

Nyugat-Magyarországi Egyetem

Doktori értekezés tézisei

**A fatörzsön kialakuló  
természetes elektromos potenciálkülönbség-változások  
és összefüggésük a xylemnedv-áramlással**

Koppán András

NYME EMK Földtudományi Intézet  
MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet

Témavezető: Dr. Szarka László

Sopron

2004

## 1. A kutatási feladat és előzménye

Az élőlények növekedését, életműködését alakító és befolyásoló sokféle tényező hatásaival a kutatók többé-kevésbé tisztában vannak, jelentős részüket már kapcsolatba hozták a növény- és állatvilág legkülönbözőbb biológiai jelenségeivel. Időről-időre felmerült az igény, hogy a növényi életjelenségeket valamilyen egyszerű módon monitorozni lehessen, hogy például egyetlen paraméter mérésével lehessen információt nyerni a fa egészségi állapotáról.

A növényi bioelektromos jelenségeket az 1950-es és a '60-as években világszerte intenzíven kutatták. (Többek között a soproni egyetemen is folytak ilyen kutatások: Csanády Etele a fa növekedése és a fatestben mérhető elektromos potenciálok közötti összefüggések meghatározására végzett kísérleteket.) A 1990-es évek elejétől, a számítógépes adatrögzítés megjelenésétől kezdve e jelenségek vizsgálata új lendületet vett. Morat és munkatársai 1992-ben, a Párizsi Földfizikai Intézetben végeztek kísérletet, melynek során egy 80 éves vadgesztenyefa törzsében mértek – két párhuzamosan elhelyezett elektród pár segítségével – elektromos potenciálkülönbségeket két hónapon keresztül. A kísérletet elsősorban geofizikai indíttatásból végezték, ugyanis arra a régi tapasztalatra kerestek magyarázatot, miszerint ha az ún. tellurikus elektródokat élő fa közelébe rakják, torz tellurikus értékeket kaphatnak. Ezt a kísérletet rekonstruálta az értekezés szerzője, amikor 1995 és 1996 között a Soproni Egyetem botanikus kertjében mért elektromos potenciálkülönbségeket egy fiatal bükkfa (*Fagus sylvatica* L.) törzsén két párhuzamosan elhelyezett elektród párral.

A korábbi kutatások ellenére a szervezet életműködését kísérő, az egész növényre vonatkozó (tehát nem sejt, hanem annál magasabb, szöveti, szervezeti szinten jelentkező) elektromos tér mérési módszere kevésbé kidolgozott, s nem tekinthetők lezártnak azok a kísérletek sem, amelyek megmutatják, milyen összefüggés áll fenn a fa életműködése és a mért elektromos potenciálkülönbségek között. Nem tisztázott a környezet hatása sem az elektromos potenciálkülönbségekre. Emiatt van manapság is igény azokra a vizsgálatokra, amelyekben a fákat környezetükkel együtt, egységes rendszerben vizsgálják.

Az értekezés alapjául szolgáló kutatás megtervezése során az elsődleges célkitűzés a fatörzsön mért elektromos potenciálkülönbségek időbeli és térbeli változásainak vizsgálata volt. Ezzel kapcsolatban azonban arra is megoldást kellett találni, hogy ezeket a változásokat mi módon lehet megfigyelni, ugyanis az irodalom és a korábbi, hasonló témájú kísérlet

alapján nyilvánvalóvá vált, hogy a két elektród páros elrendezés nem megfelelő egy ilyen vizsgálat elvégzésére.

Az elektromos potenciálkülönbségek változásának, és ezek jellegzetességeinek meghatározása után a következő lépés azoknak a belső folyamatoknak, jelenségeknek a meghatározása, amelyek forrásai lehetnek a potenciálkülönbségek kialakulásának és változásainak. Az ezzel kapcsolatos legfontosabb feladat annak kimutatása, hogy milyen összefüggés van az elektromos potenciálkülönbség és a xylemnedv-áramlás között.

Feladatként fogalmazódott meg annak kiderítése, hogy amennyiben ezek a belső folyamatok nem fedik le teljesen az elektromos potenciálkülönbség változásait, milyen környezeti paraméterek lehetnek hatással az elektromos potenciálkülönbségekre. Ez lényegében a fa – környezet kapcsolatrendszer elektromossággal leírható részének feltárását jelenti.

## **2. A lefolytatott vizsgálatok módszere**

### **Mérések**

Az elektromos potenciálkülönbségek folyamatos mérése 1997.05.17. és 2002.02.28. között, a Széchenyi István Geofizikai Obszervatóriumban történt. A méréshez 16 elektród került beültetésre egy kb. 40 éves csertölgy (*Quercus cerris* L.) törzsébe. (Egy féléven át két fán voltak egyidejűleg mérések.) Az alkalmazott mérőrendszerben feltétlen újítást jelent (hiszen irodalmi előzménye nem létezik), hogy a mérő elektródok több szinten (a talajszinttől kezdődően 6 m-ig 2 m-ként) és különböző kitettségekben (a négy fő égtájnak megfelelően) helyezkedtek el. Ily módon immár nem a fatörzsbe ültetett kötött elektród párok közötti elektromos potenciálkülönbségek regisztrálása folyt (mint a Morat és munkatársai által használt és a szerző korábbi kísérletnél alkalmazott kétcsatornás rendszer esetében), hanem az egyes elektródok és egy közös földelektród közötti potenciálkülönbségeké. Ez az elrendezés biztosította azt, hogy bármely két elektród közötti potenciálkülönbséget meg lehessen határozni.

A nedv-áramlás-sebesség mérése a Granier-féle radiális áramlásmérő mintájára készített műszer segítségével történt. A termopárok fűtött tagjai a talajszint felett 1 m-re, a fő égtájnak megfelelő irányba, a kéreg alá előfűrt lyukakba kerültek elhelyezésre. A

referencia szondák ezek alá kb. 15 cm-rel voltak beültetve. A fanedváramlás-sebesség mérés 1999. 07.14.-től 1999.12.27-ig tartott.

A meteorológiai paramétereket (hőmérséklet, relatív páratartalom, szélsébség, radiáció és csapadék adatok) az Obszervatórium területén található meteorológiai állomás szolgáltatta. A légköri elektromos potenciálgradiens-, a geomágneses- és telluráram adatsorok szintén az Obszervatóriumban folyó mérésekből származnak.

### **A mért adatok feldolgozása**

Az elektromos potenciálkülönbségek mérése során minden eddiginél hosszabb és nagyobb időbeli felbontású adatsort sikerült nyerni. A mért elektromos potenciálkülönbség adatokat a szerző egyrészt idősor-analízisnek, másrészt korrelációanalízisnek vetette alá. Hasonlóképpen az idősoranalízis eszközeivel vizsgálta a termometriás nedváramlás adatokat. Az elektromos potenciálkülönbség és nedváramlás adatok, valamint a párhuzamosan mért környezeti paraméterek közötti összefüggésrendszert faktoranalízissel és regresszió-analízissel határozta meg.

## **3. Új tudományos eredmények összefoglalása**

### **I. A szerző kidolgozta a fák törzsén kialakuló elektromos potenciálkülönbségek folyamatos megfigyelésére alkalmas mérőrendszert.**

A korábbi kísérletek tapasztalatai alapján kialakított sokelektrodás mérési elrendezés a fatörzsön kialakuló elektromos potenciálkülönbségeknek mind térbeli, mind időbeli változásának regisztrálására alkalmas. Az elektród, melynek ötvözeté permalloy (Ni/Fe – 80/20), egyrészt kis átmeneti ellenállású, másrészt a geometriájánál fogva a beültetés során minimális mértékben roncsolja a xylem-elemeket. Az elektródok több szinten, és szintenként több kitettségekben kerültek behelyezésre a szíjácsba. Az érzékelő rendszer fontos eleme a nagy bemenő ellenállású ( $R \geq 10^{10} \Omega$ ) differenciál erősítő, mely biztosítja a jel torzítatlanságát. A referenciaelektród anyaga ólom, és a talajban megfelelő mélységben elhelyezve kis és közel állandó átmeneti ellenállású. A mérőrendszer érzékenysége  $10^{-5}$  V (a vizsgált szöveti

szintű elektromos jelek mV-os nagyságrendűek), a mintavételi gyakoriság 1 másodperc és perces átlagok kerülnek regisztrálásra.

**II.a. Az elektromos potenciálkülönbség adatok statisztikai analízisével a szerző részletes spektrális eloszlást, azaz periódusidő-amplitúdó eloszlást kapott eredményül az 1 perc-1 év periódusidejű tartományra vonatkozóan.**

*A rövid és közepes periódusú (néhány órás és napi) változásokkal kapcsolatos új eredmények összefoglalása*

A fatörzsön mért elektromos potenciálkülönbségek az idővel változnak. Az adatsorokban megtalálható legmarkánsabb középperiódusú változás a szabályos napi változás, melynek amplitúdója néhány 10 mV. A napi járás nagy valószínűséggel a transzspiráció napi ritmusával függ össze. A napi járás reggeli (6-7 óra) maximummal és délutáni (15-17 óra) minimummal jellemezhető. Bizonyos időszakokban – esetenként bizonyítottan a zivatartevékenység hatására – a maximum és minimumhelyek pozíciója felcserélődik. A fázisátfordulások időtartama maximum 1-2 nap, ami általában valamennyi csatornán kimutatható. (Előfordult azonban több hetes fázisátfordulás is, amely csak egy-egy csatornán jelentkezik, egyelőre tisztázatlan okból.) A 24 órás változásokat 12 órás és – nem mindig – 8 órás periódusok egészítik ki. A 12 órás változások amplitúdója a napi változásénak körülbelül egyharmada, míg a 8 órás változásé mintegy ötöde-tizede. Ezekre a rövidperiódusú változásokra az irodalomban nincs adat.

*A hosszúperiódusú változásokkal kapcsolatos új ismeretek összefoglalása*

A leghosszabb (mintegy 8 hónapnyi) összefüggő, hiánymentes adatsor elemzése nem mutatott ki olyan, 24 óránál nagyobb periódusidejű változást, amely valamennyi csatornán egyformán jelentkezne. (E tapasztalat nem erősíti meg azon szerzők eredményeit, akik a Hold gravitációs hatásával összefüggő 27 napos periódust mutattak ki élőfán, saját potenciálkülönbség-adatsoraikban.)

Egy többéves (1997.08.13.-1999.09.30.) elektromos potenciálkülönbség adatsor alapjelének változását vizsgálva, az alapjel téli, kora tavaszi maximumokat és nyári, őszi eleji minimumokat mutatott. A szezonális ingadozás oka a szerző szerint valószínűleg a fajlagos ellenállás-változása.

**II.b. Az elektromos potenciálkülönbség adatok statisztikai analízisével a szerző részletesen kimutatta a 24 órás periódusú változás amplitúdójának változását az év során.**

Az elektromos potenciálkülönbségek napi járásának amplitúdója az idővel változik. Egy 2 éves (1997. november – 1999. október) időszakból vett 32 minta átlagamplitúdói részletes képet nyújtottak a 24 órás változás amplitúdójának évszakos járásáról. A 6 m-es szint négy csatornáját külön-külön vizsgálva azt lehetett tapasztalni, hogy a vegetációs időszakon kívül, a nyugalmi periódusban, a csatornák nagyjából hasonló képet mutatnak: az átlagamplitúdók ebben az időszakban 5 mV alatt maradtak. A lombfakadás idején a napi változások amplitúdója szinte egyik napról a másikra megnő, az egyes csatornák akár 25-30 mV-os maximumot is elérhetnek (a maximumok értéke az adott év időjárási viszonyaitól is függ: 1999-ben a maximumok az 1998-as értékeknek mintegy felét érték csak el). A maximális transzpiráció idején, júniusban, július elején egy második maximum is megfigyelhető volt mind 1998-ban, mind 1999-ben. Ez a második csúcs az egyes csatornákon némi fáziskéséssel jelentkezett, és rendre nagyobb amplitúdóval, mint tavasszal. (Egyes csatornákon egy augusztus végi, szeptemberi, harmadik lokális maximum is megfigyelhető volt, kisebb amplitúdóval, mint a tavaszi, és nyári maximumok.)

**II.c. Az elektromos potenciálkülönbség adatok statisztikai analízisével a szerző kimutatta az elektromos potenciálkülönbségek térbeli, heterogén eloszlását élő fa törzsén.**

A különböző kitétségekben és szinteken mért elektromos potenciálkülönbségek között, jóllehet alapvetően hasonlóan viselkednek, bizonyos eltérések tapasztalhatók. A négy darab több hónapos 16 csatornás adatsoron elvégzett korreláció és cluster-analízis alapján a csatornák között tapasztalt eltérések legvalószínűbb oka a szerkezeti inhomogenitás. Nagyon vékony – gyakorlatilag pár sejtsor vastag – az aktív vízszállító xylem rész, mely érzékeny az embolizációra, kavitációra. A vizsgálatok szerint a szállítás nagyon bonyolult háromdimenziós hálózatban történik a legkisebb hidraulikus ellenállás irányában. (E rendszerben a hidraulikus ellenállást számos tényező befolyásolhatja, mint pl. a hőmérséklet, a szállított nedv iontartalma, mechanikai sérülés, stb.)

Az elektródpozíció (azaz a szintek és a kitétség) szerinti eltérések meghatározására elvégzett vizsgálat kimutatta, hogy szignifikánsan a keleti oldalak csatornáin veszik fel a leghamarabb mind a maximum (6:32±43 perc), mind a minimum értékeket (15:09±34 perc), valamint, hogy a nyugati oldal csatornáin jelentkeznek legkésőbb a minimum értékek (17:29±09 perc). A déli és az északi oldal csatornáin között nem lehetett jelentős különbséget kimutatni (maximumok: 7:11±26 ill. 6:54±26 perc; minimumok: 16:22±51 ill. 16:28±43 perc).

### **III. A szerző kísérletileg igazolta a törzsön mérhető elektromos potenciálkülönbségek és a xylemnedv-áramlás közötti összefüggést.**

A termometriás nedváramlási adatsort hasonló periodicitás jellemzi, mint az elektromos potenciálkülönbségeket, azaz kimutathatók 24 órás, 12 órás és 8 órás periódusok (ezeket az eredményeket az elektromos potenciálkülönbségekkel együtt elvégzett kereszt-spektrális elemzés is megerősíti). A 24 órás változásnak hajnali 6-7 óra körül van a minimuma, maximuma pedig a déli órákra tehető. A napi változás amplitúdójának az időjárástól függő kimutatható szezonális járása van, amely az adott időszakban hasonlóképp alakult, mint az elektromos potenciálkülönbség napi járásának évszakos változása. A hosszúperiódusú változások vizsgálata itt sem mutatott ki az 1 naposnál nagyobb periódusidejű szabályos változást.

A nedváramlás és elektromos potenciálkülönbség adatsorokra elvégzett korrelációanalízis szoros kapcsolatot mutatott ki a kétféle adatsor között. Ezzel kísérleti alapon sikerült bizonyítani az elektromos potenciálkülönbségek és a nedváramlás kapcsolatát. Ilyen jellegű összehasonlító vizsgálatokra, vagyis a két paraméter egyidejű mérésére és összehasonlítására az irodalomban nincs példa.

Az elektromos potenciálkülönbségek, a kereszt-korrelációs elemzések tanúsága szerint, akár több órás késéssel is követhetik a nedváramlás adatsor változásait. A fáziseltolódás legvalószínűbb oka a xylemnedv vezetőképességének változásában keresendő (leginkább az iontartalomtól és a hőmérséklettől függ). Ez a jelenség ugyanis nem nagyon befolyásolja a termometriás nedváram-mérést, de az elektromos potenciálkülönbségre jelentős hatással van. Ezt a feltételezést a szerző közvetett bizonyítékkal támasztja alá. Egy bécsi – levágott törzsszegmenseken – végzett kísérlet szerint az áramlási potenciál és a nedváramlás

kapcsolata lineáris, amennyiben a vezetőképesség változatlan. Ezzel szemben e dolgozatban vizsgált cser törzsén két szint között meghatározott potenciálkülönbségek és az áramlási sebességek hányadosgörbéje határozott napi periodicitást mutat, ami arra utal, hogy a nedv vezetőképességének is napi változása van. Azt megmondani azonban, hogy ezt egy esetleges napi koncentráció-ingadozás vagy hőmérsékletváltozás okozza, egyelőre nem lehet.

#### **IV. Statisztikai vizsgálatokkal a szerző feltárta az elektromos potenciálkülönbség és a környezeti tényezők közötti összefüggésrendszert.**

Az elektromos potenciálkülönbségek elektrokémiai leírása (az áramlási potenciálok, elektródpotenciálok és koncentrációs potenciálok meghatározása által) a xylem-nedv iontartalom-változására vonatkozó ismerethiány miatt korlátokba ütközik. Azonban többváltozós adatelemzés (faktor- és regresszió-analízis) segítségével meghatározható az elektromos potenciálkülönbségeket közvetlenül, illetve a nedváramláson keresztül közvetve befolyásoló környezeti tényezők hatása.

A szerző első lépésben faktoranalízis segítségével meghatározta azoknak a környezeti tényezőknek a körét (elsősorban a hőmérséklet, a relatív páratartalom, a radiáció és a légköri elektromos potenciálgradiens), amelyek szorosabb összefüggésben állnak a mért elektromos potenciálkülönbségekkel.

Az elektromos potenciálkülönbség, mint függőváltozó és a nedváramlás, valamint a környezeti paraméterek mint magyarázó változók bevonásával számolt regressziós modellek annyiban árnyalták tovább ezt a képet, hogy azt is megmutatták, melyik tényező milyen mértékben járul hozzá az elektromos potenciálkülönbségekhez. Nevezetesen, az elektromos potenciálkülönbségnek a környezeti paraméterek közül a hőmérséklettel, a relatív páratartalommal, valamint a légköri elektromos potenciálgradienssel és a telluráramokkal van szorosabb statisztikai kapcsolata. A transzspirációt befolyásoló első kettő nagyobb regressziós együtthatóval szerepel a modellekben, mint az utóbbiak, melyek valószínűleg leginkább zajként befolyásolják az elektromos potenciálkülönbséget.

Az eredmények értékelését jelentősen megnehezíti, hogy sok külső és belső tényező hatása egyidejűleg és ekvivalens módon jelentkezik, és ezek egymástól elvileg szétválaszthatatlanok.



#### **4. Az értekezés eredményeinek hasznosítása**

Az elemzések során kapott eredmények új részletekkel gazdagítják a cser transzspirációjával, nedváramlásával kapcsolatos eddigi ismereteket. Közvetett információt nyújtottak olyan – jelenleg kevésbé ismert – jelenségekről, mint a xylem-nedv vezetőképességének változása. Ezeken az elméleti jelentőségű eredményeken túlmenően, az elektromos potenciálkülönbségek mérési módszerét a regresszió számítással meghatározott empirikus összefüggések segítségével immár a nedváramlás meghatározására is fel lehet a jövőben használni. Ezzel kapcsolatban azonban figyelembe kell venni, hogy a termometriás mérési módszerekhez képest az elektromos potenciálkülönbségek mérése (jelenlegi formájában) sokkal érzékenyebb a környezeti hatásokra, zajokra. Így leginkább elektromosan zajmentesnek tekinthető környezetben, valamint csapadékmentes időjárási körülmények között alkalmazható.

#### **5. További kutatási irányok**

Az elektromos potenciálkülönbségek kialakulásával kapcsolatos legfontosabb probléma az, hogy megoldást kell találni a xylem-nedv elemtartalmának monitorozására. Ezzel gyakorlatilag lehetővé válna az elektromos potenciálkülönbségek elektrokémiai jelenségek általi meghatározása, ami egy pontosabb modell felállítását tenné lehetővé. A xylem elemekben áramló nedv további fizikai-kémiai vizsgálata és jobb megértése (pl. elektroosmózis vonatkozásában) is igen lényeges abból a célból, hogy az elektrokinetikus potenciálok mérését eszközként lehessen használni a növényi nedváramlás tapasztalati úton való becsléséhez.

A szerkezet hatásának megragadása érdekében az elektromos potenciálkülönbség méréseket valamilyen tomográfias módszerrel lehetne kiegészíteni. A legcélszerűbb eljárás a mobil computer tomográfia (CT) lenne, amellyel a mérési szintek mindegyikét vizsgálni lehetne, időről-időre visszatérően. A CT helyett alternatív, de annál pontosabb megoldást jelentene egy impedancia tomográf kifejlesztése, amelynek segítségével információkat lehetne nyerni a fajlagos ellenállás, ezáltal a nedvesség térbeli eloszlásáról a törzsben.

Az elektromos potenciálkülönbség méréseket más fafajokra is érdemes lenne kiterjeszteni, párhuzamosan végzett egyidejű mérések formájában. Ily módon a nedváramlást becsülő tapasztalati összefüggések paramétereit fafajonként lehetne meghatározni.

## 6. Saját tanulmányok jegyzéke

*Az értekezés témaköréből készült publikációk*

### *Külföldi folyóiratban megjelent publikáció*

Koppán A. - Szarka L. - Wesztergom V. (2000): Annual fluctuation in amplitudes of daily variations of electrical signals measured in the trunk of a standing tree. *Comptes Rendus Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie/ Life Sciences* 323: 559-563.

### *Hazai angol nyelvű folyóiratban megjelent publikációk*

Koppán A. - Szarka L. - Wesztergom V. (1999): Temporal variation of electric signal recorded in a standing tree. *Acta Geod. Geoph. Hung.*, Vol. 34(1-2): 169-180.

Koppán A. - Fenyvesi A. - Szarka L. - Wesztergom V. (2002): Measurement of electric potential difference on trees. *Acta Biologica Szegediensis*, 46(3-4):37-38.

Koppán A. - Szarka L. - Wesztergom V. (2004): Local variability of electric potential differences on the trunk of *Quercus cerris* L. *Kisebb átdolgozással elfogadott kézirat, Acta Silvatica et Ligniensa Hungarica*.

### *Hazai magyar nyelvű folyóiratban megjelent publikációk*

Koppán A. - Szarka L. - Wesztergom V. (1997): Fák bioelektromos jelenségei és a rájuk ható meteorológiai tényezők. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek* 10: 126-128.

Koppán A. - Szarka L. - Wesztergom V. (2000): Élő fa életfolyamatainak tükröződése a törzsön mért elektromos potenciálkülönbségekben. *Soproni Egyetem Tudományos Közleményei* 46: 17-24.

### *Nemzetközi konferenciakötetekben megjelent összefoglalók*

Koppán A. - Szarka L. - Wesztergom V. (1998): Conclusions from multichannel electrical recordings in a standing tree. *EGS General Assembly, Nice, 1998.*, (abstract), *Ann. Geophys.*, 1998; 16: 271.

Koppán A. - Kis M. - Szalai S. - Szarka L. - Wesztergom V. (2000): Analogue modelling experiments for determination of humidity distribution within the trunk of standing trees by using a geophysical technique. *XXX<sup>th</sup> Annual Meeting of ESNA. Proceedings, November 2000. Austrian Research Center Seibersdorf*, 180-186.

Koppán A. - Kis M. - Szalai S. - Szarka L. - Wesztergom V. (2000): In vivo electric soundings of standing trees. *12<sup>th</sup> International Symposium on Nondestructive Testing of Wood. Proceedings, 13-15 September 2000. University of Western Hungary, Sopron*, 215-222.

Koppán A. - Fenyvesi A. - Szarka L. - Wesztergom V. (2002): On the relationship between the tree and its environment, based on electrical potential difference monitoring on trunk of trees. *Eos. Trans. AGU, 83(19), Spring Meet. Suppl., Abstract B32A-17*.

Koppán A. - Fenyvesi A. - Szarka L. - Wesztergom V. (2002): Electrical Potential Difference monitoring on a living tree. *16<sup>th</sup> Workshop on Electromagnetic Induction in the Earth, Abstracts, 2002 June 16-22; Santa Fe, New Mexico*.

### *Előadások nemzetközi konferenciákon*

- Koppán A. - Szarka L. - Wesztergom V. (1998): Conclusions from multichannel electrical recordings in a standing tree (Poszter). European Geophysical Society XXIII General Assembly, Nizza, 1998. április 20-24.
- Koppán A. - Fenyvesi A. - Szarka L. - Wesztergom V. (2000): Comparison of electric potential difference recordings and direct sap flow intensity measurements in the trunk of a standing tree (Poster). American Geophysical Union 2000 Spring Meeting, Washington, 2000. május 30. – június 3.
- Koppán A. - Kis M. - Szalai S. - Szarka L. - Wesztergom V. (2000): Analogue modelling experiments for determination of humidity distribution within the trunk of standing trees by using a geophysical technique (Poster). XXX<sup>th</sup> Annual Meeting of European Society for New Methods in Agricultural Research, Keszthely, 2000. augusztus 26-30.
- Koppán A. - Kis M. - Szalai S. - Szarka L. - Wesztergom V. (2000): In vivo electric soundings of standing trees. Wood NDT 2000, Sopron, 2000. szeptember 13-15.
- Koppán A. - Fenyvesi A. - Szarka L. - Wesztergom V. (2002): On the relationship between the tree and its environment, based on electrical potential difference monitoring on trunk of trees. Poster. AGU, 2002 Spring Meeting, Washington, D.C., 2002. május 28-31.
- Koppán A. - Fenyvesi A. - Szarka L. - Wesztergom V. (2002): Electrical Potential Difference monitoring on a living tree. Poster. The 16<sup>th</sup> Workshop on electromagnetic Induction in the Earth, Santa Fe, New Mexico, 2002. június 16-22.
- Koppán A. - Fenyvesi A. - Szarka L. - Wesztergom V. (2002): Measurement of electric potential difference on trees. Poster. 7<sup>th</sup> Hungarian Congress on Plant Physiology, Szeged, 2002 június 24-27.
- Gribovszki Z. - Koppán A. - Kalicz P. - Papai I. - Vig P. (2004): The effects of meteorological and geophysical parameters on the short time fluctuations of eco-hydrological phenomena (Poster). European Geosciences Union 1<sup>st</sup> General Assembly, Nice, 2004. április 25-30.

### *Egyéb publikációk*

- Ádám A. - Koppán A. - Madarasi A. - Prácser E. - Szarka L. - Varga G. - Wesztergom V. (2003): Geoelectric study of the structure and physics of the Earth's crust of the Carpatho-Pannonian basin by development of the imaging techniques of the magnetotellurics. *Magyar Geofizika*, 43: 59-61.
- Ádám A. - Koppán A. (2004): Behaviour of the long period electromagnetic induction vectors in a sedimentary back-arc basin (Carpatho – Pannonian Basin). *Elfogadott kézirat, Acta Geod. Geoph. Hung.*

### *Jelentés*

- Bencze P. - Koppán A. - Kovács K. - Márcz F. - Prodán T. - Satori G. - Wallner Á. - Wesztergom V. (2003): Geophysical Observatory Reports of Geodetic and Geophysical Research Institute of Hungarian Academy of Sciences. Year 1999-2001. Nagycenk Geophysical Observatory. 2003, Sopron.

*Egyéb konferencia előadás*

- Ádám A. - Koppán A. (2003): Indukciós vektorok a Pannon-medencében: távhatások és összefüggések az üledékes medence szerkezetével (javaslat a mágneses tellurikára). Földi Elektromágnesség tudományos konferencia. 2003. június 20-21., Sopron.
- Szarka L. - Novák A. - Ubránkovics Cs. - Koppán A. - Wesztergom V. - Turi J. - Ádám A. - Madarasi A. - Varga G. - Kiss J. - Jesch M. - Prácser E. - Ritter, O. - Weckmann, U. (2003): Preparations to the MT measurements along the CELMT'2003 line. 2003. február 2., GFZ, Potsdam.
- Ádám A. - Madarasi A. - Koppán A. - Novák A. - Ritter, O. - Szarka L. - Tóth Z. - Ubránkovics Cs. - Varga G. - Weckmann, U. - Wesztergom V. (2003): Magnetotelluric measurements along the CELEBRATION-07 line. 6th Alpine workshop. 2003. szeptember 15-16., Sopron.
- Szarka L. - Novák A. - Ubránkovics Cs. - Koppán A. - Wesztergom V. - Turi J. - Ádám A. - Madarasi A. - Varga G. - Kiss J. - Jesch M. - Prácser E. - Ritter, O. - Weckmann, U. (2003): Magnetotelluric measurements along the CELEBRATION-007 line. NATO conference on the Carpathian Conductivity Anomaly. Varsó, 2003. október 8-12.