

AZ ELŐVIGYÁZATOSSÁG ELVE ÉS AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS. MIRE FIGYELMEZTETNEK AZ ERDŐK?

Somogyi Zoltán

a mezőgazdasági tudományok kandidátusa, tudományos főmunkatárs,
Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Erdészeti Tudományos Intézet
somogyiz@iif.hu

*Az éghajlatváltozás
komoly veszélyt jelent az erdőkre*

Földtörténeti léptékben precedens nélküli sebességgel változik éghajlatunk. E megállapítás alapját azok a tapasztalatok képezik, amelyek globális, sok szakterületet átfogó áttekintését az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ún. helyzetértékelő jelentései (IPCC, 2013, 2014a, 2014b) adják. Globális konszenzus jellegük miatt az e jelenésekben tett megállapításokat „a tudomány mai állásának” kell tekintetni (az IPCC-étől eltérő vélemények megalapozottságát pedig célszerű komoly és objektív vizsgálat alá venni). Az említett konszenzus (IPCC, 2014b) arra is figyelmeztet, hogy az éghajlatváltozásnak az *élvilágra* – és azon keresztül, valamint közvetlenül is az emberekre – gyakorolt hatása drasztikusabb lesz, mint a fizikai környezetünk elemeire gyakorolt hatás.

Hazánkra nézve és az erdőkre vonatkozóan ez a meteorológiai mérésekből számolt éves átlaghőmérsékletek felhasználásával demonstrálható. Az 1900-tól vett országos átlaghőmérsékletek idősora egy kb. 4 °C szélességű sávban ingadozik; országon belül pedig a legmelegebb (alföldi) és leghűvösebb

(a Mátra tetején uralkodó) éves átlaghőmérsékletek közötti különbség kb. 4,5 °C. Ehhez képest az átlaghőmérsékletek évszázad végére várható növekedése rossz esetben akár 6 fok is lehet (IPCC, 2013); de ha ez a növekedés „csak” 3 fok lesz, még az is összemérhető a fenti említett értékekkel. Ha a fák többé-kevésbé a fenti tartományokhoz szoktak hozzá (ezekhez alkalmazkodtak), ha az ezekhez tartozó szélsőértékeket kellett korábban elviselniük, akkor vajon remélhetjük-e, hogy elviselik majd a jelentősen megemelkedett hőmérsékleteket, és az ez alapján megnövekedett vízigényüket ki tudják majd elégíteni?

Közelmúltbeli erdészeti kutatási eredmények (például Móricz et al., 2013; Zimmermann et al., 2013) arra utalnak, hogy sok helyen nemleges lesz a válasz a fenti kérdésekre, és hogy több fontos európai fafaj potenciális elterjedési területe lényegesen megváltozik majd. A hazai adottságainkat figyelembe véve az évszázad végére például teljesen kipusztulhat a bükk, de jelentősen megváltozhat a kocsánytalan tölgy, a cser és más fontos, hosszú élettartamú fafaj elterjedési területe is.

Az elterjedési terület változása nemcsak azzal jár, hogy a fafaj – lassan – számára (csak

evolúciós léptékekben változó termőhelyi igényeinek megfelelő) új földrajzi helyeket hódít meg. Ezt várhatóan jóval megelőzi az, hogy – közvetlenül faszáradás (Rasztovics et al., 2014), közvetve pedig erdőtüz, a legyengült fákat megtámadó károsítók és kórokozók hatásai stb. következtében (IPCC, 2014a) – a számukra már megfelelő termőhelyeken álló erdők elpusztulnak. Ez pedig nemcsak azért lehet kedvezőtlen, mert erdők nélkül elesünk számos, az ember számára is nélkülözhetetlen erdei szolgáltatástól és terméktől (Somogyi, 2001), de azért is, mert a pusztulásból közvetlen, az éghajlatváltozást akár tovább erősítő kárunk is származhat.

*Az erdőpusztulás lehetséges hatása
az éghajlatváltozásra*

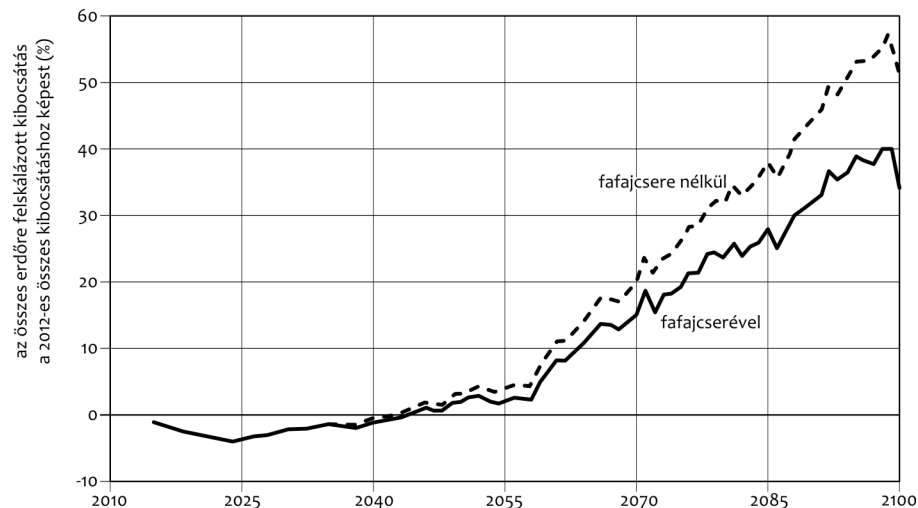
Az erdők pusztulása egyebek mellett azzal jár együtt, hogy a bennük tárolt hatalmas mennyiségű szén a légkörbe kerül. E szénemisszió potenciális nagyságát hazánkra nézve egy közelmúltban végzett kutatás (Somogyi, 2016b) próbálta megbecsülni. A becslés Zala megyére készült, azzal a (Rasztovics et al., 2014 alapján megalapozott) feltételezéssel, hogy a bükk – exponenciális mértékben növekvő, az évszázad második felében igen intenzívvé váló mortalitás mellett – az évszázad végére szinte teljesen kipusztul a megyéből. A feltételezések között szerepelt az is, hogy az erdők felújítása nemcsak a kipusztult erdők helyén, de már a normál körülmények között is a végaséretté váló erdőkben is a melegedést és a nyarak szárazabbá válását jobban bíró kocsánytalan tölgyteljével történik majd; a fák növekedése a melegedés hatására várhatóan csökken (Somogyi, 2008); és változik a holt szerves anyag lebomlási sebessége, valamint a föld feletti és föld alatti biomaszra aránya is. A becslések a hazai fejlesztésű CASMOFOR

erdei szénkörforgalmi modellel történtek (URL₁), amely az IPCC (2006) módszertanát, továbbá a hazai viszonyokat a lehető legjobban követő szénforgalmi modell. (A becslés a biomasz és holt szerves anyag emissziójára terjedt ki; az erdei talaj szénkészletében bekövetkező változásokat még nem tudjuk kezelni).

A modellfuttatási eredményekből különösen akkor vonhatók le fontos következtetések, ha (jó okkal) az egész országra a bükkéhez hasonló intenzitású erdőpusztulást tételezünk fel. Ebben az esetben a melegedés egy ideig ugyan némileg még növelheti is az erdők szénkészletét, az évszázad második felében azonban jelentősen megnő az egyre intenzívebben pusztuló erdőkből származó éves kibocsátás, ami az évszázad vége felé jó néhány éven keresztül elérheti a jelenlegi összes emisszió (NIR Hungary, 2016) akár a 40–55%-át is (*i. ábra*). Ezek az eredmények arra utalnak, hogy ha sikerülne is jelentősen csökkenteni az emberi eredetű, nem az erdőkből származó kibocsátásokat (lásd lejjebb), ezt a csökkenést nagymértékben ellensúlyozhatja a pusztuló erdőkből származó kibocsátás, ami – pozitív visszacsatolásként – tovább erősítheti az éghajlatváltozást.

Nem további kibocsátásokra, hanem az erdők szénkészletének megőrzésére van szükségünk

A fent említett visszacsatolás különösen annak fényében lenne kedvezőtlen hatású, hogy a kibocsátásoknak az IPCC és mások (például a Párizsi Egyezmény aláíró országai, URL₂) által fontosnak tartott csökkentése ügyében egyelőre nagyon rosszul állunk. A csökkentés azért szükséges, mert a – „közlegelőnek” tekinthető – légkörbe juttatott üvegházgázok eddigi mennyisége egyre halmozódik (ezzel együtt azok globális éghajlatváltozást ered-



1. ábra • A pusztuló erdőkből származó szén-dioxid-kibocsátások nagysága egy 3,7 fokos hőmérséklet-emelkedés hatására kialakuló, a zalai bükkösök kipusztulását (Móricz et al., 2013, Rasztovics et al., 2014, Somogyi, 2016b) feltételező forgatókönyv szerint, kiterjesztve (felszálázva) az ország összes erdejére. Az ábra a kibocsátásokat az országnak a 2012-es üvegházgáz-leltára szerinti összes, nem erdei eredetű kibocsátásához viszonyítva mutatja. (A pozitív értékek kibocsátásokat, a negatívak szénfelnyelést jelentenek.)

ményező hatásai is), és egyre inkább kimeríti a légkör és más ún. természetes nyelők kapacitását e gázok felvételére.

Ezt a kapacitást modellszámítások segítségével lehet becsülni. Ahhoz, hogy a hőmérséklet-emelkedés mértéke ne legyen több, mint a még feltehetően viszonylag mérsékelt károkkal járó 2 °C, az IPCC (2014b) által becsült kapacitás bizonytalansági tartományának alsó értéke 1740 GtCO₂ egyenérték. Legrosszabb esetben ennyi halmozott kibocsátást engedhet meg magának az emberiség; figyelembe véve a jelenlegi és a közeljövőben várható, továbbra is igen intenzív kibocsátási ütemet, ezzel az alsó értékkel érdemes számolni. Ebben az esetben változatlan éves kibocsátási ütem mellett akár két évtizeden belül elérhetik ezt az értéket a halmozott kibocsátások; nyilvánvaló tehát, hogy a jövőben

igen jelentősen csökkenteni kell a kibocsátást (2. ábra).

A fentiekhez szükséges hozzátenni, hogy a bioszféra óriási mennyiségű szénet tárol; hazánkban kb. hétszer annyi szén-dioxidnak megfelelő mennyiségű szén van az erdők faanyagában lekötve, mint amennyi az éves összes kibocsátásunk. Az erdők avarjában és talajában, valamint a holt faanyagban szintén számottevő mennyiségű szén tárolódik. Ezek levegőbe kerülése nálunk és más országokban jelentős további lökést adhat a globális felmelegedésnek.

Üvegházgáz-kibocsátások és -elnyelés a hazai leltár szerint

Hazánk csakúgy, mint a többi fejlett ország évente köteles közzétenni üvegházgáz-leltárát az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye

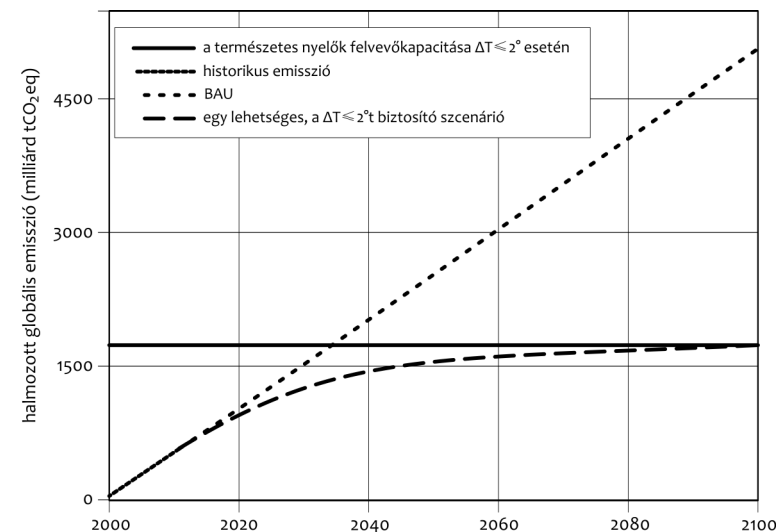
hatálya alatt. Ez a leltár az IPCC (2006) módszertana szerint az országban rendelkezésre álló lehető legpontosabb adatbázisok alapján készül az összes nemzetgazdasági ágazatra és a teljes lakosságra. A legutóbbi becslés szerint az ország összes kibocsátása jelentősen csökkent ugyan 1990 óta, azonban még mindig nagyon magas mind a kibocsátáscsökkentés szükséges mértékéhez, mind pedig az erdők szénfelnyeléséhez képest; ezen kívül pedig az eddigi csökkenés az utóbbi két évben megállni tűnik (NIR Hungary, 2017).

A becslések jól mutatják, hogy az erdők szénfelnyelése – ami eddig az egyedüli lehetőségünk volt a kibocsátások ellensúlyozására – az elmúlt két és fél évtizedben a kibocsátások kb. a huszada-harmincada volt. Azon-

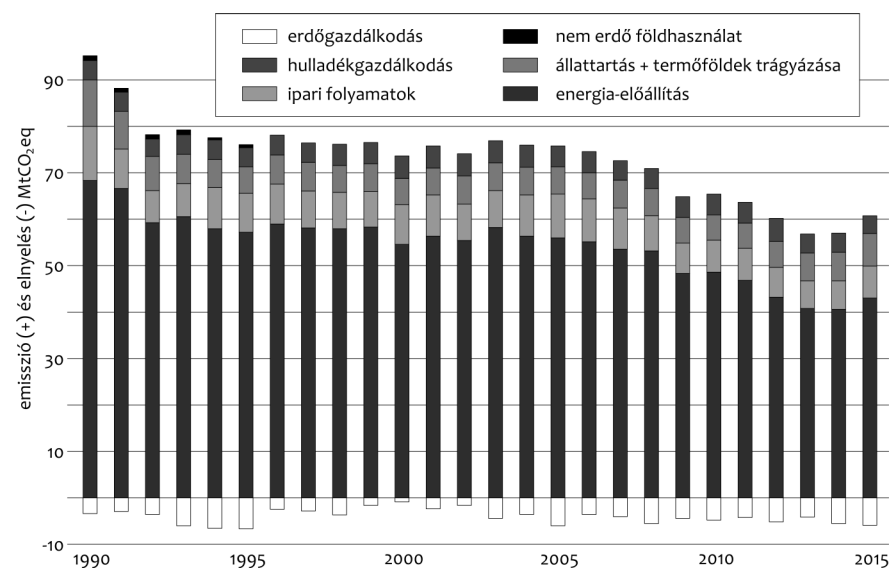
ban nem a szénfelnyelés lassú – ez természetes adottsága az erdőknek –, hanem a kibocsátásaink nagyon magasak. A nem túl távoli jövőben ráadásul – az erdők kor-, faj- és termőhelyi dinamikájának következtében – az erdők szénfelnyelése is megszűnik, sőt az erdők kibocsátókká válnak akkor is, ha a felmelegedés nem okoz erdőpusztulást. Ez még inkább szükségessé teszi a kibocsátások csökkentését – beleértve azt is, hogy amennyire lehet, elkerüljük az erdőpusztulásokból származó kibocsátásokat.

Kibocsátáscsökkentés az elővigyázatosság elve figyelembevételével

Az éghajlatváltozás és az ezért nagymértékben felelős (IPCC, 2013) üvegházgázok kibocsá-



2. ábra • Az emberi tevékenység által a légkörbe juttatott üvegházgázok halmozott emissziója 2000 és 2010 között (historikus emisszió) és változatlan kibocsátási ütem mellett 2100-ig extrapolálva (*business as usual*, BAU), valamint a levegő, az óceánok és más természetes nyelők becsült kapacitása (IPCC, 2014b) e gázok felvételére úgy, hogy a globális átlaghőmérséklet ne emelkedjen többet 2 °C-nál. A kapacitásnál a biztonság érdekében a becslés bizonytalansági tartományának alsó határát vettük figyelembe. Az emissziós trendeknek a felvevőkapacitáshoz való viszonya intenzív kibocsátáscsökkentést tenne szükségessé, amelynek egyik lehetséges forgatókönyvét a görbe vonal jelzi (Somogyi, 2016a alapján).



3. ábra • A hazai üvegházgáz-kibocsátások és -elnyelések az üvegházgáz-leltár főbb kategóriái szerint (NIR Hungary, 2017).

tása sokféle és jelentős negatív hatásának kockázata feltétlenül szükségessé teszi az elővigyázatosság elvének alkalmazását. Ez az elv azt mondja ki, hogy ha egy tevékenység vagy politika a károsítás kockázatával jár, és nincs tudományos konszenzus arra nézve, hogy a károsítás okoz-e károkat vagy nem, akkor azt, hogy nincsenek vagy nem várható károk, nem azoknak kell bizonyítaniuk, akiket károk érhetnek, hanem azoknak, akik a tevékenységet gyakorolják, vagy a politikát képviselik. Ez az elv számos más környezetvédelmi megállapodás mellett az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményében (URL₃) szó szerint is tetten érhető (3,3 cikkely): „A Felek tegyenek elővigyázatossági intézkedéseket az éghajlatváltozás okainak megelőzésére, megakadályozására vagy okainak csökkentésére és káros hatásainak enyhítésére. Ahol súlyos vagy visszafordíthatatlan károk veszélye fenyeget, a teljes tudományos bizonyosság hiánya nem használható fel indokként ezen intézkedések elhalasztására”.

Az anyag és energia megmaradásának tétele, a klimatikus rendszer és a bioszféra megismerése, valamint az erdők szénforgalmának modellezése során szerzett eddigi tudásunk mindenképpen a kibocsátás-csökkenést teszi szükségessé – nincs jel arra nézve, hogy ha e csökkenés elmarad, az kedvezőtlen lenne. Ahogy azonban fent jeleztük, az éghajlatváltozással és annak hatásaival vagy az erdőpusztulásból származó kibocsátások nagyságával kapcsolatban tudományos bizonyosságról nem, csak konszenzusról és esetenként elismerten nagy becslési bizonytalanságról (IPCC, 2014b, Somogyi, 2016b) lehet szó. Az elővigyázatosság elve a fentiek alapján azt kívánja meg, hogy csökkentsük a kibocsátásokat, amíg a tudomány fejlődése alapján e csökkentés szükségletessége be nem igazolódik.

E szükségletesség (vagy szükségesség) vizsgálatára, de az elővigyázatosság elve szerint a kibocsátások csökkentésére és a csökkentés mikéntjére vonatkozó módszerek fejlesztésé-

re hazánkban is nagy szükség volna. A hazai üvegházgáz-kibocsátási profil publikussága (NIR Hungary, 2017) ellenére – megfelelő vita hiányában – eddig nem sikerült kiaknázni a hazai mitigációs (kibocsátás-csökkentési) lehetőségeket. A mitigációs lehetőségeinkről folytatott, többek között a kibocsátási profilunk részleteibe menő, valamint az éghajlatváltozáshoz szükséges alkalmazkodásról folytatott felelős viták intenzívebbé tétele nem halasztható. E viták, továbbá az éghajlatváltozással kapcsolatban szükségessé váló

hazai teendők koordinálása, illetve a szükségessé váló kutatások végzése, valamint koordinálása célszerűen egy dedikált intézményben történhetne. Mivel – szemben más országokkal – ilyen intézmény nálunk nincs, ezért azt létre kellene hozni. Megismételve az MTA-n tett korábbi felvetésemet, javasolom, hogy jöjjön létre egy új intézmény Fenntarthatósági és Klímaváltozási Kutatóintézet néven.

Kulcsszavak: erdőpusztulás, bükk, éghajlatváltozás, üvegházgáz-kibocsátás

IRODALOM

- IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (Eggleston, H. Simon – Miwa, Kyoko – Ngara, Todd – Tanabe, Kiyota eds.). Hayama, Japan: IGES • <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Stocker, Thomas F. – Qin, Dahe – Plattner, Gian-Kasper et al. eds.). Cambridge, NY: Cambridge University Press • <http://ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- IPCC (2014a): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Field, Chris B. – Barros, Vicente R. – Dokken, David Jon et al. eds.). Cambridge, NY: Cambridge University Press • <http://ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
- IPCC (2014b): Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Edenhofer, Ottmar – Pichs-Madruga, Ramón – Sokona, Youba et al. eds.). Cambridge, NY: Cambridge University Press • <http://ipcc.ch/report/ar5/wg3/>
- Móricz Norbert – Rasztovcics Ervin – Gálos Borbála et al. (2013): Modelling the Potential Distribution of Three Climate Zonal Tree Species for Present and Future Climate in Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*. 9, 1, 85–96. DOI: 10.2478/aslh-2013-0007
- NIR Hungary (2017) *National Inventory Report, Hungary*. • <http://tinyurl.com/m96gcff>
- Rasztovcics Ervin – Berki Imre – Mátyás Csaba – Czímber Kornél – Pötzelberger, Elisabet – Móricz Norbert (2014): The Incorporation of Extreme Drought Events Improves Models for Beech Persistence at Its Distribution Limit. *Annals of Forest Science*. 71, 2, 201–210. DOI: 10.1007/s13595-013-0346-0
- Somogyi Zoltán (2001): *Erdő nélkül?* Budapest: L'Harmattan Könyvkiadó • <http://tinyurl.com/knpkqve>
- Somogyi Zoltán (2008): Recent Trends of Tree Growth in Relation to Climate Change in Hungary. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*. 4, 17–27. • <http://tinyurl.com/n7ylyes>
- Somogyi Zoltán (2016a): A Framework for Quantifying Environmental Sustainability. *Ecological Indicators*. 61, Nov. DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.09.034
- Somogyi Zoltán (2016b): Projected Effects of Climate Change on the Carbon Stocks of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) Forests in Zala County, Hungary. *Lesnicki casopis - Forestry Journal*. 62, 3–14. • http://www.nlcsk.sk/fj/images/pdf/Rocnik_62/Cislo_1_2016/Somogyi.pdf
- Zimmermann, Niklaus E. – Normand, Signe – Pearson, Peter B. – Psomas, Achilleas (2013): Future Ranges in European Tree Species. In: Fitzgerald, Joanne – Lindner, Marcus (eds.) 2013. *Adapting to Climate Change in European Forests – Results of the MOTIVE project*. Sofia: Pensoft Publishers, 15–21. • <http://tinyurl.com/lvdyujc>
- URL1: <http://www.scientia.hu/casmofof>
- URL2: <http://tinyurl.com/zj3db9q>
- URL3: <http://tinyurl.com/k3xyq3a>