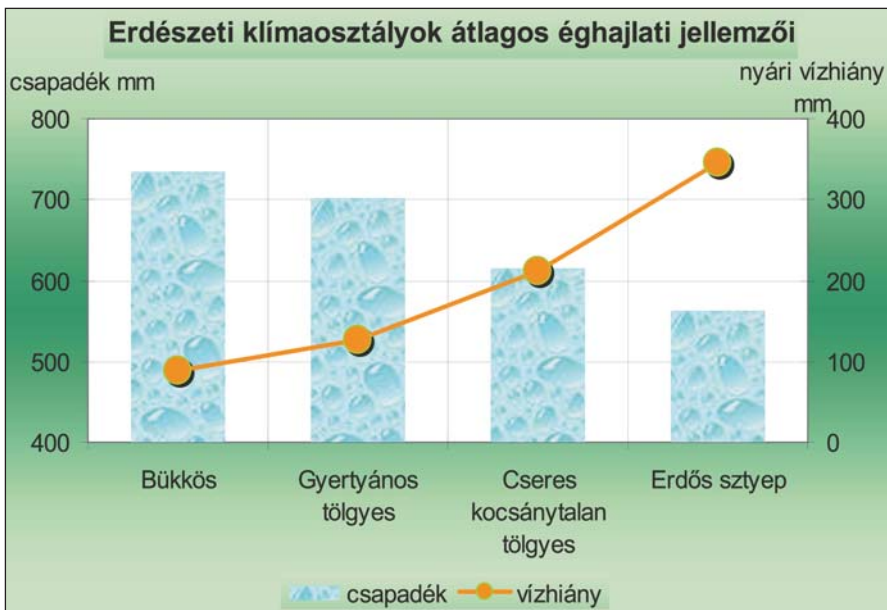


Valóban vándorolni fognak-e erdeink a klímaváltozás következtében?

Az előrejelzett éghajlatváltozás tengernyi irodalmában jelentős helyet foglal el a vegetációövek, ezen belül elsősorban az erdőzónák eltolódásának modellezése. A modellező botanikusok, ökológusok a jelenlegi elterjedési területek klimatikus jellemzőiből kiindulva rajzolják meg az adott forgatókönyvek szerinti várható zónahatárokat. Az általánosan elfogadott feltételezés szerint fafajaink a klímaváltozással járó területi eltolódást „spontán” fogják követni. A modellekben az erdőgazdálkodó, mint az erdővegetáció összetételét meghatározó tényező szerepe sajnos a legritkább esetben jelenik meg. Ezen túlmenően érdemes megvizsgálni azt a kérdést, hogy fafajaink egyáltalán képesek lennének-e a feltételezett klímaváltozásból levezetett vándorlásra, és azt is, hogy mennyire reálisak ezek a feltételezések.

A klíma és a növényzeti összetétel kapcsolata magasabb hegyek lejtőin, különösen az erdőhatár közelében jól tanulmányozható. Kevésbé élesen mutatkozik a vegetáció zonációja (övezetessége) Magyarországon, aminek elsődleges oka az évszázados emberi tevékenység és a térség viszonylag csekély földrajzi tagoltsága. Mindamelllett a hazai botanika, ökológia, de jelesül az erdészet elkülöníti és alkalmazza a klimatikus meghatározott növényzeti öveket, amelyek jellegzetes, domináns fafajai nálunk a bükk, gertyán, kocsánytalan tölgy illetve a cser.

A klimatikus meghatározott vegetáció-övek éghajlati jellemzői átlagos értékét az 1. ábra szemlélteti. Csak az erdőzónák közötti különbséget szemlélve azonban az állapítható meg, hogy ezek a különbségek meglepően kicsik. Az 1. táblázat azt az átlagos különbséget adja meg, amely az egymásra következő, szomszédos erdőövek két fontos jellemzője, az éves csapadék mennyisége, és a nyári hőmérséklet tekintetében fennáll, vagyis egyfajta „lépcsőfokot” egyik övből a másikba. (Az átlagok számításához a hazai erdőterület zónákba sorolható erdőrészeinek klimatikus adatait használtuk fel.) Az éghajlati különbség csekély volta szemtől szűr néhány, amúgy mérsékeltnek tűnő klímaváltozási forgatókönyvhöz képest, de akkor is, ha figyelembe vesszük,



1. ábra. A hazai vegetációs (erdő-) övek átlagos éghajlati adatai erőteljes szárazodást mutatnak a bükkös övtől az erdőssztyeppig. Mindamelllett az éghajlati átlagok különbségei a várható változásokhoz képest nem nagyok (adatok Mátyás, Czimer 2000 nyomán)

hogy csak az elmúlt évszázadban Magyarországon az átlaghőmérséklet emelkedése meghaladta a 0,6 °C-t.

Felmerül a kérdés, hogy az évszázados, nagyságrendileg hasonló éghajlati ingadozások hatottak-e a növényzeti övekre, a zónák elmozdulása kimutatható-e? A kérdés megválaszolására a sűrűn lakott Közép-Európában az intenzív területhasználat miatt nincs lehetőség, érintetlen természeti környezetben azonban igen. Erre alkalmas például az alig lakott Szibéria. A Déli-Uralban pl. az elmúlt évszázadban bekövetkezett, mintegy 1°C-os felmelegedés hatására az 1920-as évek óta 60-80 m-t emelkedett az erdőhatár. Ezt az akkor és most azonos helyen készített felvételek összehasonlításával dokumentálni lehet. Az erdőhatár felfelé kúszása még el is marad a lehetőségtől, hiszen a tszf. magassággal 100 méterenként mintegy 0,5°C-ot változik a hőmérséklet – az 1°C növekedés tehát elvi-

leg 200 m emelkedésre adna lehetőséget. (Ebből mindjárt egy másik következtetést is levonhatunk, vagyis hogy az indukált reakciók, válaszok a kiváltó változásokat csak korlátozottan, jelentős késéssel követik.)

Az Uralban 2006-ban készült felvételeket az 1929-es fekete-fehér felvételekkel összehasonlítva a zárt erdőtakaró határának feljebb kúszása, valamint felette elszórt faegyedek feltűnése, azaz a fahatár feltolódása jól kivehető (2-5. ábrák). Itt kell megemlíteni, hogy a felső erdőhatár elmozdulása az Alpokban és a Kárpátokban is feltűnő mértékű. Ehhez azonban tudni kell, hogy az évszázadokon át folytatott havasi legeltetés során az erdőhatárt mesterségesen szorították le. A mostani térnyerés ezért inkább a legeltetés visszaszorulásának köszönhető.

A bemutatott példánál nagyságrendekkel jelentősebb, több ezer km-es erdőtakaró-elmozdulásokat eredményez-

1. táblázat. Zonális vegetációövek közötti különbségek és a klímaváltozás forgatókönyvei

	Éves csapadék (mm)	Nyári átl. hőmérséklet (°C)
Átlagos különbségek zonális (erdészeti) vegetációöveink között	57	0,8
Klimaváltozási forgatókönyvek Mika J. (2000) nyomán		
1. szcenárió	-40	+1,1
2. szcenárió	-66	+1,3
3. szcenárió	± 0	+1,5

* NyME Környezet- és Földtudományi Intézet intézetigazgató, egyetemi tanár



2.-5. ábra. Az erdő- és fahatár emelkedése 1929 és 2006 között a Déli-Ural legmagasabb pontján, a Bolsoj Iremel (1582 m) lejtőin. A fekete-fehér felvétel az 1929-es, a színes a 2006-os állapotot mutatja. Az erdőhatár magassága jelenleg 1300 m-nél van (a 2006-os felvételt a szerző, az 1929-ast L. Tyulina készítette)

tek a pleisztocén többször ismétlődő jégkorszakai. Ezek során az erdőtakaró minden alkalommal visszahúzódott a kontinens déli peremére (a refúgiumokba), majd a melegebb időszakokban a fák ismét visszahódították élőhelyeiket. A „nemrég” befejeződött utolsó jégkorszak óta, az elmúlt 12-14 ezer év vegetációváltozásait meglehetősen pontossággal ismerjük. Eszerint a zárt erdőtakaró megjelenése a Kárpát-medencében – a hosszú életű fák élettartamának léptékében – aránylag új keletű. A tölgyek mintegy 9000, a bükk mintegy 6000 éve hódították vissza a jégkorszak alatt elvesztett Kárpát-medencei elterjedésüket (Mátyás, 2002).

Az erdőtakaró övezetei és határai tehát emberi beavatkozás nélkül is állandó változásoknak voltak kitéve a múltban. Az előrehaladás gyorsaságát a „frontvonalban” a faj terjedési sajátosságai nagyban befolyásolják. A tölgyek és a bükk hazai visszatelepülése közötti időeltérést pl. feltételezhetően jelentősen befolyásolta, hogy a tölgy makkot számos gerinces faj fogyasztja és egyben terjeszti is. A szajkóról pl. ismert, hogy a makkot több kilométer távolságra is elviszi és elrejt, elássa. A repítőszárnyal ellátott fenyőmagvak a szél szárnyán is könnyen ter-

jednek. Az egyes fafajok természetes terjedési, vándorlási sebessége ennek megfelelően eltérő. Európában a visszavándorlás gyorsaságát az egykori menedékek területéről (Dél-Spanyolország, Apennini-félsziget, Balkán) nagyban akadályozták a kelet-nyugat irányú hegységek. A visszavándorlás átlagos sebességét ezért a hasonló klímájú, de vándorlást akadályozó hegyvonulat nélküli Észak-Amerikában, a mai Egyesült Államok keleti részén jobban meg lehet állapítani. Eszerint pl. a tölgyek mintegy 350, a bükk 200, az apró magvú fenyők 400 km/évezred (másképpen m/év) átlagos „sebességre” képesek. Az erdőalkotó fafajok természetes „haladási sebessége” tehát nem túl gyors, és nyilvánvalóan bizonyos fáziskéséssel követték a klíma hullámzásokkal tarkított melegedését, ahogy ezt az urali erdőhatár-eltolódás is illusztrálja.

Milyen következtetéseket vonhatunk le a növényzet, az erdőtakaró évezredek változásaiból a jövőre vonatkozóan?

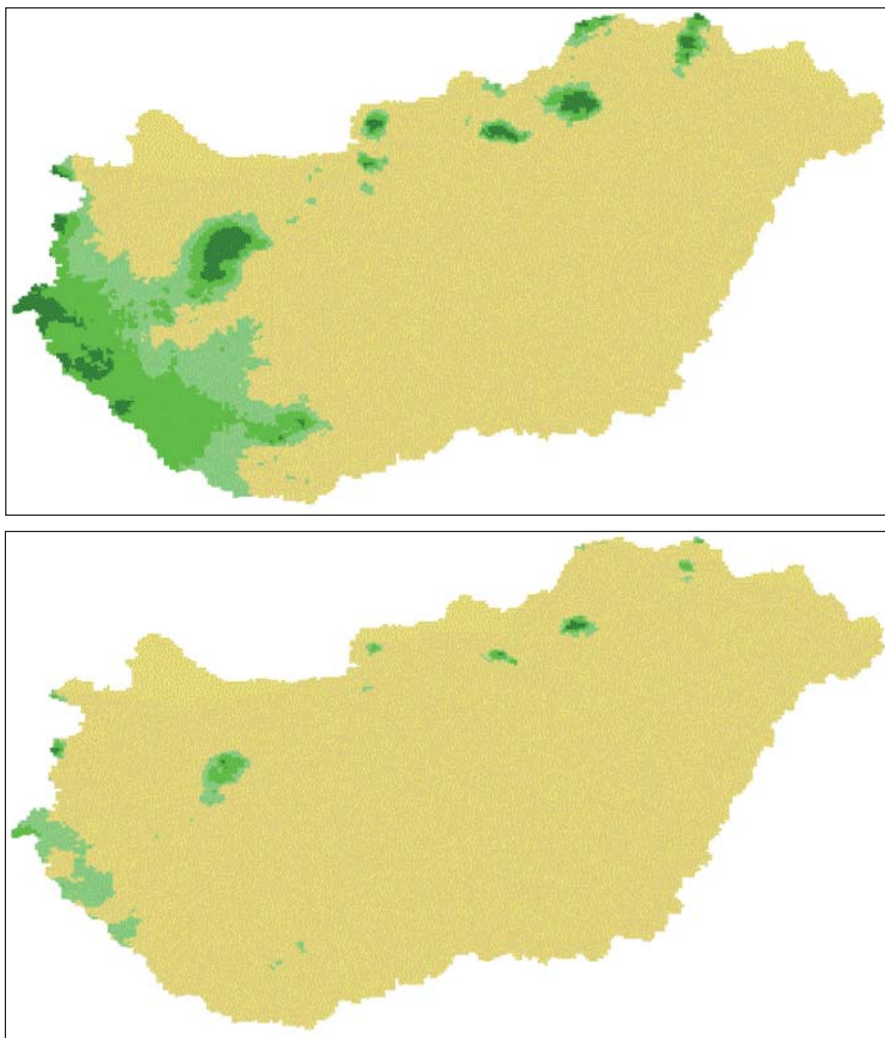
Ha az előbb említett természetes vándorlási sebességeket a jelenlegi, ill. előrejelzett klímaeltolódás sebességével hasonlítjuk össze, megállapítható, hogy fafajaink spontán módon nem lesznek képesek a változások ütemének követésé-

re, nemcsak azért, mert az üzemterv szerinti gazdálkodás spontán eseményekre kevés lehetőséget hagy, hanem azért is, mert az izotermák várható elmozdulása egy nagyságrenddel meghaladja a természetes vándorlási sebességet. Európában ugyanis 3-6 km/év északi irányú eltolódással számolnak a klimatológusok ebben az évszázadban.

Az éghajlatváltozás kapcsán gyakran hallható érv az is, hogy a fafajok alkalmazkodási képessége majd kiegyenlíti a környezeti változások hatását. Azonban éppen a jégkorszaki vándorlások mutatják, hogy a fafajok öröklött klímaigénye sok változásra nem képes, ezért nagyobb mérvű kedvezőtlen változások esetén csak az área változásával tudnak reagálni, ami adott esetben helyi kihalást jelenthet.

Más megközelítésben az előre jelzett klíma-forgatókönyvekhez tartozó elterjedési valószínűségeket a klímaigény elemzésekből becsülhetjük meg. Ilyen előrejelzések Magyarországra is készültek (6. ábra).

Eszerint a hazai legüdőbb klímazónát jellemző bükk elterjedési valószínűsége az előrejelzett, aránylag optimista klímaszcenáriók esetében is jelentősen



6. ábra. A bükkösök modellezett hazai potenciális elterjedése (a) jelenleg, valamint (b) egy lehetséges jövő-forgatókönyv szerint, +1,3°C átlaghőmérséklet-emelkedés és 66 mm csapadék-csökkenés mellett (Gálhidy L., Mátyás Cs., Czucz B., F. Torre adataiból)

megváltozhat. Mérsékelt változások esete is jelentős eltolódások következhetnek be a zárt erdőtakaró összetételében és kiterjedésében is. Különösen érintett területek lehetnek a Dél-Dunántúl, a Balaton környéke. Ezt meteorológiai elemzések is megerősítették.

Az előrejelzések értelmezéséhez világosan látni kell, hogy az erdőtakaró klímaérzékenysége Magyarországon különösen nagy. Ennek oka, hogy

- szinte valamennyi erdőtakarót meghatározó fafajunk az országhatáron belül éri el nedvességihiányból adódó alsó, vagy szárazsági elterjedési határát;
- az ország felszíne kevésbé tagolt, aránylag csekély klimatikus változások horizontálisan nagy földrajzi térségeket érintenek;
- a zonális erdők közötti klimatikus különbségek a várható változásokhoz képest csekélyek.

Az utóbbi évtizedben az ország számos pontján észlelt vitalitás-gyengülés,

és a helyenként fellépett tömeges pusztulások lucfenyő, tölgy és bükk erdőállományokban, felhívják a figyelmet arra is, hogy a kedvezőtlen változások nem csupán a fajok genetikai-fiziológiai tolerancia-határainak eléréséből adódnak (Berki, Rasztovcics, 2004). Hozzájárul ehhez, hogy a vitalitás gyengülésével addig jelentéktelen, vagy sikeresen féken tartott fogyasztó szervezetek (rovarok, gombák) tömeges és súlyos károsítása léphet fel. A károsítás az őshonos, az eddigi feltételekhez vélhetően jól alkalmazkodott fajokat sem kíméli. A 2003-as száraz évben pl. a Zalaegerszeg környéki bükkösökben addig veszélytelennek tartott zöld karcsú-díszbogár okozott igen jelentős károkat (erről a Lapokban számolt be Göber Z.). Megfigyelték azt is, hogy klimatikus feltételek változása a fogyasztó szervezetek életmódját és szaporodási lehetőségeit is jelentősen befolyásolhatja, ami a károk fellépését tovább növelheti.

A potenciális változások bemutatásakor azonban fel kell hívni a figyelmet több olyan tényre, amely a változások gyors lefolyását késleltetheti. Mindenekelőtt meg kell említeni, hogy az erdőtakaró-változásokat legérzékenyebben befolyásoló csapadékviszonyok előrejelzése egyelőre jelentős bizonytalanságokkal terhelt. Az eltolódásokat késlelteti a fafajok természetes toleranciája, genetikai és fiziológiai alkalmazkodóképessége. A jelenlegi elterjedésből számított klímaigény-modellezések egy nehezen kiküszöbölhető hátránya továbbá az, hogy nem számolhat azokkal a szélső előfordulásokkal, amelyeket a korábbi időszakokban írtottak ki mezőgazdasági célra, vagy esetleg más fafajokkal cseréltek fel. Az előbb említett, időjárási okokra visszavezethető pusztulások megjelenése mindenesetre arra utal, hogy a természetes elterjedés határai hiányos ismeretéből adódó „löttyögés” nem lehet túl nagy.

Az erdőgazda felelőssége a várható változások kivédésében többirányú. Egyrészt fokozott óvatossággal a várható károk korlátozására kell törekedni, másrészt viszont aktív beavatkozással segíteni kell az új feltételekhez jobban alkalmazkodott növényzet, erdőtakaró kialakulását, hiszen láthattuk, hogy a változások a természetes alkalmazkodási folyamatok lehetőségeit meghaladják. Mindehhez átfogó, rugalmas stratégia kialakítása szükséges. Ez azonban már egy másik történet.

Idézett irodalom

- Berki I., Rasztovcics E. 2004. Zonális fafajaink, különösen a kocsánytalan tölgy szárazságtolerancia határérték-sávjainak kutatása – módszer, előzetes eredmények. In: Mátyás Cs, Vig P. (szerk.): Erdő és klíma IV. Sopron, NYME, 209-220.
- Göber Z., 2005. A Zalaerdő RT kezelésében 2004-ben végbement erdőpusztulás értékelése. Erd. Lapok, CXL 5: 156-159.
- Mátyás Cs., Czimmer K. 2000. Zonális erdőtakaró mezoklíma szintű modellezése: lehetőségek a klímaváltozás hatásainak előrejelzésére. In: Tar K. (szerk.): III. Erdő és Klíma Konferencia Debrecen, 2000. június 7-9., Debrecen: DE-TTK Meteorológia Tanszék, 83-97.
- Mátyás Cs., 2002. Erdészeti-természetvédelmi genetika. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 422 p.
- Mika J., 2000: Hazai éghajlati forgatókönyvek. In: In: Tar K. (szerk.) III. Erdő és Klíma Konferencia Debrecen 2000. június 7-9, DE TTK Meteorológia Tanszék, 9-23.