási stratégiák hatékonyabb kidolgozásához és a megfelelő földhasználati politika kialakításához (valamint a legköltséghatékonyabb klímaváltozás-mérsékelő megoldás megtalálásához).

A tananyag elsajátításával megszerzett ismeretek. A hallgatók megértik az erdő – klíma kölcsönhatás folyamatok összetettségét, értékeln tudják a felszínborítás- és földhasználat változás éghajlati hatásait, valamint az erdők szerepét a klímaváltozás hatásainak mérsékelésében különböző tér- és időbeli léptékekben.

4, Összefoglalás

A klímaváltozáshoz történő hatékony alkalmazkodás érdekében a jövőbeni éghajlati tendenciák, valamint az erdő- és mezőgazdálkodásban várható regionális és lokális hatásai ismerete szükséges. Az érintett szektorok gyakorlati szakembereinek kérdései és igénye ösztönözte a kutatókat az Agrárklíma Döntéstámogató Rendszer felállítására, melynek célja, hogy információt szolgáltasson a klímaváltozás várható hatásairól és az alkalmazkodás lehetőségéről a Kárpát-medencében. Az éghajlatváltozással kapcsolatos ismereteket és kutatási eredményeket az erdészeti felsőoktatásba is be kell építeni. Tanulmányunkban bemutattuk egy nemzetközi projekt keretében fejlesztett tananyagmodul tartalmát, mely szintetizálja az elméleti és gyakorlati ismereteket ezen a szakterületen. Oktatási szempontból a tananyagmodul célja, hogy a hallgatók megértsék az éghajlatváltozás erdei ökoszisztémákra gyakorolt hatásait különböző tér- és időbeli léptékekben, valamint az erdők lehetséges szerepét a klímaváltozás mértékének enyhítésében. Ezáltal kiváló példát ad a klímakutatás eredményeinek erdészeti gyakorlatba és erdészeti felsőoktatásba történő átültetésére.

Köszönetnyilvánítás: A tananyagmodul fejlesztése az EU Lifelong Learning Programme, Erasmus Programme: Erasmus Multilateral Projects, 526746-LLP-1-2012-1-ES-ERASMUS-EMCR, MSc Programme in Climate Change and Restoration of Degraded Land projektben valósult meg. A jövőre vonatkozó klímaszimulációk eredményei az ENSEMBLES projektből származnak (www.ensembles-eu.org). Az „Agrárklíma” Döntéstámogató Rendszer fejlesztése a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV közös EU-nemzeti kutatási projekt keretében történt.

5, Irodalomjegyzék

- Bidló A., Gálos B., and Horváth A. (2014). The impact of climate change on carbon storage of urban soils. EGU General Assembly, Vienna, 27 April - 02 Mai, 2014; *Geophysical Research Abstracts, Vol. 14, EGU2014-13493*
- Drüsler, Á., Csirmaz, K., Vig, P., and J. Míka (2010). Effects of documented land use changes on temperature and humidity regime in Hungary; In: S. P. Saikia 2010: *Climate Change*, International Book Distributors, ISBN: 81-7089-370-4, 394-418
- Führer E., Jagodics A., Juhász I., Marosi Gy., Horváth L. (2013). Ecological and economical impacts of climate change on Hungarian forestry practice. *Időjárás, 117*, 159-174

- Gálos B., Hagemann S., Hänsler A., Kindermann G., Rechid D., Sieck K., Teichmann C. and Jacob D. (2013a). Case study for the assessment of the biogeophysical effects of a potential afforestation in Europe. *Carbon Balance and Management* 8:3, doi:10.1186/1750-0680-8-3
- Gálos B., Gulyás K., Czimer K. (2013b). Decision support system for climate change adaptation – application of climate data for hydrological impact analyses. In: Péter Kalicz, Zoltán Gribovszki, Kamila Hlavcová, Silvia Kohnová (eds). *HydroCarpath International Conference Catchment Processes in Regional Hydrology: Experiments, Modeling and Predictions in Carpathian Drainage Basins*. Sopron, 2013.10.27-2013.10.28.; Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 2013, Paper 18. (ISBN:978-963-334-142-1)
- Gálos B., Antal V., Czimer K., Mátyás Cs. (2014). Forest ecosystems, sewage works and droughts – possibilities for climate change adaptation. In: Santamarta J.C., Hernandez-Gutiérrez L.E., Arraiza M.P. (eds) 2014. *Natural Hazards and Climate Change/Riesgos Naturales y Cambio Climático*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Montes. ISBN 978-84-617-1060-7, D.L. TF 565-2014, 91-104
- Gribovszki Z, Szilagyi J, Kalicz P (2010). Diurnal fluctuations in shallow groundwater levels and streamflow rates and their interpretation - A review. *Journal of Hydrology* 385 (1-4), 371-383.
- IPCC (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. *IPCC Working Group II Contribution to AR5*. Cambridge University Press, Cambridge (<http://ipcc-wg2.gov/AR5/>)
- Jacob D., et 38 coauthors EURO–CORDEX (2013). New high–resolution climate change projections for European impact research. *Reg Environ Change*, DOI 10.1007/s10113–013–0499–2.
- Lakatos F., Molnár M. (2009). Mass mortality of beech on Southwest Hungary. *Acta Silvatica & Lignaria Hung.*, 5, 75–82.
- Mátyás Cs. (2009). Ecological perspectives of climate change in Europe's continental, drought-threatened Southeast. In: Groisman P. Y., Ivanov S. V. eds. *Regional aspects of climate-terrestrial-hydrologic interactions in non-boreal Eastern Europe NATO. Science Series*, Springer Verl. 31-42.
- Mátyás Cs., Berki I., Czúcz B., Gálos B., Móricz N., Rasztoivits E. (2010). Future of beech in Southeast Europe from the perspective of evolutionary ecology. *Acta Silv. & Lign. Hung.*, 6, 91-110.
- Móricz N (2010). Water Balance Study of a Groundwater-dependent Oak Forest. *Acta Silvatica&Lignaria Hungarica*, 6, 49-66.
- Rasztoivits E., Móricz N., Berki I., Pötzelsberger E., Mátyás Cs. (2012). Evaluating the performance of stochastic distribution models for European beech at low-elevation xeric limits. *Időjárás Quarterly journal of the Hungarian Meteorological Service*, 116(3), 173-194.
- Vautard R. et 25 coauthors (2013). The simulation of European heat waves from an ensemble of regional climate models within the EURO–CORDEX project. *Clim Dyn*, 41, 2555–2575, DOI 10.1007/s00382–013–1714–z