

# Faállománytípusok párolgásának összehasonlítása távérzékelésen alapuló adatok segítségével

Dr. Csáki Péter<sup>1</sup> – tudományos segédmunkatárs, SEO EMK Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

**Az erdők vízháztartása régóta vizsgált téma. Ám a kutatások általában egy-egy elemre (pl. vízfogyasztás/transzspiráció, intercepció) korlátozódnak, és pontos mérések/modellezések révén néhány kiválasztott faj esetében találhatunk csak számszerűsített értékeket (pl. Járó 1981; Führer 1994; Móricz et al. 2012; Zagyvai-Kiss et al. 2019). Jelen tanulmányban bemutatásra kerül egy módszer, amellyel a hazánkban található különböző faállománytípusok párolgása számszerűsíthető és egymással összehasonlítható, távérzékelésen alapuló (térben osztott) párolgástérképek felhasználásával.**

## A párolgás szerepe

A felületekről (talaj-, növény- [intercepció], víz-, hó-, jég-, tető-, útfelületről stb.) történő fizikai párolgást (evaporáció) a növényzet fiziológiailag szabályozott párologtatásával (transzspiráció) együtt evapotranszspirációnak nevezzük. A cikk további részeiben a „párolgás” kifejezés alatt az összefoglaló „evapotranszspiráció” értendő.

A párolgás jelentőségét mutatja, hogy többéves időtávot vizsgálva Magyarországon az éves párolgás és az éves csapadék arányában átlagosan 90% körüli, tehát az éves csapadék-összeg mindössze kb. 10%-a szolgálja a felszíni és felszín alatti vízkészletek pótlását.

A párolgás meghatározza a víz rendelkezésre állását a szárazföldi területeken, ezáltal befolyásolja a növényi közösségek elterjedését, és meghatározza a biológiai produktíót. Az erdők vízháztartásának vizsgálatához, a fenntartható erdőgazdálkodáshoz (például a fafajválasztás terén) elengedhetetlen e jellemző minél pontosabb meghatározása.

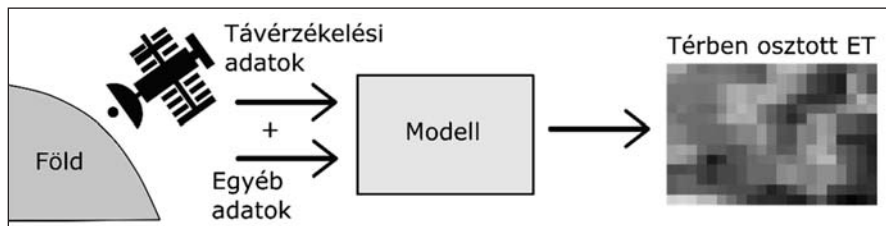
## Távérzékelésen alapuló, térben osztott párolgás

Többféle technika is alkalmazható pontos mérésű vagy kisebb területek párolgásának meghatározására (pl. Bowen-arány módszer, örvény-kovariancia módszer). Vízyűjtő szinten általában vízmérleg-számításon alapuló módszereket használnak a párolgás becsléséhez. Ezen „hagyományos” technikák hátránya, hogy nem adnak információt a párolgás

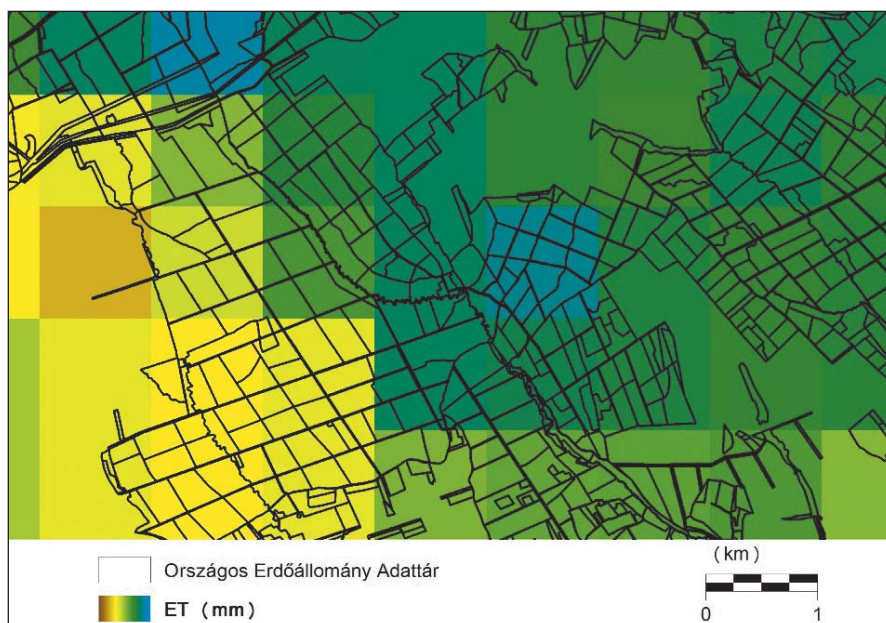
térbeli változatosságáról egy adott területen (pl. régió, vízyűjtő) belül. Ebben nyújtanak segítséget az egyre szélesebb körben alkalmazott távérzékelési adatokon alapuló párolgásbecslő módszerek (1. ábra). A távérzékelési adatok jó része ingyenesen elérhető, így az ezeken alapuló párolgásbecslő módszerek jóval gazdaságosabbak is, mint a „hagyományos” technikák.

Magyarországra jelenleg a CREMAP (Calibration-Free Evapotranspiration Mapping, Szilágyi és Kovács 2010) a legmegbízhatóbb térben osztott párolgásbecslő modell, mely a Terra és az Aqua műholdak MODIS szenzorja által mért felszíni hőmérsékletadatokon alapul. A CREMAP modellel Szilágyi és Kovács (2011) előállították az ország havi párolgásadatait a 2000–2008-as időszakra, 1000 m × 1000 m-es, azaz 1 km<sup>2</sup>-es térbeli felbontásban, melyeket rendelkezésemre bocsátottak.

Azonban az 1 km<sup>2</sup>-es felbontású párolgástérképek használatával csak korlátozott léptékű elemzések folytathatók, például az erdőt, mint egy felszínborítási kategória lehet összehasonlítani más kategóriákkal (mezőgaz-



1. ábra. A távérzékelésen alapuló párolgásbecslés sematikus ábrázolása (ET: evapotranszspiráció)



2. ábra. Az Országos Erdőállomány Adattár vektoros adatbázis és az 1 km<sup>2</sup> felbontású raszteres párolgástérkép (ET) metszete

<sup>1</sup> Az Erdészeti Lapok 2020. évi cikkpályázatának díjazott pályaműve, 3-as kategória.

dasági területek, mesterséges felszínek stb.). Az Országos Erdőállomány Adattár vektoros adatbázisnak a raszteres CREMAP párolgástérképre fektetésével látható, hogy ez utóbbi felbontásánál jóval kisebbek (átlagosan 5-6 hektárosak) a hazai erdőgazdálkodásra jellemző erdőrészek (2. ábra).

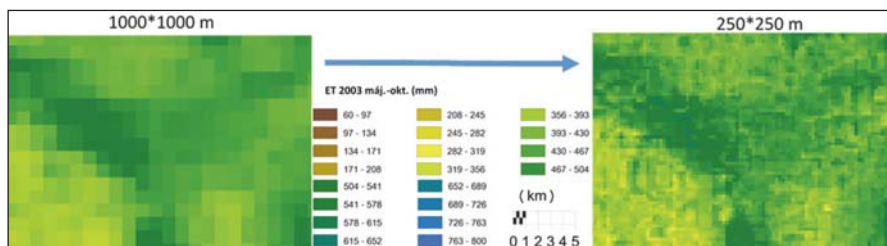
Annak érdekében, hogy az egyes erdőrészek, erdőállományok vízforgalma közötti különbségek elemezhetővé váljanak, nagyobb térbeli (azaz finomabb) felbontásra volt szükség.

Nagyobb térbeli felbontás leskálázási vagy fúziós (több adat/kép kombinálása ugyanarra az időpontra vonatkozóan) eljárásokkal kapható. Arról, hogy egy vizsgált időszakban egy 1 km<sup>2</sup>-es rasztercellán belül mely területeknek lehetett nagyobb a párolgása, és melyeknek alacsonyabb, információt nyújthat valamilyen nagyobb felbontásban rendelkezésre álló vegetációs index. A CREMAP párolgástérképek statisztikai leskálázását – szintén távérzékelésen alapuló – MODIS Normalizált Vegetációs Index (NDVI) adatokkal végeztük 250 m × 250 m-es (6,25 ha) felbontásra. A módszer részleteiből leírása egy korábbi cikkünkben található meg (Csáki et al. 2019).

A leskálázást a 2003-as és a 2005-ös évek vegetációs periódusára végeztük el (május–október). Előbbi egy szárazabb (magasabb átlaghőmérséklet, kevesebb csapadék), míg utóbbi egy nedvesebb (alacsonyabb átlaghőmérséklet, több csapadék) időszak volt (1. táblázat).

Hosszú távra értelemszerűen nem lehet vegetációs index alapján leskálázni, ugyanis az indexek évről évre változnak (pl. erdőállományok esetén lehet kitermelés, mezőgazdaságban pedig a természetet növényt váltogatják az adott parcellán).

A 3. ábrán látható az eredeti 1 km<sup>2</sup>-es felbontású CREMAP, valamint a leskálázással kapott 250 m × 250 m-es felbontású párolgástérkép egy-egy kivágatának összehasonlítása. A leskálázott tér-



3. ábra. Az eredeti 1 km<sup>2</sup>-es felbontású CREMAP (bal oldalon), valamint a leskálázással kapott 250 m × 250 m-es felbontású párolgástérkép (jobb oldalon) egy-egy kivágatának összehasonlítása

kép tizenhatszoros cellaszámmal rendelkezik az eredeti párolgástérképhez képest.

### A térben osztott párolgástérképek alkalmazása

A faállománytípusok vízháztartásának számszerűsítéséhez a leskálázott raszteres párolgástérképeket az Országos Erdőállomány Adattár (2012-es) vektoros állományával kellett metszeni. A különböző erdőállományok hidrológiai összehasonlítása érdekében az adatbázisban található 101 db faállománytípust 15 db típusba vontam össze a 61/2017. XII. 21. FM rendelet („az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény végrehajtásáról”) alapján. Ezek a következők: „Bükkös”, „Gyertyános-tölgyes”, „Tölgyes”, „Cseres”, „Molyhos tölgyes”, „Akác”, „Hazai egyéb kemény lombos”, „Idegenhonos kemény lombos”, „Nemesnyáras vagy nemesfűzes”, „Hazai nyáras”, „Vízűrő egyéb lágylomb”, „Hazai egyéb lágylomb”, „Erdeifenyves”, „Feketefenyves”, „Egyéb fenyves”.

Az egy típusba tartozó, egymás mellett elhelyezkedő területeket összevontam, majd egy, a párolgástérképre illeszkedő 250 m × 250 m-es raszterhálót metszettem. Az így létrejött vektoros állományt, ami alkalmas a területi szűrésre, feltöltöttem a hozzá tartozó párolgástérképekkel.

Egy 250 m × 250 m-es párolgáscellához több faállománytípus is tartozhat. A statisztika során az ilyen „kevert cellák” értéke beszámításra kerülne több kategóriába is, tompítva ezzel a faállománytípusok között jelentkező különbségeket. E probléma kiküszöbölésére a vizsgálat során újból területi szűrést alkalmaztam. Az elemzéseknél csak azokat a cellákat vettem figyelembe, amelyek teljes területe (250 m × 250 m = 6,25 ha) egy faállománytípusba tartozott. A különböző faállománytípusok párolgását összehasonlítottam mindkét időszakra (2003. május–október és 2005. május–október).

### Faállománytípusok párolgásának összehasonlítása

10 745 db olyan cella állt rendelkezésre, amely teljes területe (6,25 ha) egy faállománytípusba tartozott. Az eredmények dobozábrákon való megjelenítése a 4. ábrán látható.

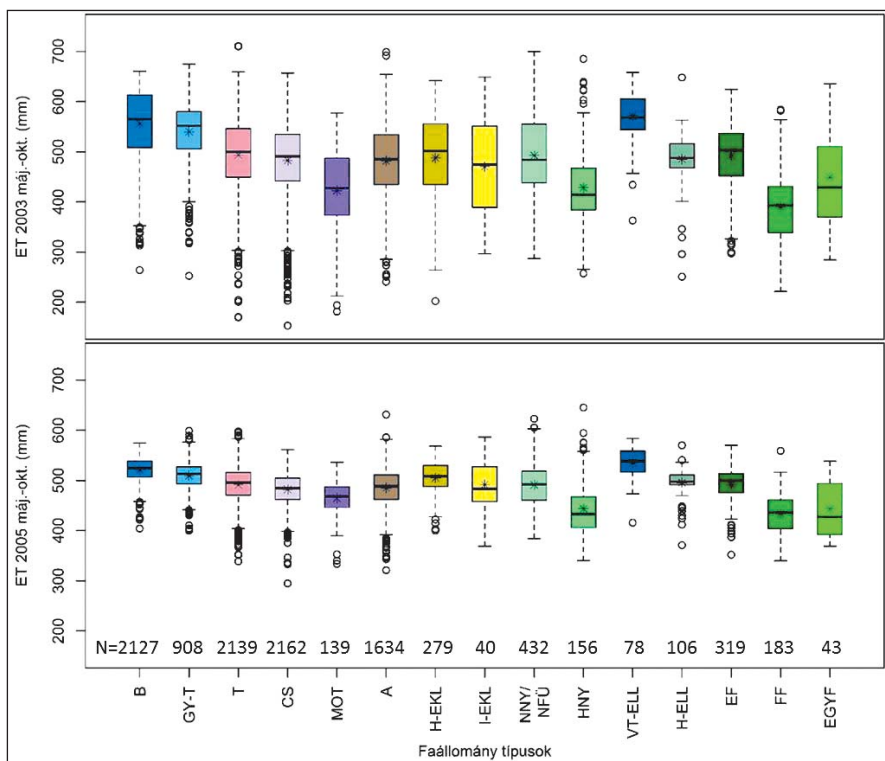
A két időszak ábráját összehasonlítva szembeötlő, hogy a melegebb és szárazabb évben (2003) nagyobbak voltak a különböző faállománytípusok párolgás értékei között jelentkező különbségek. Az egyes kategóriákon belüli különbségek is ebben az időszakban voltak a magasabbak, ezt igazolja az ábrákon látható szóródás (ekkor a párolgástérképek nagyobb skálán mozdultak). Feltételezhetjük, hogy a szárazabb és melegebb évben (2003) a nagyobb párolgási kényszer hatására többet párologtattak azok a faállományok, amelyek hozzáférnek valamilyen többletvízhez, míg kevesebbet párologtattak azok, amelyek nem férnek hozzá semmilyen többletvízhez a csapadékon felül. Ezért mozoghatnak szélesebb skálán a kategóriákhoz tartozó párolgástérképek. Míg a nedvesebb és hűvösebb évben (2005) a kisebb párolgási kényszer mellé több rendelkezésre álló víz társult, ezért lehet kisebb a szórás az egyes faállománytípusok párolgásában.

Mindkét vizsgált évben a „Vízűrő egyéb lágylomb” kategória átlagos párolgása volt a legmagasabb (571 és 535 mm). Idetartoznak a fűzesek és az égeresek. Ezt követték a „Bükkös” és a „Gyertyános-tölgyes” kategóriák. A legalacsonyabb átlagos párolgással mindkét időszakban a „Feketefenyves” faállománytípus rendelkezett (390 és 434 mm). Szintén alacsony átlagos érték jellemezte a „Molyhos tölgyes”, a „Hazai nyáras” és az „Egyéb fenyves” (lucfenyves, vörösfenyves stb.) kategóriákat. A „Vízűrő egyéb lágylomb” kategória átlagos párolgása a melegebb és szárazabb 2003-as év vegetációs időszakában magasabb volt, mint a hűvösebb és csapadékosabb 2005-ösben.

1. táblázat. A 2003-as és 2005-ös teljes évre, valamint a május–október időszakra vonatkozó átlagos középhőmérséklet (T) és csapadékösszeg (P) értékei

Év	Időszak	T (°C)	P (mm)
2003	teljes év	10,8	467
	máj. –okt.	18,7	300
2005	teljes év	10,2	734
	máj. –okt.	17,4	445





4. ábra. Faállománytípusok párolgásának összehasonlítása (2003. május–október és 2005. május–október). B: bükkös, GY-T: gyertyános-tölgyes, T: tölgyes, CS: cseres, MOT: molyhos tölgyes, A: akác, H-EKL: hazai egyéb kemény lombos, I-EKL: idegenhonos kemény lombos, NNY/NFÜ: nemesnyáras vagy nemesfűzes, HNY: hazai nyáras, VT-ELL: víztűrő egyéb lágylomb, H-ELL: hazai egyéb lágylomb, EF: erdeifenyves, FF: feketefenyves, EGYF: egyéb fenyves. (Doboz: az eredmények 50%-a. Doboz alsó és felső éle: alsó és felső kvartilis. Alsó és felső talp: minimum és maximum [a kiugró adatok nélkül]. Csillag: átlag. Vastag vonal: medián. Karika: kiugró érték. N: elemszám.)

Szintén az előbbi időszakban volt magasabb az átlagos párolgása a „Bükkös” és a „Gyertyános-tölgyes” kategóriáknak. A „Molyhos tölgyes”, a „Hazai egyéb kemény lombos”, az „Idegenhonos kemény lombos”, a „Hazai nyáras”, a „Hazai egyéb lágylomb” és a „Feketefenyves” kategóriák átlagos párolgása a hívősebb és csapadékosabb 2005-ös év vegetációs periódusában volt magasabb. A többi kategória („Tölgyes”, „Cseres”, „Akác”, „Nemesnyáras vagy nemesfűzes”, „Erdeifenyves”, „Egyéb fenyves”) értékei hasonlóan alakultak mindkét vizsgált időszakban.

A számszerűsített eredmények bizonytalansága a következő forrásokból ered. Először is, az eredeti párolgástérképek (CREMAP) 1 km<sup>2</sup>-es felbontása miatt elmosódik a rasztercellán belüli területek különbözősége, tehát az eredeti párolgásérték egy térbeli átlagnak tekinthető. Továbbá, a felhasznált műholdas adatok – a CREMAP MODIS felszíni hőmérséklet adatokon alapul, a leskálázás során pedig MODIS NDVI értékeket használtunk fel – szintén terheltek bizonytalanságokkal.

A leskálázáshoz használt regressziós kapcsolat (párolgás – NDVI) alkal-

mazásából is erednek, továbbá a különböző faállománytípusok térbeli elkülönítéséhez használt Országos Erdőállomány Adattár esetében is felléphetnek bizonytalanságok. A faállománytípusok vízháztartásának összehasonlításához a párolgás helyett célszerűbb lenne a párolgás csapadékhöz viszonyított arányát vizsgálni. Ám, mivel a rendelkezésre álló csapadéktérképek alacsony felbontásúak, az interpolálásuk a 250 m × 250 m-es felbontásra csak még tovább növelné a bizonytalanságot.

### Összefoglalás

Célom a távérzékelésen alapuló, térben osztott párolgásadatokat egy felhasználási lehetőségének bemutatása volt, így a faállományszintű összehasonlításokon túl részletesebb elemzésekbe nem bocsátkoztam. A nagyobb (finomabb) felbontású párolgásadatokat felhasználási területe sokrétű lehet. A különböző erdőállományok vízháztartását – a faállománytípusok mellett, vagy azokkal kombinálva – vizsgálni lehetne például kor, kitettség vagy a termőhelyi tényezők szerint is. Az adatok segítséget nyújthatnak a vízfelhasz-

nálás hatékonysága, a transzspirációs tényező és a biológiai produkció pontosabb becslésében is. A jövőben elérhetővé válhatnak megbízhatóbb és/vagy nagyobb térbeli felbontású adatok, amelyekkel a módszer továbbfejleszhető.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természetel – az agrárerdészeti mint új kiterjesztési lehetőség”) projekt támogatta. Szeretném kifejezni hálámát a kutatásban nyújtott segítségükért a következő személyeknek: dr. Czímber Kornél, prof. dr. Gribovszki Zoltán, dr. Kalicz Péter, dr. Király Géza, dr. Szilágyi József, Zagyvainé dr. Kiss Katalin Anita.

### Felhasznált irodalom

- Csáki P. – Czímber K. – Király G. – Kalicz P. – Zagyvai-Kiss K. A. – Gribovszki Z. (2019): NDVI-based downscaling of the CREMAP actual evapotranspiration maps. *Regional and Business Studies* 11(1), 39–45.
- Führer E. (1994): Csapadékmérések bükkös, kocsánytalan tölgyes és lucfenyves ökoszisztémában. *Erdészeti Kutatások* 84, 11–35.
- Járó Z. (1981): A hazai erdők vízfogyasztása. *Agrártudományi Közlemények* 40, 353–356.
- Móricz N. – Mátyás C. – Berki I. – Rasztovtics E. – Vekerdy Z. – Gribovszki Z. (2012): Comparative water balance study of forest and fallow plots. *iForest* 5: 188–196.
- Szilágyi J. – Kovács Á. (2010): Complementary-relationship-based evapotranspiration mapping (cremap) technique for Hungary. *Periodica Polytechnica Civil Engineering* 54, 95–100.
- Szilágyi J. – Kovács Á. (2011): A calibration-free evapotranspiration mapping technique for spatially-distributed regional-scale hydrologic modeling. *J. Hydrol. Hydromech.* 59, 2011, 2, 118–130.
- Zagyvai-Kiss K. A. – Kalicz P. – Szilágyi J. – Gribovszki Z. (2019): On the specific water holding capacity of litter for three forest ecosystems in the eastern foothills of the Alps. *Agricultural and Forest Meteorology* 278, 107656. ✱

**Honlapjaink:**

[www.oeo.hu](http://www.oeo.hu)  
[www.vandorgyules.hu](http://www.vandorgyules.hu)  
[www.azevafaja.hu](http://www.azevafaja.hu)  
[www.erdokhete.hu](http://www.erdokhete.hu)  
[www.erdeivandor.hu](http://www.erdeivandor.hu)