

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM  
ERDŐMÉRNÖKI KAR

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**A 20. SZÁZADI FELSZÍNBORÍTÁS-VÁLTOZÁS  
METEOROLÓGIAI HATÁSAI MAGYARORSZÁGON**

**DRÜSZLER ÁRON**

SOPRON  
2011.

**Doktori Iskola:** Kitaibel Pál  
Környezettudományi Doktori Iskola

**Vezető:** Prof. Dr. Mátyás Csaba

**Program:** Biokörnyezet-tudomány

**Vezető:** Prof. Dr. Németh Károly

**Témavezető:** Dr. Vig Péter

## TUDOMÁNYOS HÁTTÉR, CÉLKITŰZÉS

Geológiai, őslénytani, valamint geomorfológiai vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy Földünk éghajlata, amióta csak létezik, folyamatosan változik, tehát az éghajlatváltozás ténye önmagában ma már nem szorul bizonyításra. Sokkal fontosabb kérdés, hogy a természetes ingadozásokon és változásokon felül, az emberi tevékenység milyen módon, s mekkora mértékben tudja erősíteni, illetve gyengíteni ezeket a folyamatokat?

A tengerszint globális átlagos növekedéséből, az északi féltéke hótakarójának csökkenéséből, valamint az elmúlt másfél évszázad méréseiből is arra lehet következtetni, hogy az elmúlt 150 évben jelentősen megemelkedett a Föld átlaghőmérséklete. Emellett mára már számtalan mérés egyértelműen igazolja azt is, hogy a légköri üvegházhatású gázok koncentrációja az ipari forradalom kezdete óta nő, és sok bizonyíték szól amellett, hogy ezek a változások hozzájárultak az azóta regisztrált átlaghőmérséklet-emelkedéshez. Mindemellett vitathatatlan tény, hogy az üvegházhatás csak egy hatótényező a számos egyéb éghajlati hatótényező között, önmagában nem képes magyarázatot adni a múlt éghajlatában bekövetkezett változásokra.

Ismert például a naptevékenység változásának hatása a Föld sugárzási egyenlegére, de a Föld pályaelemeinek periodikus változásai által kifejtett éghajlati hatás is bizonyítható. Emellett természetes hatótényezőként szokták emlegetni a vulkáni tevékenység hatását is, továbbá tudjuk, hogy a magaslégtérben az ózoncsökkenésnek és a troposzférikus aeroszoloknak „negatív üvegházhatása” van, valamint ismert az óceánok nagy hőkapacitása is, amely a melegedésnek mindössze 50-70%-át engedi azonnal érvényesülni a koncentrációváltozással egy időben. Mivel nem csak a légkör kémiai összetételét érik különféle antropogén hatások, ezért az itt felsorolt kényszereken kívül világszerte egyre inkább figyelembe szokták venni a felszínborítás-változás éghajlati hatásait is.

A fentiek fényében egyértelmű, hogy ha a Kárpát-medence megfigyelt hőmérsékleti- és csapadék idősoraiban tapasztalható

változásokra keressük a magyarázatokat, akkor sem elegendő csak az üvegházhatású gázok, vagy a légköri aeroszolok koncentrációjának megváltozását vizsgálni. A további lehetséges hatótényezők között a hemiszférikus cirkulációs rendszer átalakulásán kívül, a felszínborítás-változás hatása is szerepel.

E disszertációban ismertetésre kerülő vizsgálatok fő célja tehát a magyarországi valós történeti felszínborítás-változások rekonstruálása, valamint e térképekből kiolvasható változások meteorológiai hatásainak feltárása volt. E munka az alábbi pontokban összefoglalható kérdésekre kereste a választ:

- Milyen volt a felszínborítás a századfordulón (1900), illetve az ezredfordulón (2000) Magyarországon? Mekkora változások történtek e vizsgált 100 esztendő alatt?
- A 20. századi felszínborítás-változás folyamata hazánkban hogyan zajlott le? Mennyire megbízhatóak a rendelkezésre álló adatok?
- Miként befolyásolhatta a 20. századi felszínborítás-változás a felszínközeli légréteg hőmérsékleti, illetve nedvességi viszonyait a nyári félévben?
- A magyarországi felszínborítás-változás meteorológiai hatásainak milyen területi sajátosságait lehet kimutatni?
- Milyen hatása lehet a felszínborítás-változásnak a nyári félév során a konvektív folyamatokra, s ezáltal a csapadék területi eloszlására?

## ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

A szerző munkája során térinformatikai eszközökkel két vektoros formátumú, Magyarországra vonatkozó felszínborítási térképet hozott létre. A századfordulóra (1900) vonatkozó térképet a 3. katonai felmérés származtatott térképszelvényei alapján, a Bedő-féle erdőtérképről, valamint a KSH földhasználati adatsoraiból nyerhető információkkal kiegészítve készítette el. Az ezredfordulóra (2000) vonatkozó térképet, az MM5 meteorológiai modell felszínborítási kategóriáinak megfelelően, a CORINE 2000-es felszínborítási adatbázisából vezette le.

Mindezek után e térképek, valamint a hozzáférhető statisztikai adatsorok feldolgozása révén számszerűsítette a 20. század során végbement magyarországi felszínborítás-változásokat.

E változások meteorológiai hatásainak vizsgálatához az NCAR (National Center for Atmospheric Research) és a Pennsylvania Egyetem által kifejlesztett MM5 mezoskálájú numerikus modelljét alkalmazta. A létrehozott két felszínborítási térkép alapján elkészítette a századfordulói, illetve ezredfordulói felszínborítást reprezentáló két különböző alsó határfeltételt, a modell rácshálójának megfelelően. Ezek után az MM5-öt olyan kiválasztott napok bemenő adataival futtatta a két különböző alsó határfeltétellel, amelyek együttesen reprezentálták a hazai, Péczely-féle cirkulációs típusokat.

A felszínborítás-változás meteorológiai hatásainak vizsgálatához összesen  $2 \times 26$  „előrejelzést” hajtott végre 48 órás időintervallumra. Ezeket, az időjárási helyzettől is függő eredményeket azután úgy általánosította, hogy azokat minden cirkulációs típusra megszorozta az adott típus relatív gyakoriságával. Az eredmények részletes kiértékelését három meteorológiai változóra (hőmérséklet, harmatpont, illetve csapadék) végezte el.

## ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)

I. A szerző a századfordulóra rekonstruált, illetve az ezredfordulóra levezetett térképei alapján számszerűsítette a 20. századi felszínborítás-változásokat Magyarországon, s az ezekről nyert értékeket összehasonlította a KSH országos, földhasználati adatsoraival is. Megállapította, hogy:

1. A szántók a század eleji 61,0%-os országos területarányról a század végére 56,8%-ra csökkentek.
2. A vizsgált száz esztendő alatt a hazai települések kiterjedése az ország területének 2,4%-áról 5,7%-ára nőtt.
3. A magyarországi erdősültség a század eleji 12,5%-ról az ezredfordulóra 21,1%-ra növekedett.
4. A gyepek területi aránya országosan 16%-ról 9,5%-ra csökkent.
5. A mocsárral, láppal borított területek közel harmadukra zsugorodtak össze, kiterjedésük az ország területének 3,2%-áról 1,1%-ára csökkent.
6. Országosan csökkent a tavakkal, folyókkal borított területek nagysága is (2,3%-ról 1,9%-ra).
7. Míg a századfordulón a szőlők önmagukban érték el országosan a 2,5%-os arányszámot, addig az ezredforduló esetén a gyümölcsösökkel együtt is csak 2,2%-ot tettek ki (s ennek maximum kétharmad része volt valójában szőlő).
8. Bár a térképekről származó adatok és a KSH földhasználati adatai között helyenként jelentős eltérések mutathatók ki, de a változások irányát, és nagyságrendjét tekintve az adatok egymást erősítik.
9. Az adatforrásokban kimutatható különbségek nagyrészt az eltérő kategorizálásból, illetve az eltérő felvételezési módszerekből adódnak. A valós felszínborítást illetően a térképek megbízhatóbbak (mivel jogi kategorizálást nem használnak), illetve a területi eloszlást tekintve jelentős többletinformációt hordoznak.

II. A századfordulóra és ezredfordulóra vonatkozó térképek szabályos, 30 ívmásodperces felbontású rácshálóval történő lekérdezése révén a szerző, az országos változások tekintetében az alábbi nagyságrendi megállapításokra jutott:

1. A települések terjeszkedése leginkább a szántók rovására ment végbe. A mai települések által elfoglalt területek hozzávetőleg 45%-a a századfordulón még szántó, körülbelül 20%-a gyep, 3-4%-a pedig szőlő volt.
2. A vizsgált 100 esztendő alatt a legkisebb területi átrendeződés a szántók esetén volt kimutatható: a napjainkban az ebbe a kategóriába tartozó területek közel 90%-a már a századfordulón is szántó volt.
3. a 20. századi jelentős erdősítés leginkább korábbi szántók, illetve gyepek területén ment végbe (a mai erdők körülbelül harmada száz évvel korábban szántó, 10%-a pedig gyep volt).
4. Az ezredfordulói szőlők, gyümölcsösök közel 70%-a korábbi szántók területén jött létre, erdők kiirtásával mindössze 3% létesült. Mivel a szőlők kiterjedése a századfordulóhoz képest jelentősen csökkent, ezért ezek a szám adatok is azt támasztják alá, hogy a szőlő esetén – elsősorban a szőlőtermelés gépesítése miatt – az országon belül nagy területi átrendeződések zajlottak le a kisebb lejtésű területek irányába.
5. A mai vizeink által elfoglalt terület közel harmada a századfordulón még szántó volt, körülbelül 6%-a pedig korábbi lápok, mocsarak helyét borítja.
6. A mocsaras, lápos területeinknek csak kevesebb, mint 30%-a volt 100 évvel korábban is mocsár. Körülbelül 50% olyan területen alakult ki, ahol a századfordulón még szántó, 16% pedig ott, ahol nyílt víz volt.

III. A 20. századi, magyarországi felszínborítás-változások meteorológiai hatásai az MM5 modellel történő futtatások eredményei alapján az alábbiakban összegezhetők:

1. A napi átlaghőmérséklet esetén  $+0,15$  °C melegedés volt kimutatható országos átlagban, de lokálisan (elsősorban a települések környékén) ennek mértéke meghaladhatta az 1 °C-ot is.
2. A felszínborítás által kiváltott hőmérséklet-emelkedés maximuma az éjszakai órákban mutatható ki. A hőmérséklet-különbség kialakulásában a legfontosabb szerepet az alsóbb rétegekbe irányuló hőáram („talajhőáram”) játssza.
3. A felszínborítás direkt éghajlati hatása a 2 m-es modell-szint hőmérsékletére a keleti ország részben kétszerese a nyugati ország részben kimutatható értéknek.
4. A szerző megállapította, hogy a modellfuttatások során a zöld növényfelület arányát ( $\sigma_f$ -t) felszínborítás-függő paraméterként kezelve (s így a valóságot jobban közelítve), a kimutatható hőmérséklet-emelkedés intenzívebbnek adódik (országos átlagban kb.  $+0,21$  °C napi átlaghőmérséklet-emelkedés lesz kimutatható).
5. A harmatpont esetén (az evapotranszpiráció csökkenése miatt) elsősorban a nappali értékek változása volt érzékelhető (országos átlagban  $-0,12$  °C volt a legnagyobb kimutatható különbség), míg éjjel – a harmatképződés modellezett csökkenése következtében – e légnedvesség-mérőszám értéke kismértékben megemelkedett (a különbség hajnali maximuma  $+0,06$  °C-nak adódott).
6. Bár az országos átlagban lehullott csapadékmennyiségre a felszínborítás-változásnak nem volt számottevő hatása, azonban a „trigger” hatás révén a területi eloszlásban, illetve a lokális intenzitásban minden egyes csapadékos időjárási helyzetben markáns (akár 40 mm-t meghaladó) különbségek adódtak.



## AZ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSA, FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Az értekezés eredményeként létrejött országos felszínborítási térképek a további meteorológiai, éghajlati modellezés és érzékenységi vizsgálatok mellett számos tudományterület kutatásainak alapadatát jelenthetik. Felhasználhatók lehetnek egyéb környezeti folyamatok (például szénmegkötés, hidrológiai folyamatok) modellezésére, illetve összefüggések kereshetők a 100 esztendő felszínborítás-változásai, és az ez idő alatt lejárt gazdasági, társadalmi folyamatok között is. Mindezek mellett e térképek a nagyobb léptékű fajvándorlással és biodiverzitás-változással kapcsolatos ökológiai kutatásokat is jelentősen segíthetik.

A futtatási eredmények alapján egyértelműen bebizonyosodott, hogy a felszínborítás fontos szerepet játszik a meteorológiai folyamatokban, s megváltozásainak direkt éghajlati hatását figyelembe kell venni az éghajlati változások magyarázatánál.

A hazai veszélyes időjárási események előrejelzésére adaptált felszín-hidrológiai modell esetén az előrejelzések javítása, valamint a felszínhatás-vizsgálati eredmények bizonytalanságának csökkentése érdekében, a felszín-légkör kölcsönhatását leíró almodellek további pontosítása szükséges:

- Mivel a felszínfizikai paraméterek közül a zöld növényfelület arányának értékeire különösen érzékenyen reagál a modell, s a szakirodalomban fellelhető ilyen értékek nem minden kategória esetén felelnek meg a valóságnak (pl.: szántó, erdő), ezért mérések segítségével felül kell vizsgálni a modellben eddig használt értékeket.
- Azért, hogy a vegetáció év közbeni jelentős változását is figyelembe lehessen venni a szimulációk során, a fontos szerepet játszó felszín-fizikai paraméterek (pl.: zöld növényfelület aránya, albedó, emisszivitás) esetén a Magyarországra érvényes átlagos éves menetet is érdemes lenne felszínborítási kategóriánként, mérések segítségével meghatározni. Emellett – e paraméterek esetén – az egyes évek átlagtól való eltérését is fontos lenne számszerűsíteni, hogy a futtatások során alkalmazandó éves menetek bizonytalanságáról, változatosságáról pontos képet kapjunk.

- Megfontolandó továbbá a modellezés során az erdőket talajvíz-függő, illetve független kategóriaként is figyelembe venni. Ez azért lehet fontos, mert a Kárpát-medencében a tényleges evapotranszpiráció értékét (s ezáltal a látens és szenzibilis hőáramok értékét is) jelentősen befolyásolhatja, ha az erdők viszonylag nagy területen érik el a talajvízszintet. Ezeken a helyeken a csapadékmentes időszakok kevésbé korlátozzák az erdő transzspirációjának mértékét, s ezzel a hatással érdemes lehet a modellfolyamatok során is számolni.

## SAJÁT KÖZLEMÉNYEK LISTÁJA

### Könyvfejezet idegen nyelven

**Á. Drüzler**, K. Csirmaz, P. Vig, and J. Mika 2010: Effects of documented land use changes on temperature and humidity regime in Hungary; *In: S. P. Saikia (ed.): Climate Change*, International Book Distributors, ISBN: 81-7089-370-4: 394-418.

### Tudományos publikációk lektorált, idegen nyelvű kiadványokban

**Á. Drüzler**, P. Vig and K. Csirmaz, 2011: Effects of Historical Land Cover Changes on the Precipitation Distribution in Hungary; *Riscuri Si Catastrofe (Risks and Disasters)*, ISSN: 15845273; 1/2011 (accepted)

**Á. Drüzler**, P. Vig and K. Csirmaz, 2011: Impacts of Hungarian Land Cover Changes on the Regional Climate during the 20<sup>th</sup> Century; *XXV<sup>th</sup> Conference of the Danubian Countries*, Budapest, Hungary, 16-17 June 2011 (accepted)

**Á. Drüzler**, 2011: Effects of documented land use change on climate in Hungary; *Workshop in Landscape History*, Sopron, Hungary, 22 April 2010 (in print)

### Tudományos publikációk nem lektorált kiadványokban

**Drüzler Á.** és Vig P., 2011: A XX. századi felszínborítás-változás Magyarországon térképes, valamint statisztikai adatok alapján; *Természet-, műszaki- és gazdaságtudományok alkalmazása 10. nemzetközi konferencia*, Szombathely, 2011. május 21.

**Drüzler Á.**, Vig P. és Csirmaz K., 2011: A XX. századi felszínborítás-változás becsült meteorológiai hatásai Magyarországon; *Természet-, műszaki- és gazdaságtudományok alkalmazása 10. nemzetközi konferencia*, Szombathely, 2011. május 21.

Mátyás Cs., Führer E., Berki I., Csóka Gy., **Drüszler Á.**, Lakatos F., Móricz N., Rasztovits E., Somogyi Z., Veperdi G., Vig P. és Gálos B., 2010: Erdők a szárazsági határon; *Klíma 21 füzetek*, 61. szám

**Drüszler Á.**, Vig P. és Csirmaz K 2009: A XX. századi földhasználat-változás és becsült éghajlati hatásai Magyarországon; *In: Lakatos F. és Kui B. (szerk.) 2009: Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar: Kari Tudományos Konferencia Kiadvány.* NymE Kiadó Sopron. 340 p.

**Drüszler Á.**, Csirmaz K. és Mika J 2006: A földhasználat dokumentált magyarországi változásainak hatása az éghajlatra az MM5 finomfelbontású modell alapján; *3. Magyar Földrajzi Konferencia*, 2006. szeptember 6-7.

### **Konferenciakötetekben megjelent összefoglalók, posztterek**

É. Konkoly-Gyuró, Cs. Mátyás, G. Kiraly, P. Balázs, and **Á. Drüszler**, 2011: Drivers and effects of long-term land use changes on climate, environment and socioeconomy in Central Europe; *Research Abstracts Vol. 13*, EGU2011-13934, EGU General Assembly 2011

**Á. Drüszler**, P. Vig and K. Csirmaz. 2010: Climatic and meteorological effects of land use changes in Hungary during the 20th century; *Geophysical Research Abstracts Vol. 12*, EGU2010-11945, EGU General Assembly 2010

Borbala Gálos, I. Berki, **Á. Drüszler**, D. Jacob, and Cs. Mátyás 2010: Climatic role of temperate forests at the forest/steppe limit; *Geophysical Research Abstracts Vol. 12*, EGU2010-732-1, 2010; EGU General Assembly 2010

**Á. Drüszler**, K. Csirmaz and P. Vig 2009: Climatic and meteorological effects of documented land use changes in Hungary simulated by the MM5 high-resolution model; *Inauguration and First consultativ workshop of the NEESPI Regional Focus Research Center for Non-boreal Eastern Europe*

**Á. Drüsler**, K. Csirmaz and J. Mika 2007; Effects of documented land use changes on climate in Hungary simulated by the MM5 high-resolution model; *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9, 10407, 2007; EGU General Assembly 2007

**Drüsler Á.**, Csirmaz K. és Mika J. 2006: A felszínhasználat dokumentált magyarországi változásainak hatása az éghajlatra az MM5 finom felbontású modell alapján; *HUNGEO*, 2006 aug. 21-23.

### **Ismeretterjesztő publikáció**

**Drüsler, Á.**, Csirmaz, K., Vig P. és Mika, J. 2009: A földhasználat változásainak hatása az éghajlatra és az időjárásra; *Természet Világa* 140: 521-523.

### **Konferencia előadások idegen nyelven**

**Á. Drüsler**, 2011: Effects of documented land use change on climate in Hungary; *Workshop in Landscape History*, Sopron, Hungary, 22 April 2010

**Á. Drüsler** 2010: Can we protect climate with forests?; *Climate Change Impacts on Forest Management in Eastern Europe and Central Asia*; Sopron, Hungary, 14-16 April 2010

### **Konferencia előadások magyar nyelven**

**Drüsler Á.** és Vig P., 2011: A XX. századi felszínborítás-változás Magyarországon térképes, valamint statisztikai adatok alapján; *Természet-, műszaki- és gazdaságtudományok alkalmazása 10. nemzetközi konferencia*, Szombathely, 2011. május 21.

**Drüsler Á.**, Vig P. és Csirmaz K., 2011: A XX. századi felszínborítás-változás becsült meteorológiai hatásai Magyarországon; *Természet-, műszaki- és gazdaságtudományok alkalmazása 10. nemzetközi konferencia*, Szombathely, 2011. május 21.

**Drüszler Á.**, 2011: A földhasználat változásainak hatása az éghajlatra; *Soproni TIT, Csapody István Természettudományi Szabadegyetem*, Sopron, 2011. február 1.

**Drüszler Á.**, Csirmaz K., Vig P. és Mika, J. 2009: A földhasználat változásainak hatása az éghajlatra; *Mozaikok az éghajlatkutatáshoz*, MTA VEAB tudományos előadássorozata; Sopron, MTA GGKI, 2009. november 27.

**Drüszler Á.**, Vig P. és Csirmaz K 2009: A XX. századi földhasználat-változás és becsült éghajlati hatásai Magyarországon; *Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar: Kari Tudományos Konferencia*; Sopron, 2009. október 12.

**Drüszler Á.**, 2009: A 20. századi felszínborítás-változás becsült meteorológiai, éghajlati hatásai Magyarországon; 2009. *Évi Erdőklima Konferencia*, Nagyatád, 2009. október 8-10.