

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
ÉPÍTŐMÉRNÖKI KAR  
VÍZÉPÍTÉSI ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI TANSZÉK

PhD téziszfüzet

**TÓ- ÉS TERÜLETI PÁROLGÁS  
BECSLÉSÉNEK PONTOSÍTÁSA ÉS  
MAGYARORSZÁGI ALKALMAZÁSAI**

**Kovács Ákos Domonkos**

Témavezető: **Dr. Szilágyi József**

Budapest, 2011

## A kutatás előzményei

A Föld szárazföldjeinek legtöbb pontján a leesett csapadéknak jóval nagyobb része párolog el, mint folyik le. A hidrológiai körfolyamatban a párolgás az a fontos, nagy energiát felemésztő fizikai jelenség, amelyet a területhasználat és a klímaváltozás is befolyásol, ez utóbbira jelentős mértékben vissza is hatva. A párolgás a vízmérleg többi elemétől független, megbízható becslése nélkül nincs esély a hidrológiai folyamat jobb megismerésére, a megszerzett tudás érdemi továbbfejlesztésére és a hidrológiai, klimatikus előrejelzések pontosítására.

Az elmúlt években ismét a figyelem középpontjába került Bouchet [10] komplementáris elmélete, aminek előnye, hogy hozzá csupán alapvető meteorológiai észlelések szükségesek. Erre az elméletre alapozta Morton [11] társaival együtt párolgásbecslő modelljét, az ún. WREVAP programot. E program segítségével a Föld bármely pontjára lehetséges becslést adni mind a tó, mind a területi párolgás tekintetében, mely becslések jó közelítést nyújtanak magyarországi viszonyokra is.

Az evapotranspirációs módszereknél általában bizonytalanságot okoz a talajban tározódott víz nehezen becsülhetősége. Ezen adatok beszerzése csak jelentős idő-, energia- és anyagi ráfordítással volt eddig elérhető, megnehezítve az eddigi kutatásokat. Az évtized elején azonban fordulat következett be ennek kapcsán.

A 2000-es évek elején a NASA két műholdat állított földkörüli pályára, a TERRA-t és az AQUA-t. E két műhold új távlatokat nyitott a hidrológiában, ezen belül a párolgásbecslésben is, mivel számos olyan változót kezdtek el mérni, melyekről eddig nem, vagy csak korlátozott mértékben voltak információink. Ezek közé sorolhatók a felszíni hőmérséklet nappali értékei is, mely doktori kutatásomban alapvető szerepet játszik. A talaj nedvességtartalma befolyásolja a felszín hőmérsékletét az evapotranspiráció révén, így

a felszíni hőmérséklet mérése közvetett információt ad az előbbiről is, melynek ismerete már jelentősen előrelendítheti a hidrológiai kutatásokat.

## **A kutatás célkitűzései**

Célkitűzéseim között szerepelt a nettó sugárzás számítási módszerének részletes bemutatása, mivel az értekezésben szervesen felhasznált Priestley-Taylor és Penman-féle potenciális párolgási egyenletek, ill. Morton WREVP párolgásbecslő programja is nagyrészt ennek a függvénye. Ezen párolgások számítási módszerébe szintén részletes betekintést nyújtok.

A kutatásom két fő részből áll: a tó-, illetve a területi párolgás becsléseinek pontosításából. A tó párolgást a Balatonra és a Velencei-tóra vizsgáltam. Célom az volt, hogy a Priestley-Taylor- és a Penman-párolgás havonkénti súlyozásával egy egyszerűen alkalmazható alternatívát nyújtsak az erre a két tóra jelenleg is alkalmazott párolgásbecslési formulákra és lehetőség szerint elérjem, ill. meghaladjam azok becslésének pontosságát. A kutatás ezen része az Európai Unió CLAVIER (Climate Change and Variability) 6. keretprogramja által támogatott projekt részeként történt.

Az evapotranspiráció becslésénél egy olyan egész Magyarország területére kiterjedő eljárás létrehozása volt a célom, ami kihasználja a felszíni hőmérséklet műholdas mérésének nagy (1x1 km-es) térbeli felbontását, ill. figyelembe veszi annak tengerszint feletti magassággal történő változását.

Az így létrehozott modell az evapotranspiráció havi felbontású becslését teszi lehetővé, melynek segítségével megvalósulásra kerülhetett a meglévő magyarországi párolgás- és lefolyástérképek felülvizsgálata, pontosítása, illetve sokkal részletesebbé tétele.

## Új tudományos eredmények

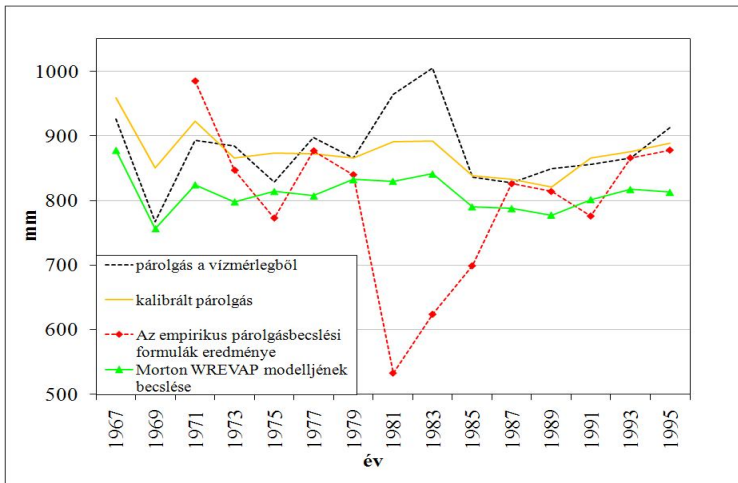
A doktori kutatásaim során kapott új eredményeket három tézisben foglaltam össze:

### 1. Tézis:

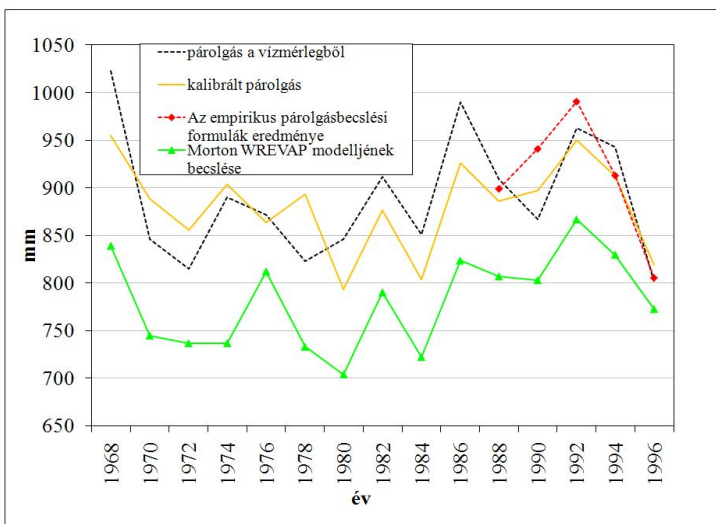
**Bemutattam, hogy a Penman- és a Priestley-Taylor-egyenlet havonkénti súlyozásával, azaz a súlyozásos egyenlet segítségével a nyílt vízfelszínnek párolgása egyszerűen becsülhető. [3–5]**

A súlyozásos egyenlet előnye, hogy alkalmazásához csupán alapvető meteorológiai megfigyelések szükségesek. Igazoltam azt is, hogy a kalibrált súlyok alig érzékenyek arra, hogy a széladatokat a tó szél felőli oldaláról (ahogy az a Penman-egyenlethez szükséges), vagy a tavat körbeelő állomások átlaga alapján vittem be a modellbe.

A módszer sikeres tesztelése a Balatonon és a Velencei-tavon történt.



**A Balaton párolgásértékei éves szinten a verifikáció időszakában.**



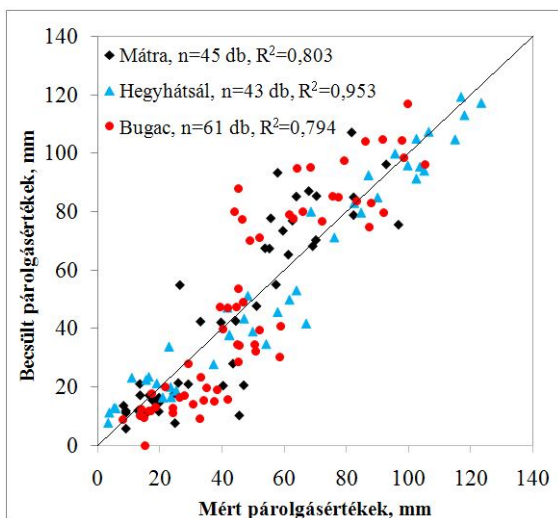
**A Velencei-tó párolgásértékei éves szinten a kalibráció időszakában.**

*2. Tézis:*

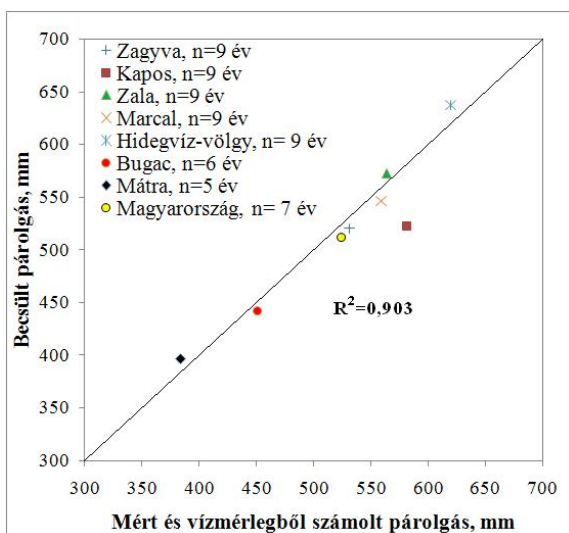
**A területi párolgás térben változó becsléséhez egy – MODIS-képekre és Morton WREVP programjára épülő – lineáris transzformációt vezettem be. [7–9]**

A lineáris transzformációhoz két összetartozó pontpár szükséges: a nedves felszíni cellák hőmérséklete és a hozzájuk tartozó Priestley-Taylor-párolgás, valamint a csökkent talajnedvesség-tartalmú cellák hőmérsékletének átlaga és a hozzájuk tartozó területi párolgás, melyet Morton WREVP programja adott. E két pontpárra illesztett – havonta változó – egyenesről a meghatározni kívánt cella felszíni hőmérsékletének segítségével annak területi párolgása becslhető.

A módszer igazolása vízgyűjtők vízmérlegei, valamint eddy-kovariancia állomások segítségével történt. Az eljárás nagy előnye, hogy nem tartalmaz semmiféle kalibrálandó paramétert.



**A létrehozott párolgásbecslő modell (CREMAP) összehasonlítása az eddy-kovariancia állomások méréseivel havi szinten. Az n jelöli a vizsgált hónapok darabszámát.**



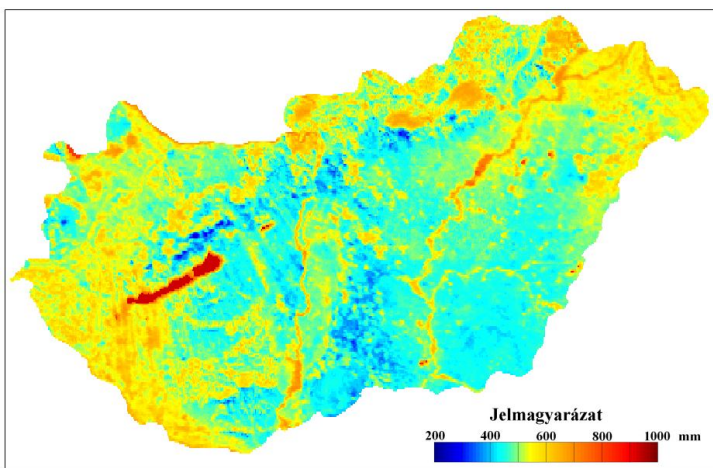
**A CREMAP összehasonlítása az eddy-kovariancia állomások méréseivel és a vízgyűjtőterületek vízmérlegei alapján számolt párolgásokkal többéves időtávon, ahol n jelöli az évek számát, melyekből a többéves átlag képződött.**

### 3. Tézis:

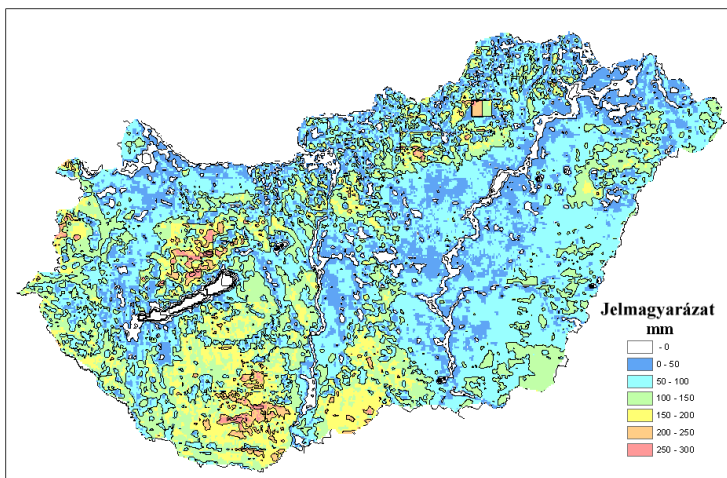
**A lineáris transzformációhoz szükséges felszíni hőmérséklet-értékek a magasság függvényében változnak, ezért a párolgás becsléséhez magassági korrekció bevezetése indokolt. [7–9]**

A hazai alkalmazáshoz három magassági zónát alakítottam ki, mind a háromhoz hozzárendelve a zónára jellemző lineáris transzformációt. A párolgást leíró lineáris egyenletet az egyes zónák között interpolálással határoztam meg a magasság függvényében.

A magassági korrekció helyessége vízgyűjtők vízmérlegei és eddy-kovariancia állomások mérései alapján lett bemutatva.



**1 km-es felbontású éves átlagos párolgás kilenc év adata alapján (2000–2008).**



**A számított éves átlagos lefolyás a 2000 és 2008 közötti időszakra.**



## **Az értekezés eredményeinek hasznosítási lehetőségei**

A nyílt vízfelszíni párolgás pontosabb becslése elengedhetetlen feltétele mindennemű tározó tervezésének, méretezésének, valamint meglévő tavak vízmérlegeibe való beavatkozások előkészítésének. Példa erre a vízutánpótlás szükségességének mérlegelése a 2000-es évek elején a Balaton esetében.

Az evapotranspiráció vízmérlegtől független becslése az olyan vízgyűjtők vízmérlegének felállításánál játszik fontos szerepet, melyeknél a vízhozammérések hiányoznak. Ebben leginkább a kisebb vízgyűjtőterületek érintettek, ahol egyáltalán nem, vagy igen rendszertelenül folynak mérések. A CREMAP modell nagy térbeli felbontásának köszönhetően már pár km<sup>2</sup>-es vízgyűjtőn is lehetőséget nyújt a sokéves átlagos lefolyás becslésére. Ugyancsak jól hasznosítható a modell mezőgazdasági területek öntözési igényének megállapítására is.

## **Jövőbeni kutatási lehetőségek**

A súlyozásos módszer továbbfejlesztését a Priestley-Taylor-egyenletben szereplő paraméter ( $\alpha$ ) pontosabb, esetleg évszaktól függő meghatározása segítené elő.

A CREMAP módszer általánosítására leginkább az erősen tagolt területek (pl. Alpok) kínálnak lehetőséget, amikre az jelenleg még nem alkalmazható a nettó sugárzás celláról-cellára történő változása miatt, mely leginkább a domborzat átlagos lejtési viszonyainak és kitettségének függvénye és amely így terepmodellek alkalmazásával számolható. Egy másik továbbfejlesztési lehetőséget az albedó cellák közötti – MODIS képekből ismert – változásának figyelembe vétele jelenti a transzformációs egyenletek további korrekciójával.

## A témához kapcsolódó tudományos közleményeim:

### Magyarországon megjelent, vagy elfogadott magyar nyelvű publikációk:

1. Hajnal G., **Kovács Á.**, 2008. Az urbanizációs hatásokat figyelembe vevő vízmérlegszámítás pontosítása, *Mérnökgeológia-Kőzetmechanika* 2008, 73–77. Konferencia kiadvány. Szerk.: Török Ákos és Vásárhelyi Balázs. Kiadó: Műegyetemi Kiadó, ISBN: 978-963-420-967-6.
2. Hajnal G., **Kovács Á.**, 2009. A vízmérleg összetevőinek számítása városi környezetben, *Hidrológiai Közöny* 89(3): 49–52.
3. **Kovács, Á.**, Szilágyi J., 2009. Párolgásszámítási vizsgálatok hazai nagy tavainkon, I., *Hidrológiai Közöny* 89(2): 47–50.
4. **Kovács, Á.**, Szilágyi J., 2009. Párolgásszámítási vizsgálatok hazai nagy tavainkon, II., *Hidrológiai Közöny* 89(2): 51–56.
5. **Kovács Á.**, Párolgásszámítási vizsgálatok hazai nagy tavainkon egy jellemző rácspont alapján, *Doktori kutatások a BME Építőmérnöki Karán, 2008.* Szimpózium Kiadvány. Szerkesztő: Barna Zsolt, nyomdában.
6. **Kovács Á.**, Szilágyi J., 2010. A Balaton párolgásértékeinek várható jövőbeli változása, *Hidrológiai Közöny* 90(1): 15–18.

### **Külföldön elfogadott angol nyelvű publikáció:**

7. Szilágyi J., **Kovács Á.**: A calibration-free evapotranspiration mapping (CREMAP) technique for spatially-distributed regional-scale hydrologic modeling, *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, nyomdában.

### **Magyarországon megjelent angol nyelvű publikáció:**

8. Szilágyi J., **Kovács Á.**: Complementary-relationship-based evapotranspiration mapping (CREMAP) technique for Hungary, *Periodica Polytechnica - Civil Engineering* 54(2), 95–100.

### **Külföldön elfogadott könyvfejezet:**

9. Szilágyi J., **Kovács Á.**, Józsa J., 2011. A calibration-free evapotranspiration mapping technique, in „Evaporation” (<http://intechweb.org>). Vienna, Austria, INTECH, ISBN: 978-953-307-251-7, nyomdában.

### **További hivatkozások a tézisfűzetben**

10. Bouchet, R.J., 1963. Evapotranspiration réelle, evapotranspiration potentielle, et production agricole. *Annales Agronomiques* 14, 543–824.
11. Morton, F.I., Ricard, F., Fogarasi, S., 1985. Operational estimates of areal evapotranspiration and lake evaporation – Program WREVAP. *National Hydrological Research Institute Paper #24*, Ottawa, Ontario, Canada.