

ERDŐKUTATÁSOK ÉS ERDŐPUSZTULÁSOK A MÉRSÉKELT ÉGŐVBEN. EURÓPA

Misik Tamás

Eszterházy Károly Főiskola, Környezettudományi Tanszék,
Eger, misikt@ektf.hu

Abstract: Forest research and forest decline in the temperate climate zone. Europe.

Temperate forest grow between the tropics and the polar regions in both the Northern and Southern Hemispheres. Temperate forests include a mix of trees that belong to three main groups: deciduous-, coniferous trees and broad-leaved evergreens. This paper are focusing to the deciduous forests in Europe. Firstly, the paper summarizes forest monitoring and changes of the european forest area during last decades. Secondly, we would like to give an overview of the observed across Europe country forest decline. In Europe, forest decline is in general associated with a complex of biotic and abiotic stress factors, and we summarize these factors without completeness. Therefore, this paper presents a review on the researchs of the tree-ring and of the forest fire.

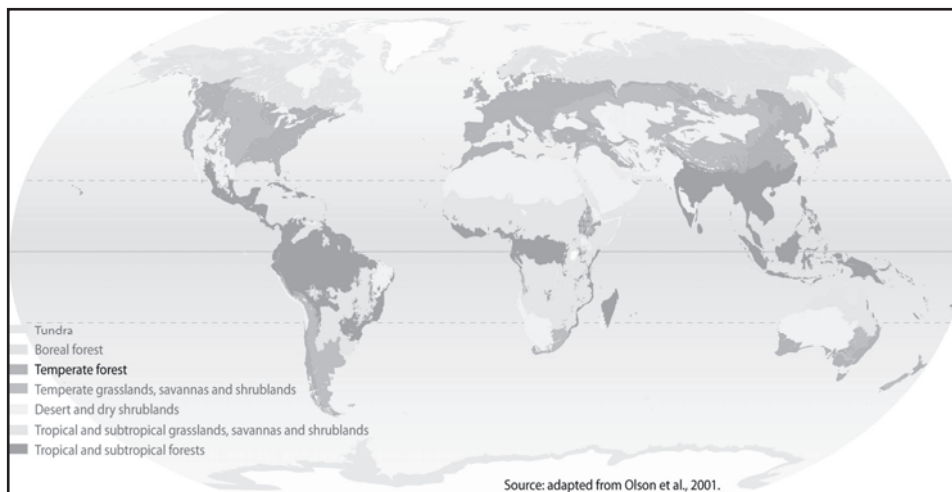
Keywords

temperate forest, deciduous forest, forest monitoring, tree rings, forest health, forest fire

1. Bevezetés, célkitűzés

Az erdő kutatások világszerte a tudományos érdeklődés középpontjába kerültek, miután a globálisan jelentkező egyik legsúlyosabb probléma az erdők és különösen az esőerdők kíméletlen pusztítása. Az is tudományosan megalapozott, hogy számos globálisan jelentkező környezeti probléma súlyosságáért az erdőállományok túlzott kitermelése, tarra vágása és nem őshonos fajokkal való viszsza telepítése is felelőssé tehető. Az erdei ökoszisztémák működésében jelentkező egyre szerteágazóbb zavarok pedig arra sarkallták a szakembereket, hogy minél jobban megismerjék az erdőkben zajló ökológiai folyamatok alapjait. Fel tárják az anyag- és energiaáramlások részleteit, a strukturális felépítését az egyes erdőtársulásoknak, az egyes növényzeti szintek funkcionális sajátosságait és még hosszasan sorolhatnánk az egyes részterületeket. Az európai országokban az

erdőirtások már kisebb léptékű ökológiai problémát jelentenek összevetve az Amazonas, Kongó vagy az Indonéz szigetvilág erdeivel, ellenben az abiotikus és biotikus eredetű erdőpusztulások és az erdőtüzek mind gyakoribbá váltak és mind nagyobb területeket érintenek az elmúlt évtizedekben. A mérsékelt övi lombdők elterjedését mutatja az 1. ábra.



1. ábra. A mérsékelt övi erdők elterjedése a Földön. (Forrás: OLSON et al. 2001)

A tudományos elvárások egyre inkább a hosszú távú ökológiai kutatásokat helyezték előtérbe, így egyre több ilyen tudományos vizsgálat indult útjára. A biológiailag releváns léptékekhez való alkalmazkodás igénye hívta életre ezeket a hosszú távú ökológiai kutatásokat. Ezek együttesen alkotják az ILTER (*International Long Term Ecological Research*) hálózatot. A hálózathoz kapcsolódó kutatások nem egyszerűen hosszú időn át végzett ökológiai vizsgálatokat takarnak, hanem egy kutatási módszertant is, meghatározott követelményekkel és feltételekkel (KOVÁCS-LÁNG – FEKETE 1995; KOVÁCS-LÁNG et al. 1998). Közép-Európában számos fitoszociológiai erdőkutatás már az 1930/40-es években útjára indult és kisebb-nagyobb megszakításokkal azóta is tartanak (FISCHER 1999). Németország és Svájc egy-egy erdei ökoszisztémájában például már 1935-ben elkezdődtek ilyen vizsgálatok. Ezek eredményeiről számol be ROST-SIEBERT – JAHN 1988-as és KUHN et al. 1987-es publikációja (FISCHER 1999). Magyarországon az európai történések hatására alapították meg a Síkfőkút Project interdiszciplináris hosszú távú (long-term) bioszféra kutatási programot az IBP és a MAB nemzetközi programok keretében egy hazai klímazonális cseres tölgyes erdő komplex kutatására 1972-ben (JAKUCS 1985; JAKUCS et al. 1975; KÁRÁSZ et al. 1987). Ennek szerteágazó tudományterületeken született tudomá-

nyos eredményeiről számos értekezés beszámol (többek között IGMÁNDI et al. 1986; JAKUCS et al. 1975; JAKUCS 1978, 1985, 1990; KÁRÁSZ 1976, 2006; MÉSZÁROS et al. 1993; TÓTHMÉRÉSZ 2001 cikkei).

Napjainkban az erdők kutatása igen szerteágazó, sokrétű, de vannak jól körülhatárolható tudományterületek, amelyekbe fajsúlyosan több publikáció illeszkedik. Ezek a teljesség igénye nélkül: struktúra-, erdődinamikai-, ökológiai- és ökofiziológiai vizsgálatok; erdőtüzek, hajtásledobás (kladoptózis), avarprodukción-, évgyűrű-, gyökér-, kerületnövekedés- és hajtás-biomassza vizsgálatok; továbbá elsősorban a boreális erdők zónájában: széldöntés, szűfajok és az olvadás okozta ökológiai károk. Az erdőpusztulások különösen a 70-es, 80-as években erősödtek fel és jelentek meg az öreg kontinens mind több államában, és ezt követően a vizsgálatok középpontjába már inkább az erdőhanyatlások okainak feltárása és a változások monitorozása került.

Jelen cikkben a teljesség igénye nélkül és Európa mérsékelt övi lombhullató erdeire fókuszálva mutatjuk be a jelenleg zajló erdőkutatásokat, az egyes országokban alkalmazott, egymástól esetleg nagyban eltérő módszereket, a rendkívül változó vezérfonalak alapján kialakított mintaterületeket, a lényegesebb eredményeket és nem utolsósorban a konklúziókat.

2. Anyag és módszer

Előzetesen le kell szögeznünk, hogy nagyon változatosak az alkalmazott módszerek, a kiindulási feltételek, annak ellenére is, hogy a vizsgálati célkitűzések általában azonosak. Minden kutatás alapelve, hogy a szakemberek minél jobban feltárják az erdőtársulásokban zajló alapfolyamatokat, működésük sajátosságait és a fellépő zavarok okait, háttereit. Így nem is törekedhetünk teljességre, de számos példával tudjuk prezentálni a különbségeket. Vannak olyan kutatási területek, amelyek igen fiatalok, mások azonban több évtizedes múltra tekinthetnek vissza, és így folyamatos adatsor áll rendelkezésére a kutatóknak a végbemenő, olykor igen szembeötlő változások detektálására.

Először is nagyon eltérőek az egyes európai államokban a kutatásokhoz kijelölt mintaterületek. Nagyon változatos a mintanégyzetek száma, nagysága. Találunk országos lefedettségű kutatásokat, és látunk olyanokat is, melyek csak egy-egy meghatározott és adott szempontok alapján előre kijelölt erdei ökoszisztémára vonatkoznak.

Például Franciaországban az *Abies alba* évgyűrűinek növekedése és a klímaváltozás kapcsolatának feltárására indult vizsgálat során egy adott térségre leszűkítve 31, egyenként 1.0 hektáros mintanégyzetet jelöltek ki, melyekben összesen 310 fatörzset vettek górcső alá (ROLLAND 1993). Ellenben Szlovéniában az ország 9, eltérő területein található kocsánytalan- és kocsányos tölgy társulásait vizsgálták egy kutatás keretein belül. Minden egyes tölgytársulás kutatására egyenként 25 négyzetet (20×20m) jelöltek ki (KUTNAR 2003). Ausztria szerte

1179 darab *Picea abies* fát jelöltek ki tetszőlegesen, mintaterületek nélkül a növekedés és a klímaváltozás összefüggéseinek a bemutatására (HASENAUER et al. 1999). Dél-Svédországban viszont 33 mintaterületet is kijelöltek tölgyek kutatására, melyek vagy 20×10m vagy 25×15 m alapterülettel rendelkeztek és bennük random módon választottak ki minden egyes alkalommal 7-15 egyedet (DROBYSHEV et al. 2007). Görögország északi részén a karmazsintölgy, *Quercus coccifera* lombborítás és a rendelkezésre álló biomassa tömeg kapcsolatának vizsgálatára 47 darab, egyenként 0,1 hektáros mintaterületet alakítottak (PLATIS – PAPANASTASIS 2003). Finnországban a kocsányos tölgy, *Quercus robur* általános egészségi állapotának felmérésére a város egy kiválasztott parkjából random módon választottak ki 30 darab fát (HELAMA et al. 2009). Németország középső részén a *Picea abies* kutatására két egymástól elkülönülő területet jelöltek ki, és mindkét helyen egyaránt 6 db 1 hektáros kísérleti mintaterületet alapítottak. Ezeket az mintákat pedig 20 darab 20×20 méteres kutatási négyzetre osztották fel (HEINRICHS – SCHMIDT 2009).

Európa szerte nem egységes a tudomány álláspontja abban a tekintetben sem, hogy mit tekinthetünk egy erdei ökoszisztémában fának. A legtöbb államban 1,3 méteres mellmagasságban (DBH) mért 10.0 cm-es törzsátmérőben adják meg a határt, de Oroszországban ez a szint minimum 8.0 cm, míg Svájcban viszont min. 12,0 cm (PÄIVINEN et al. 1999).

A kutatások túlnyomó többsége nem nélkülözheti a különböző erdőkutatósokra kidolgozott kísérleti modelleket, számítógépes programokat és matematikai, statisztikai számításokat sem. Ilyenek többek között csak említés szintjén a FOREST-BGC ökoszisztéma modell (RUNNING – COUGHLAN 1988; HASENAUER 1999; JOCHHEIM et al. 2004), a DCA analízis (KUTNAR 2003; HEILMANN-CLAUSEN – CHRISTENSEN 2004), ANOVA (SOKAL – ROLF 1995; DROBYSHEV 2007), post hoc Fisher LSD, forest stand diversity index és a compactness index (DAS – NAUTIYAL 2004), principal components analízis (PCA) és a detrended correspondence analízis (DCA) (GOEBEL – HIX 1996), valamint nem utolsósorban a Hugesshoff funkció (WARREN 1980; BRÄKER 1981; BRÄKER – BAUMANN 2006).

3. Eredmények

Az európai publikációkat röviden áttekintve megállapítható, hogy a legtöbb kutatás az öreg kontinens szerte megfigyelhető erdőkutatásokra koncentrál, az okokat kutatja és a válaszokat keresi. A jelentősebb mértékű fapusztulások az 1970/80-as években indultak el, és mind a mai napig tetten érhetők különböző mértékben. A pusztulás sok fafajt és ezzel együtt számos erdőtársulást érint. A csökkenő számú élőfa hatására kimutatható változások következnek be az erdei ökoszisztémák szerkezetében és működésében egyaránt. Az európai mérsékelt övi erdőkben elsősorban a különböző lombhullató és örökzöld tölgyfajok ha-

nyatlását lehet tapasztalni az elmúlt évtizedekben, így a legtöbb cikk a tölgy-pusztulást taglalja. A kutatók emellett azonban a bükk eltérő mértékű pusztulását is tapasztalják Európa egyes országaiban.

Az egyes tölgyfajok pusztulása eltérő léptékű, leginkább az Európa nagy részén uralkodó kocsánytalan tölgyet *Quercus petraea* (GAERTIG et al. 2002) és kocsányos tölgyet *Quercus robur* (BLASCHKE 1994; GAERTIG et al. 1999) érinti, emellett azonban a mediterrán területeken, az Atlanti-óceán partján keresztül egészen Bretagne-ig élő magyaltölgy *Quercus ilex* (FERRETTI et al. 1993), a különösen Portugáliában domináló paratölgy *Quercus suber* (PAUSAS 1997; SILVA – CATRY 2006), a Délkelet-Európában és a Földközi-tenger középső medencéjétől Szlovákiáig előforduló csertölgy *Quercus cerris* pusztulásáról is találunk értekezéseket.

Számos cikk beszámol a társulás-alkotó tölgyfajok egyre drámaibb mértékű hanyatlásáról Spanyolországtól kezdve Németországon át egészen Skandináviáig, ennek okairól és nem utolsósorban az erdei ökoszisztémában így végbemenő folyamatokról, melyek nem feltétlenül csak negatív előjelűek lehetnek (SCHÜTT ed. 1984; NILSSON 1986; KLEIN – PERKINS 1987; SMITH 1989; OOSTERBAAN – NABUURS 1991; INNES 1993; RÖSEL – REUTHER 1995; SMOLE 1995; THOMAS 1995; HARTMANN 1996; BUSSOTTI – FERRETTI 1998; FISCHER – HARTMANN 1999; KRONAUER 1999; MORAAL – HILSZCZANSKI 2000; NABUURS et al. 2002; WOODALL et al. 2005; DROBYSHEV et al. 2007; GLORIA 2008; HELAMA et al. 2009). Több publikáció értekezik az erdőborítás alakulásáról, a fanövekmény változás és a klímaváltozás kapcsolatáról, és ezek a legtöbb esetben pozitív korrelációt mutatnak ki a hőmérséklet-változás és a lombkötő fajok átlagmagassága között (SPIECKER et al. 1996; PÄIVINEN 1999; NABUURS et al. 2002; SCHRÖTER et al. 2004; SOMOGYI 2008). Ezt az összefüggést szemlélteti az *I. táblázat*.

A pusztulás okai igen komplexek, biotikus és abiotikus tényezők egyaránt szerepet játszanak benne (GIBBS – GREIG 1997; MORAAL – HILSZCZANSKI 2000; THOMAS et al. 2002), akár együttesen akár külön-külön is fellépve. Ide sorolható faktorok a vízstressz (ZIERL 2004), szerves anyagok felhalmozódása (MATZNER – MURACH 1995; NEIRYNCK – ROSKAMS 1999;

1. táblázat. A fanövekedés átlagos mértéke (m) az átlaghőmérséklet (°K) emelkedésének három tartományában (Somogyi 2008 nyomán)

fajnév	átlagmagasság növekedése (m) az átlaghőmérséklet (°K) emelkedésének függvényében		
	0.5 °K	1.0 °K	2.0 °K
bükk (<i>Fagus sylvatica</i>)	0.5	1.0	2.0
kocsánytalan tölgy (<i>Q. petraea</i>)	0.25	0.5	1.0
csertölgy (<i>Q. cerris</i>)	0.5	1.0	2.0

RABEN et al. 2000), egyéb talajtényezők szignifikáns változása (GAERTIG et al. 1999), az egyre terjedő antropogén hatások (KLIMO – HAGER 2001), nehézfémek felhalmozódása (OPYDO et al. 2005), a légszennyező anyagok koncentrációjának az emelkedése (SMITH 1981; MÉSZÁROS et al. 1993; SOLBERG et al. 2002; ZIERL 2002), az ízeltlábúak (pl. *Carabidae*, *Buprestidae*, illetve *Bostrichidae* család és a *Lepidoptera* rend egyes fajainak) kártételei (HELLRIGL 1978; NAGY 1981; BILY 1982; CURLETTI 1994; MORAAL – HILSZCZANSKI 2000; GLORIA et al. 2008) a fagykárók, patogén gombák okozta betegségek vagy az ektomikorrhiza gombafajok károsodása (VAJNA et al. 1984; GULDEN – HOILAND 1985;), a gyökérszövetben végbemenő károsodások (BLASCHKE 1994; THOMAS – HARTMANN 1998) szárazság és ezzel együtt maga a globális klímaváltozás. A légszennyező anyagok közül például nőtt a CO₂ emisszió (KEELING et al. 1995), és az 1980-as évekig folyamatosan nőtt a nitrogén depozíció aránya is (KATZENSTEINER – GLATZEL 1997). Szoros összefüggésben a légszennyező anyagok fokozott emissziójával a 80-as évek kezdetétől a kontinensen egyre inkább jelentkeztek a klímaváltozás jól detektálható hatásai az egyes klimatikus paraméterekben (pl. csapadékmennyiség, napsütéses órák száma, éves átlaghőmérséklet, fagyos napok száma stb.) (AUER – BÖHM 1994; GROISMAN et al. 1994; SOMMARUGA-WÖGRATH et al. 1997).

A tölgyek mellett, bár kisebb számban és kevesebb helyen, de a bükk- és fenyőerdők különböző eredetű pusztulásáról is beszámolnak a kontinensen. A tűlevelűek közül a lucfenyő *Picea abies* (SCHRÖTER 1983), a feketefenyő *Pinus nigra* (LEBOURGEOIS 2000) és a jegenyefenyő *Abies alba* (BECKER et al. 1989) fajok károsodásáról írnak.

A bükk *Fagus sylvatica* esetében Európa szerte, így Magyarországon is beszámoltak már különböző mértékű pusztulásról. Hazánk esetében ez kisebb mértékű a tölgyek pusztulásával összehasonlítva, de egyre terjeszkedő jelenség (JAKUCS 1984). Az elmúlt évtizedekben Európa szerte és Északkelet-Amerikában is tapasztalható a bükkfák fokozatos mértékű megbetegedése. A bükk pusztulásokért elsősorban különböző patogén szervezeteket, gombákat és rovarokat tesznek felelőssé. Gombák között ilyenek az *Armillaria*, *Fomes*, *Inonotus*,

Ustulina, *Endothia*, *Hypoxylon* és *Nectria* genusok több faja; az *Insecta* osztályban pedig az *Agrilus bilineatus*, *A. viridis*, *Taphrorychus bicolor* és a *Trypodendron domesticum* fajok esetében bizonyították már a megbetegedésekkel való korrelációt (HARTMANN – BLANK 1998; BRASIER et al. 2005; JUNG et al. 2005). Más kutatások a bükkösök egészségi állapotának az ózonszennyezettséggel és a globális klímaváltozással való kapcsolatát vizsgálják (FUHRER et al. 1997; STRIBLEY 2002). A tölgyekhez hasonlóan a bükk esetében is kimutatták az ózon mellett egyéb légszennyező anyagok és környezeti tényezők szerepét a fák megbetegedésében (DIEKMANN et al. 1999; DITTMAR et al. 2003).

A mediterrán térségben a kutatások egy jelentős része az erdőtüzek erdőökológiai hatásaival foglalkozik. Az utóbbi években egyre nagyobb területeket és egyre gyakrabban sújtanak erdőtüzek (PELIZZARI 2008), melyek kiváltó okai között természetes és sajnos sok esetben emberi (szándékos károkozás, gyűjtogatás) tényezők is szerepet játszanak. Részben szoros összefüggést találunk különböző meteorológiai paraméterekkel (CAREGA 1991; VIEGAS 1997). Az 1970-1987 terjedő időszakot az 1987-2003 terjedő időszakkal összehasonlítva tapasztalták a kutatók, hogy az erdőtüzek száma megnégyszereződött, átlagos élettartamuk egy hétről öt hétre, az általuk elpusztított terület nagysága pedig hat és félszeresére növekedett az EFFIS (European Forest Fire Information System) jelentése alapján.

4. Összegzés

Az eredmények fejezetben számos európai publikáció, tudományos munka fontosabb eredményeit áttekintettük természetesen a teljesség igénye nélkül. Az erdőökológiai kutatások eredményei, konklúziói nélkülözhetetlenek az erdész társadalom számára, a fenntartható erdőgazdálkodáshoz. A kapott adatok hozzájárulnak az erdei ökoszisztémák minél pontosabb megismeréséhez, a bennük zajló anyag- és energiaforgalmak, illetve a rendelkezésre álló nicheket elfoglaló életközösség működési alapjainak a pontos feltérképezéséhez.

A globálisan jelentkező környezeti problémák közvetett vagy közvetlen úton kifejtik hatásukat az erdők többségére is, jelenlétük szignifikáns változásokat detektál az erdőtársulásokban. Az antropogén faktorok mellett számos biotikus tényező is hozzájárul az erdők pusztulásához, ezek jelenléte az esetek többségében azonban időszakos, szezonális, például adott élőlények gradációjához köthető és sok esetben kedvező is lehet például a talaj szervesanyag forgalmának szempontjából. Az antropogén eredetű szennyezőforrások rendkívül gyakorivá váltak világszerte, és egyre súlyosabban, egyre több fafajt károsítanak. A szerteágazó kutatások vizsgálják a kiváltó okokat, és párhuzamosan az egyes fafajokban végbemenő károsodások mechanizmusait is.

A klímaváltságnak pozitív hatásai is bizonyítottak. Számos kutatás alátámasztotta, hogy az elmúlt évtizedek magasabb hőmérséklete intenzívebb fanöveke-

déssel párosult. Ezt a kedvező folyamatot a jövőben azonban biztosan korlátozni fogja majd az egyre fokozódó vízstressz.

A természettudományok számára az egyik kiemelendő feladat tehát az erdőpusztulások okainak a feltárása, a kiváltó okok pontos feltérképezése, hogy az ellenük való védekezésre felkészülhessünk és a kedvezőtlen folyamatokat visszafordíthassuk.

Irodalom

- AUER, I. – BÖHM, R. 1994: Combined temperature–precipitation variations in Austria during the instrumental period, *Theoretical and Applied Climatology* 49: 161–174.
- BARNES, J. D. – EAMUS, D. – BROWN, K. A. 1990: The influence of ozone, acid mist and soil nutrient status on Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] II. Photosynthesis, dark respiration and soluble carbohydrates of trees during late autumn. *New Phytol.*, 115: 149–156.
- BECKER, M. – LANDMANN, G. – LÉVY, G. 1989: Silver fir decline in the Vosges Mountains (France): Role of climate and silviculture. *Water, Air and Soil Pollution*, 48: 77–86.
- BILY, S. 1982: *The Buprestidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark*. Scandinavian Science Press, Klampenborg. 109 pp.
- BLASCHKE, H. 1994: Decline symptoms on roots of *Quercus robur*. *Eur. J. For. Pathol.*, 24: 386–398.
- BRASIER, C. M. – BEALES, P. A. – KIRK, S. A. – DENMAN, S. – ROSE, J. 2005: *Phytophthora kernoviae* sp. nov. an invasive pathogen causing bleeding stem lesions on forest trees and foliar necrosis of ornamentals in Britain. *Mycological Research*, 109: 853–859.
- BRÄKER, U. O. 1981: Der Alterstrend bei Jahrringdichten und Jahrringbreiten von Nadelhölzern und sein Ausgleich Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Heft, 142: 75–102.
- BRÄKER, U. O. – BAUMANN, E. 2006: Growth Reactions of Sub-Alpine Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Following One-Sided Light Exposure (Case Study at Davos “Lusiwald”). *Tree-Ring Research*, 62 (2): 67–73.
- BRUCK, R.I. – ROBARGE, W.P. 1988: Change in forest structure in the boreal montane ecosystem of Mount Mitchell, North Carolina. *Eur. J. For. Pathol.*, 18: 357–366.
- BUSSOTTI, F. – FERRETTI, M. 1998: Air pollution, forest condition and forest decline in Southern Europe: an overview. *Environmental Pollution*, 101: 49–65.
- CAREGA, P. 1991: A meteorological index of forest fire hazard in Mediterranean France. *International Journal of Wildland Fire*, 1: 79–86.
- CURLETTI, G. 1994: I Buprestidi D’Italia. *Catalogo-Tassono-mico, Sinonimico, Biologico, Geonemico. Monografie Di Natura Bresciana*, 19: 318 pp.
- DIEKMANN, M. – EILERTSEN, O. – FREMSTAD, E. – LAWESSON, E. J. – AUDE, E. 1999: Beech forest communities in the Nordic countries – multivariate analysis. *Plant Ecology*, 140: 203–220.
- DITTMAR, C. – ZECH, W. – ELLING, W. 2003: Growth variations of common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe – a dendroecological study. *Forest Ecology and Management*, 173: 63–78.

- DROBYSHEV, I. – ANDERSON, S. – SONESSON, K. 2007: Crown condition dynamics of oak in southern Sweden 1988-1999. *Environ. Monit. Assess.* 134: 199–210.
- FERRETTI, M. – BUSSOTTI, F. – COZZI, A. – GELLINI, R. 1993: Holm oak (*Quercus ilex* L.) decline in coastal Tuscany: first research in a permanent plot. *Annali di Botanica (Roma)*, 51: 175–180.
- FISCHER, A. 1999: Floristical changes in Central European forest ecosystems during the past decades as an expression of changing site conditions. – In: KARJALEINEN, SPIECKER & LAVOUSSINIE (eds.): "Causes and consequences of accelerating tree growth in Europe". *EFI-Proceedings* 27, 53–64.
- FISCHER, R. – HARTMANN, G. 1999: Decline of European and Sessile oak. In: UN/ECE and EC. *Forest Conditions in Europe. Executive reports*. Geneva, Brussels, pp. 7–9.
- FUHRER, J. – SKARBY, L. – ASHMORE, M. R. 1997: Critical levels for ozone effects on vegetation in Europe. *Environ. Pollut.*, 97: 91–106.
- GAERTIG, T. – WILPERT, V.K. – SCHACK-KIRCHNER, H. 1999: Bodenbelüftung als Steuergröße des Feinwurzelwachstums in Eichenbeständen. *Allg Forst u. J-Ztg.*, 170: 81–87.
- GIBBS J. N. – GREIG B. J. W 1997: Biotic and abiotic factors affecting the dying back of pedunculate oak *Quercus robur* L. *Forestry*, 70: 399–406.
- GLORIA, L.P. – LUIS, D.N. – ISRAEL, S.O. 2008: Mark-recapture estimates of the survival and recapture rates of *Cerambyx welensii* Küster (Coleoptera cerambycidae) in a cork oak dehesa in Huelva (Spain). *Cent. Eur. J. Biol.*, 3 (4): 431–441.
- GOEBEL P.C. – HIX D.M. 1996: Development of mixed-oak forests in southeastern Ohio: a comparison of second-growth and old-growth forests. *Forest Ecology and Management*, 84: 1–21.
- GROISMAN, P. YA. – KARL, R. T. – KNIGHT, W. R. 1994: Observed impact of snow cover on the heat balance and the rise of continental spring temperatures. *Science*, 263: 198–200.
- GULDEN, G. – HOILAND, K. 1985: The role of ectomycorrhiza in a situation of air pollution and forest death. *Agarica*, 6: 341–357.
- HARTMANN, G. 1996: Ursachenanalyse des Eichensterbens in Deutschland-Versuch einer Synthese bisheriger Befunde. In: *Eichensterben in Deutschland. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*. Heft, 318: 125–151.
- HARTMANN, G. – BLANK, R. 1998: Buchensterben aus zeitweise nassen Standorten unter Beteiligung von *Phytophthora*-Wurzelfäule (Mortality of beech on seasonally waterlogged sites and the involvement of *Phytophthora* root rot). *Forst und Holz*, 53: 198–193.
- HASENAUER, H. – NEMANI, R. R. – SCHADAUER, K. – RUNNING, W. S. 1999: Forest growth response to changing climate between 1961 and 1990 in Austria. *Forest Ecology and Management*, 122: 209–219.
- HEILMANN-CLAUSEN, J. – CHRISTENSEN, M. 2004: Does size matter? On the importance of various dead wood fractions for fungal diversity in Danish beech forests. *Forest Ecology and Management*, 201: 105–117.
- HEINRICH, S. – SCHMIDT, W. 2009: Short-term effects of selection and clear cutting on the shrub and herb layer vegetation during the conversion of even-aged Norway spruce stands into mixed stands. *Forest Ecology and Management*, 258: 667–678.

- HELAMA, S. – LÄÄNELAID, A. – RAISIO, J. – TUOMENVIRTA, H. 2009: Oak decline in Helsinki portrayed by tree-rings, climate and soil data. *Plant and Soil*, 319: 163–174.
- HELLRIGL, G. K. 1978: Ökologie und Brutpflanzen europäischer Prachtkäfer (Col., Buprestidae). *J. Appl. Entomol.* 85: 167–191.
- IGMÁNDI, Z. – BÉKY, A. – PAGONY, H. – SZONTAGH, P. – VARGA F. 1986: The state of decay of sessile oak in Hungary in 1985. *Az Erdő*, 35: 255–259. (in Hungarian)
- INNES, J. L. 1993: *Forest Health: its Assessment and Status*. Commonwealth Agricultural Durcau, Wallingford.
- JAKUCS, P. 1978: Environmental-biological research of an oak forest ecosystem in Hungary, „Síkfőkút Project”. – *Acta Biol. Debrecina*, 15: 23–31.
- JAKUCS, P. 1984: A kocsánytalan tölgyek pusztulásának ökológiai magyarázata. *Az Erdő*, 33: 342–344. (in Hungarian)
- JAKUCS, P. (ed.) 1985: *Ecology of an oak forest in Hungary. Results of „Síkfőkút Project” I*. Akadémia Kiadó, Budapest. (in Hungarian)
- JAKUCS, P. 1990: A magyarországi erdőpusztulás ökológiai megközelítése, *Fizikai Szemle*, 1990/8: 225–235. (in Hungarian)
- JAKUCS, P. – HORVÁTH, E. – KÁRÁSZ, I. 1975: Contributions to the aboveground stand structure of an oak forest ecosystem (*Quercetum petraeae-cerris*) within the Síkfőkút research area. *Acta Biol. Debrecina*, 12: 149–153. (in Hungarian)
- JOCHHEIM, H. – LÜTTSCHWAGER, D. – WEGEHENKEL, M. 2004: Simulation of the water and nitrogen balances of forests within a catchment in the northeastern lowlands, *Eur. J. Forest Res.*, 123: 53–61.
- JUNG, T. – HUDLER, W. G. – JENSEN-TRACY, L. S. – GRIFFITHS, M. H. – FLEISCHMANN, F. – OSSWALD, W. 2005: Involvement of *Phytophthora* species in the decline of European beech in Europe and the USA. *Mycologist*, 19: 159–166.
- KATZENSTEINER, K. – GLATZEL, G. 1997: 'Causes of Magnesium Deficiency in Forest Ecosystems', In R. F. Hüttl and W. Schaaf (eds.), *Magnesium Deficiency in Forest Ecosystems*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 227–251.
- KÁRÁSZ, I. 1976: Shrub layer phytomass investigations in the *Quercus petraea – Qu. cerris* ecosystem of the Síkfőkút research area. *Acta Botanica Acad. Scientiarum Hungaricae*, Tomus 22 (1–2): 79–84. (in Hungarian)
- KÁRÁSZ, I. 2006: A cserjeszint fiziognómiai struktúrájának változása a síkfőkúti tölgyesben 1972 és 1997 között. *Acta Acad. Paed. Agriensis*, NS. XXXIII: 71–78. (in Hungarian)
- KÁRÁSZ, I. – SZABÓ, E. – KORCSOG, R. 1987: A síkfőkúti tölgyes cserjeszintjének strukturális változásai 1972 és 1983 között. *Acta Acad. Paed. Agriensis*, NS. XVIII/2: 51–80. (in Hungarian)
- KEELING, C. D. – WHORF, P. T. – WAHLEN, M. – VAN DER PLICHT, J. 1995: Interannual extremes in the rate of rise of atmospheric carbon dioxide since 1980. *Nature*, 375: 666–670.
- KLEIN, R. M. – PERKINS, T. D. 1987: Cascades of causes and effects of forest decline. *Ambio*, 16: 86–93.
- KLIMO, E. – HAGER, G. 2001: Executive Summary. In: Klimo, E. – Hager, H. (eds.) *The Floodplain Forests in Europe: Current Situation and Perspectives*. European Forest Institute Research Report 10, Brill, Leiden, Boston, Köln, VI–XI.

- KOVÁCS-LÁNG, E. – FEKETE, G. 1995: Miért kellenek hosszútávú ökológiai kutatások? Magyar Tudomány, 40: 377–392. (in Hungarian)
- KOVÁCS-LÁNG, E. – HERODEK, S. – TÓTH, J. A. 1998: LTER in Hungary. – In: The International Long Term Ecological Research Network. Compiled by the US LTER Network Office Albuquerque New Mexico, 38–43.
- KRONAUER, H. 1999: Waldschadenserhebung 1999. AFZ/Der Wald, 54 (25): 1370–1373.
- KUTNAR, L. 2003: Vegetation structure of Quercus dominated forests in Slovenia, Europe. XII. World Forestry Congress, 2003, Québec city, Canada.
- LEBOURGEOIS, F. 2000: Climatic signals in earlywood, latewood and total ring width of Corsican pine from western France. Ann. For. Sci., 57: 155–164.
- MATZNER, E. – MURACH, D. 1995: Soil changes induced by air pollutant deposition and their implication for forest in central Europe. Water Air Soil Pollut, 85: 63–76.
- MÉSZÁROS, I. – MÓDY, I. – MARSCHALL, M. 1993: Effects of air pollution on the condition of sessile oak forests in Hungary. Studies in Environmental Science, Volume 55: 23–33.
- MORAAL, L.G. – HILSZCZANSKI, J. 2000: The oak buprestid beetle, *Agrilus biguttatus* (F.) (Col., Buprestidae), a recent factor in oak decline in Europe. Berlin, Anz. Schadlingskunde / J. Pest Science, 73: 134–138.
- NABUURS, G. J. – PUSSINEN, A. – KARIJALAINEN, T. – ERHARD, M. – KRAMER, K. 2002: Stemwood volume increment changes in European forests due to climate change – a simulation study with the EFISCAN model. Glob. Change Biology, 8: 304–316.
- NAGY, M. 1981: The effect of Lepidoptera larvae consumption on the leaf production of *Quercus petraea*. (Matt.) Liebl. Acta Bot. Hung. 27: 141–150.
- NEIRYNCK, J. ROSKAMS, P. 1999: Relationships between crown condition of beech (*Fagus sylvatica* L.) and throughfall chemistry. Water Air and Soil Pollution, 16: 389–394.
- NILSSON, S. 1986: Extent of Damage to Forests in Europe Attributed to Air Pollution. Report to FAO/ECE Timber Committee, Swedish Univ. of Agricul. Sci., Uppsala, Sweden.
- OOSTERBAAN, A. – NABUURS, G. J. 1991: Relationships between oak decline and groundwater class in The Netherlands. Plant and Soil, 136: 87–93.
- OPYDO, J. – UFNALSKI, K. – OPYDO, W. 2005: Heavy Metals in Polish Forest Stands of *Quercus Robur* and *Q. Petraea*. Water, Air, & Soil Pollution, 161: 175–192.
- PÄIVINEN, R. – SCHUCK, A. – LIN, C. 1999: Growth trends of European forests – What can be found in international forestry statistics? – In: KARJALEINEN, SPIECKER & LAVOUSSINIE (eds.): “Causes and consequences of accelerating tree growth in Europe”. EFI-Proceedings 27, 125–137.
- PÄIVINEN, R. – LIN, C. – OTTITSCH, A. – SCHUCK, A. – MOISEEV, A. 1999: Global overview of the European forests. In: P. Pelkonen, A. Pitkänen, P. Schmidt, G. Oosten, P. Piussi and E. Rojas, Editors, Forestry in Changing Societies in Europe 1, University of Joensuu Press, Joensuu, Finland
- PAUSAS, J. 1997: Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. J. Veg Sci., 8: 703–706.
- PELIZZARI, A. – GONCALVES, A. R. – CAETANO, M. 2008: Information Extraction for Forest Fires Management. Studies in Computational Intelligence, 133: 295–312.

- PLATIS P. D. – PAPANASTASIS, V. P. 2003: Relationship between shrub cover and available forage in Mediterranean shrublands, *Agroforestry Systems*, 57: 59–67.
- RABEN, G. – ANDREAE, H. – MEYER-HEISIG, M. 2000: Long-term acid load and its consequences in forest ecosystems of Saxony (Germany). *Water Air Soil Pollut.*, 122: 93–103.
- ROLLAND, C. 1993: Tree-ring and climate relationships for *Abies alba* in the Internal Alps. *Tree-Ring Bulletin*, 53: 1–11.
- ROST-SIEBERT, K. – JAHN, G. 1988: Veränderungen der Waldbodenvegetation während der letzten Jahrzehnte – Eignung zur Bioindikation von Immissionswirkungen? (Changes in the forest floor vegetation during the last decades – possible bioindicators for emission effects?). *Forst und Holz*, 43: 75–81.
- RÖSEL, K. – REUTHER, M. (eds.) 1995: Differentialdiagnose der Schäden an Eichen in den Donauländern, Vol. 11. GSF-Bericht, 377 pp.
- RUNNING, W. S. – COUGHLAN, C. J. 1988: A General Model of Forest Ecosystem Processes for Regional Applications: I. Hydrologic Balance, Canopy Gas Exchange and Primary Production Processes. *Ecological Modelling*, 42: 125–154.
- SCHRÖTER, D. et al. 2004: The ATEAM final report 2004 – Detailed report related to overall project duration. Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling, a project funded under the 5th framework Programme of the European Union, 139 pp.
- SCHÜTT, P. (ed.) 1984: *Der Wald Stirbt an Stress*. Bertelsmann, München, 262 pp.
- SILVA, J. S. – CATRY, F. 2006: Forest fires in cork oak (*Quercus suber*) stands in Portugal. *Int J. Environ Stud.*, 63: 235–257.
- SMITH, W. H. 1981: *Air pollution and Forests*. Springer-Verlag, New York Inc, 369 pp.
- SMOLEJ, J. 1995: Vegetations- und Standortsverhältnisse der Ständigen Versuchsflächen in den Eichenwäldern Sloweniens. – In: Smolej, I. and Hager, H. (eds). *Oak decline in Slovenia: Endbericht über die Arbeiten 1995*. Gozdarski institut Slovenije, Ljubljana, Institut für Waldökologie, Wien, 47–59.
- SOKAL, R.R. – ROLF, J. F. 1995: *Biometry*. (3rd ed.), W.H. Freeman and Company, New York 887 pp.
- SOLBERG, S. – KVINDESLAND, S. – AAMLID, D. – VENN, K. 2002: Crown condition and needle chemistry of Norway spruce in relation to critical loads of acidity in south-east Norway. *Water, Air and Soil Pollution*, 140: 157–171.
- SOMOGYI, Z. 2008: Recent trends of tree growth in relation to climate change in Hungary. *Acta Silvatica Lignaria Hungarica*, 4: 17–27.
- SOMMARUGA-WÖGRATH, S. – KOINIG, K. – SCHMIDT, R. – SOMMARUGA, R. – TESSANDRI, R. – PSENNER, R. 1997: Temperature effects on the acidity of remote alpine lakes. *Nature*, 387: 64–67.
- SPIECKER, H. – MIELIKÄINEN, K. – KÖHL, M. – SKOVSGAARD, P. J. (eds.) 1996: *Growth trends in European forests – studies from 12 countries*. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 354 pp.
- STRIBLEY, H. G. – ASHMORE, R. M. 2002: Quantitative changes in twig growth pattern of young woodland beech (*Fagus sylvatica* L.) in relation to climate and ozone pollution over 10 years. *Forest Ecology and Management*, 157: 191–204.

- THOMAS, F. M. 1995: Ursachenanalyse des Eichensterbens in Norddeutschland-Teil 5: Bodenkundliche und baumphysiologische Untersuchungen. Abschlussbericht des BMBF-Forschungsvorhabens-Förderkennzeichen 0339382A unveröff, 54 pp.
- THOMAS, F. M. – HARTMANN, G. 1998: Tree rooting patterns and soil water relations of healthy and damaged stands of mature oak (*Quercus robur* L. *Quercus petraea* [Matt] Liebl.). *Plant and Soil*, 203: 145–158.
- THOMAS, F. M. – BLANK, R. – HARTMANN, G. 2002: Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology*, 32: 277–307.
- TÓTHMÉRÉSZ, B. 2001: A síkfőkúti erdő fapusztulási dinamikájának monitoringja. In: Borhidi A. és Botta-Dukát Z. (szerk.): *Ökológia az ezredfordulón I.* Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 211–212. (in Hungarian)
- VAJNA, L. – EKE, I. – CSETE, S. 1984: Mycological-plant pathological-plant pathological examinations on the decay observed in sessile oak stands. *Az Erdő*, 33: 362–366. (in Hungarian)
- VIEGAS D. X. 1997: Fire risk associated to meteorological conditions. In: Eftihidis, G. – Balabanis, P. – Ghazi, A. (eds.), *On the advanced study course on wildfire management.* Athens, Greece, pp. 227–239.
- WARREN, W. G. 1980: On removing the growth trend from dendrochronological data. *Tree Ring Bull.* 40: 35–44.
- WOODALL, C. W. – GRAMBSCH, P. L. – THOMAS, W. – MOSER, W. K. 2005. Survival analysis for a large-scale forest health issue: Missouri oak decline. *Environmental Monitoring and Assessment* 108: 295–307.
- ZIERL, B. 2002: Relations between crown condition and ozone and its dependence on environmental factors. *Environ. Pollut.* 119: 55–68.
- ZIERL, B. 2004: A simulation study to analyse the relations between crown condition and drought in Switzerland. *Forest Ecology and Management*, 188: 25–38.