

# A NAIK-ERTI HIDRO-METEOROLÓGIAI MONITORING RENDSZERÉNEK KEZDETI EREDMÉNYEI A 2019. ÉVI MÉRÉSEK ALAPJÁN

Bolla Bence és Szabó András

*NAIK-ERTI, Ökológiai és Erdőművelési Osztály*

## Kivonat

A növekvő időjárási szélsőségek ismerete nemcsak a klíma változása miatt fontos, hanem a természetben, azaz erdőkben lezajló ökofiziológiai folyamatok alaposabb megértése miatt is. Az erdőket is érintő időjárási szélsőségek monitorozására, nyomon követésére a legalkalmasabb egy olyan meteorológiai mérőhálózat létesítése, üzemeltetése, amely elsősorban magas erdősültséggel rendelkező területeken mér és gyűjt adatokat. Az Erdészeti Tudományos Intézet 18 GPRS rendszerű meteorológiai állomást üzemeltet folyamatosan törekedve az országos lefedettségre. A mért adatok feldolgozása során megállapítást nyert, hogy az egyes klimatikus szélsőségek az átlagostól elérő időpontokban jelentkeznek az ország különböző pontjain. Több alkalommal hosszú aszályos időszakok voltak megfigyelhetők (pl.: 2019. március, április), amelyek magas hőmérsékleti értékekkel is párosultak.

A meteorológiai monitoring párhuzamosan futó talajvízszint monitoring rendszer eredményei szintén jelentős különbségeket mutatnak a vizsgált mintaterületek vízháztartási folyamataiban.

*Kulcsszavak:* meteorológiai monitoring, talajvíz monitoring, klimatikus szélsőségek

## EARLY RESULTS OF THE NARIC-FRI HYDROLOGICAL AND METEOROLOGICAL MONITORING SYSTEM

### Abstract

The growing extremities of our changing climate has its effects on agriculture, on horticulture and on everyday forestry activities as well. Establishing and maintaining a meteorological monitoring system which measure and collecting data in highly forested areas are the most suitable ways to monitor and keep track of meteorological extremities affecting forests. With the continuous intention to achieve nation-wide coverage, the Forest Research Institute operates 18 GPRS meteorological stations in Hungary. Through analysis of the collected data, we concluded that the meteorological extremities occur at uncommon dates at different points of the country.

The results of the groundwater monitoring system, which is operating alongside the meteorological monitoring, also show significant differences between the hydrological processes of the examined study sites.

*Keywords:* meteorological monitoring, groundwater monitoring, climate extremities

## BEVEZETÉS

Napjainkban a klímaváltozás nem csak a mezőgazdálkodást, hanem az erdőgazdálkodást is próbára teszi (pl.: vízhiány, aszálykár, az egészségi állapot romlása). Az időjárási szélsőségek főleg kedvezőtlen adottságú termőhelyeken nehezítik az erdőgazdálkodók mindennapjait, mert az erdősítések (erdőfelújítás, erdőtelepítés) sikeressége romlik, a szervesanyag-termelés a többletvízhatású termőhelyeken általában visszaesik, továbbá mindezekkel együtt az abiotikus és biotikus károk jelentősen csökkentik a gazdálkodás jövedelmezőségét.

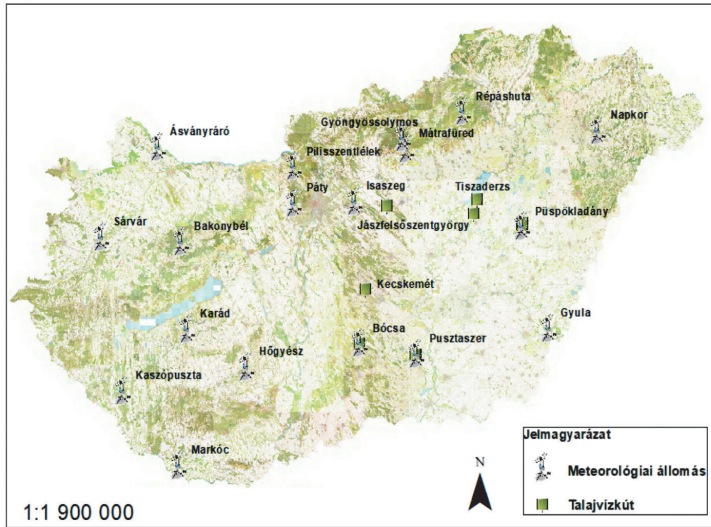
A meteorológia mérések szükségesek az időjárási szélsőségek regisztrálásához, nyomon követéséhez, így a mérőhálózat kiépítése és bővítése mindenképpen kívánatos, különösképpen, ha figyelembe vesszük a csapadék eloszlásának nagyarányú varianciáját is (Manninger 2017). Ennek jegyében az Erdészeti Tudományos Intézet erdészeti hidro-meteorológiai mérőhálózat kiépítését valósította meg, fókuszálva a klímaváltozás okozta problémák vizsgálatára.

Az meteorológiai mérésekkel és az alföldi erdőállományok vízháztartási jellemzőinek kutatásával Magyarországon az erdészeti szakma már régóta foglalkozik (Belházy 1886, Ijjász 1936, 1938). Ijjász Ervin nevéhez köthető az erdészeti csapadékmérő és talajvíz-megfigyelő hálózat kiépítésére és koncepciója. Az erdészeti meteorológiai mérések jelentőségét a múlt század közepén már Papp László is leírta (Papp 1957). Keresztesi Béla munkájában kijelölt mintaterületeken vizsgálta egyes fafajok gyökérmélységét, amely a későbbiekben fontos iránymutatással szolgált az alföldi erdőállományok kapillaris zónából történő vízfelvételehez (Keresztesi 1969). Járó Zoltán gödöllői mintaterületein vizsgálta az egyes erdőállományokra ható meteorológiai jelenségeket és az erdők vízháztartásában betöltött szerepét (Járó 1980, Járó & Sitkey 1995). Erdészeti Mérő- és Megfigyelő Rendszer az Intenzív monitoring keretein belül és a Soproni Egyetem 1996-tól végez automatizált meteorológiai méréseket és adatgyűjtést. Az erőben lezajló mikroklímátikus viszonyokat Vig Péter és Justyák János vizsgálta (Vig & Justyák 1997), az intercepcióval kapcsolatos kutatásokat Kucsara Mihály vezette (Kucsara 1998). Manninger Miklós és munkatársai a csapadék és a hőmérséklet hatását vizsgálták bükkös mintaterületen (Manninger et al 2012). Vízforgalmi modellezéshez felhasznált automatizált, erdészeti, meteorológiai méréseket Gácsi Zsolt és Móricz Norbert folytatott (Gácsi 2000, Móricz et al 2011). A klímaváltozás okozta hatások vizsgálatával és annak előrejelzésének módszereivel Gálos Borbála és Führer Ernő publikált részletesen (Führer et al 2011, Führer 2018, Gálos & Führer 2018). Az új erdészeti hidro-meteorológiai mérőhálózat kiépítése a közelmúltban vette kezdetét (Borovics et al 2018).

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A gazdálkodási tevékenységek (erdősítések kivitelezésnek módszere és időpontja, az erdősítendő fafajok megválasztása, ápolások tervezése stb.) tervezhetősége érdekében a helyi meteorológiai mérések kiemelt jelentőséggel bírnak. Ennek érdekében a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Erdészeti Tudományos Intézete jelenleg 18 GPRS rendszerű meteorológiai állomást üzemeltet (1 ábra). Az állomások elhelyezésénél minden esetben törekedtünk a nagyobb erdősültségű tájakat előnyben részesíteni, így közelítve az országos lefedettséghez. A mérőhálózat 2014-ben indult 6 helyszínen (Püspökladány, Kecel, Karád, Pilisszentlélek, Sárvár, Napkor, Kaszói). 2018-ban további 11 állomás (Ásványráró, Bócsa, Markóc, Hőgyész, Páty, Isaszeg, Bakonybél, Gyula, Mátrafüred, Gyöngyössolymos, Répáshuta) került felszerelésre.

A kihelyezett állomások típusa a Boreas Kft. által gyártott Agromet-Solar meteorológiai állomás. Az állomások segítségével mérhetjük a szélirányt, szélesebbséget, globálsugárzást- napfénytartamot, hőmérsékletet, páratartalmat, szabad területi csapadékot, talajnedvességet és talajhőmérsékletet. A talajnedvességet és a talajhőmérsékletet 4 rétegben mérjük (10 cm, 25 cm, 50 cm, 70 cm) a kijelölt helyszíneken. A gyűjtött adatokat a GPRS-es adatgyűjtők továbbítják a szerver felé további feldolgozás céljából.



1. ábra: A meteorológiai állomások és talajvízszint monitoring kutak elhelyezkedése  
 Figure1: Location of meteorological stations and groundwater monitoring wells

A NAIK ERTI a meteorológiai állomásokon túl, talajvízszint monitoring kutakat is működtet az Alföldön. Ennek alapját egy korábbi OKTA pályázat (OTKA NN79835) adta, melynek keretén belül 30 monitoring kút létesült. Jelenleg ebből 17 db üzemel 7 mintaterületen (Jászfelsőszentgyörgy, Bócsa, Pusztaszer, Tiszaderzs, Kunhegyes, Püspökladány) Minden mintaterületen az erdei mintapont(ok)hoz kapcsolódóan, található egy nem fásszárú növényzettel borított kontrollpont is, így lehetőség van a különböző vegetációtípusok alatti talajvízszint változások összehasonlítására. A kutakban nyomássonidákhoz kapcsolt Dataqua, DA-S-URC 227 típusú adatgyűjtők 15 percnként regisztrálják a talajvízszint aktuális mélységét. Az említetteken túl, a NAIK ERTI kezelésében vannak továbbá talajvízszint monitoring kutak Kaszó és a Szigetköz területén is.

Jelen munkánk során azokat a mintaterületeket válogattuk ki további elemzésre, ahol a talajtextúrában nincsenek nagy különbségek sem az egyes mintapontok szelvényeiben sem az erdő és kontrollpontok közt. Így későbbiekben a jászfelsőszentgyörgyi és az egyik püspökladányi mintaterület eredményei kerülnek bemutatásra. Az 1. táblázat ezen mintaterületek legfontosabb paramétereit mutatja be.

1. táblázat: A talajvízszint monitoring pontok fő paramétereit  
 Table 1: Main parameters of the groundwater monitoring sites

Pont száma	Községhatár	Pont típusa/ Fafaj	Vizsgált időszak	Talajtextúra*	EOV Y	EOV X
12	Jászfelsőszentgyörgy	NNY	2019.04.01. – 10.31.	vályogos homok	704553	237336
13	Jászfelsőszentgyörgy	KST		homokos vályog	704652	237650
14	Jászfelsőszentgyörgy	Kontroll		homokos vályog	704700	237487
127	Püspökladány	KST	2019.01.01. – 09.30.**	vályog	804615	223939
128	Püspökladány	Kontroll		vályog	804519	224874

\*A talaj pipettás módszerrel meghatározott átlagos fizikai félesége a szelvény teljes mélységére.

\*\*A püspökladányi mintaterület időszakosan nem megközelíthető, ezért az adatok csak a megadott időpontban álltak rendelkezésre

\*Average soil texture category of the whole soil profile defined by pipette-method

\*\*The study site at Püspökladány was temporary not approachable. Data is only available from the given period.

## ADATOK FELDOLGOZÁSA

### Csapadék karakterisztika

Az állomások éves kumulált csapadék adatait a legcélszerűbb csapadék összeggörbén ábrázolni, így tudjuk következtetni a csapadék-karakterisztika alakulására a görbék hirtelen emelkedése, vagy ellaposodásának segítségével. A napi csapadékösszegek alapján a száraz és nedves időszakok váltakozását vizsgálhatjuk görbe segítségével, figyelembe véve a görbék hirtelen emelkedését, vagy ellaposodását (Faccini et al 2015).

### Walter–Lieth klímadiagram

A hőmérséklet és a csapadék összefüggését látványosan lehet szemléltetni a Walter–Lieth klímadiagrammal (Walter & Lieth 1960), még rövidebb időszakra vonatkozóan is. Az általánosan elterjedt hőmérséklet-csapadék diagramokhoz képest előnye, hogy segítségével a vízellátottság is megbecsülhető (humid és aszályos időszakok). A diagramon az vizsgált év havi átlaghőmérséklet-adatai (piros vonal), a havi csapadékösszegek (kék vonal), valamint a csapadék és hőmérséklettengelyek 3:1 arányú eltolásával megrajzolt havi csapadéértékek (kék szaggatott vonal) is szerepelnek, mely utóbbiak segítségével lehetséges az erdészeti klímakategóriák elkülönítése (4. ábra).

### Potenciális evapotranszpiráció

A potenciális evapotranszpiráció közelítő becslését a Dunay–Posza–Varga–Haszonits-féle összefüggés alapján végeztük el. Segítségével a léghőmérséklet és a relatív nedvesség ismeretében számítható a napi potenciális evapotranszpiráció (PET)(Varga–Haszonits et al 2015, Varga–Haszonits & Varga 2014). Azaz:

$$PET = \frac{1-f}{2-f} \cdot t \quad (1),$$

ahol: PET = Potenciális evapotranszpiráció (mm/nap)

f = a relatív nedvesség napi közepe (%)

t = napi középhőmérséklet (°C)

### Légekőri szárazság

A légekőri szárazság esetében időtartamot (h) adtunk meg a vizsgált évet illetően. A légekőri szárazság ebben az esetben azt fejezi ki, hogy adott időszak alatt mennyi ideig (h) volt egyidejűleg a léghőmérséklet 30 C° felett és a páratartalom 40% alatt (Szász & Tőkei 1997).

### Erdészeti szárazsági index (FAI)

Amely során a kritikus hónapok (július, augusztus) átlaghőmérsékletét elosztjuk a fő növekedési szakasz csapadékösszegével, melyben a legmelegebb és a legalacsonyabb páratartalmú júliusi csapadéka dupla súllyal szerepel, majd mindezt 100-zal megszorozzuk (Führer 2010, Führer et al 2011, Führer 2018).

$$FAI = 100 \cdot (T_{\text{átlag(VII-VIII)}}) / (P_{V+VI+2 \cdot VII+VIII}) \quad (2),$$

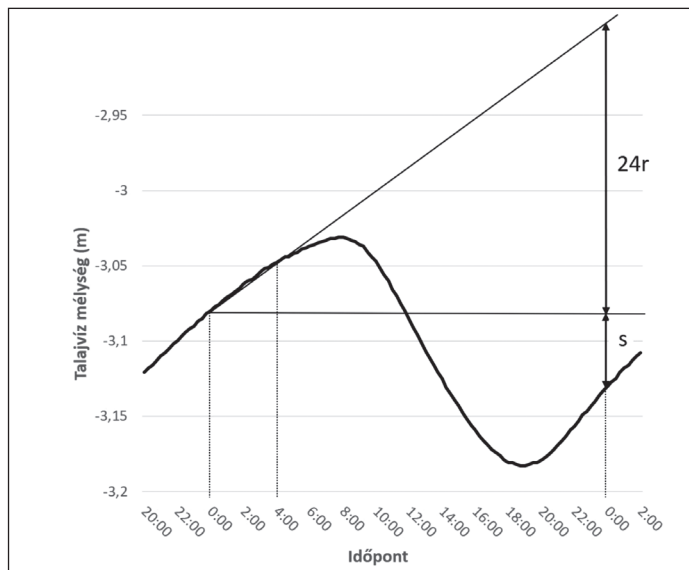
ahol: FAI: Erdészeti szárazsági mutató

$T_{\text{átlag(VII-VIII)}}$ : A kritikus hónapok (július és augusztus) átlaghőmérséklete (°C)

$P_{V+VI+2 \cdot VII+VIII}$ : A fő növekedési szakasz csapadékösszege, melyben a júliusi csapadék dupla súllyal szerepel (mm)

Vízfelvétel a kapilláris zónából (White-módszer)

A faállományok talajvízfelvételének napi mértéke a White-módszer segítségével került meghatározásra (White 1932, Loheide et al 2005). A módszer arra a feltételezésre alapul, miszerint a késő éjjeli, kora hajnali időszakban (0–4 óra között) az evapotranszpiráció elhanyagolható mértékű, így a talajvízállás növekedési rátája ebben az időszakban megegyezik a talajvíz utánpótlódásával. A görbéhez ebben az időszakban húzott egyenes iránytangense ( $r$ ), tehát megmutatja az egységnyi idő (pl.: 1 óra) alatti talajvíz-utánpótlódás mértékét. Amennyiben ezt az utánpótlódási rátát, evapotranszpiráció jelenléte nélkül, meghosszabbítanánk 24 órán keresztül, akkor a talajvízszint 24r magasságra emelkedne. Az evapotranszpiráció jelenlétében ugyanakkor általában a növekedés helyett, egy nap alatt még egy ( $s$ ) értékkel jellemezhető csökkenés is beáll a talajvízszintben (Gribovszki et al 2009). A módszert a 2. ábra mutatja be szemléletesen.



2. ábra: A White módszer sematikus ábrázolása (Gribovszki et al 2009 alapján)  
 Figure 2: Schematic representation of the White-method (based on Gribovszki et al, 2009)

A fentiek ismeretében az evapotranszpirációs vízfogyasztást a következőképp számíthatjuk ki:

$$ET = S_y(24r \pm s) \quad (3),$$

ahol:  $S_y$  a talajra jellemző fajlagos hozam (dimenzió nélküli)

$r$  a vízutánpótlás hatására bekövetkező elméleti talajvízszint emelkedés (m),

$s$  a talajvízszint különbség (pozitív vagy negatív) az előző nap azonos időpontjához képest (m).

Az  $S_y$  definíció szerint azt a vízmennyiséget jelenti, amelyet egységnyi alapterületű talaj (mint víztartó) bocsát ki, vagy fogad be egységnyi vízszintváltozás hatására:

$$S_y = V_w / (A \cdot \Delta h) \quad (4),$$

ahol:  $A$  a víztartó vizsgált alapterülete ( $m^2$ ),

$V_w$  a kibocsátott vagy befogadott vízmennyiség (l),

$\Delta h$  a vízszintváltozás (m).



Maga a módszer robusztus, ugyanakkor az Sy pontos meghatározása nehézkes, mivel értéke a talajvíz aktuális mélységétől, és a talajtextúrától egyaránt függ. A pontos Sy meghatározásában Loheide (2005) munkája nyújt segítséget ugyanakkor a folyamat során felmerülő bizonytalanság miatt eltekintettünk Sy értékének a számításokban való szerepeltetésétől. Emiatt az állományok vízfelvételét dimenzió nélküli számértékekkel tudjuk csak jellemezni. Mivel a vizsgált mintaterületekhez tartozó pontok textúrája mind a szelvényeken belül, mind egymással összevetve homogénnek tekinthetőek ezért az így számított értékek is alkalmasak az adott mintaterületen belül az erdei és kontrollpontok alatti talajvíz felvétel dinamikájának összehasonlítására.

Az Sy értéke talajtextúrától függően 0,3 és 0,01 között mozoghat (Loheide 2005). Ezért, illetve az állományok eltérő vízfelvétele miatt, a kapott eredmények akár több nagyságrendnyi eltérést is mutathatnak az egyes mintaterületek közt.

Fontos tehát kiemelni, hogy az általunk számított vízfelvételi értékek csak egy adott mintaterületen belül hasonlíthatók össze egymással. Azok semmiképp nem tekinthetőek abszolút, mm-ben megadott párolgási értékeknek ezért az említett nagyságrendi eltérések sem jelentenek valós nagyságrendi különbségeket az egyes mintaterületek állományainak vízfelvételeiben.

## EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

### Meteorológiai monitoring

Az áttekinthetőség kedvéért a 2019-es év meteorológiai alapadataiból készült összegző és származtatott adatokat táblázatos formában közöljük a 18 meteorológiai állomás esetében (2. táblázat). A 2019-es évben volt lehetőségünk első alkalommal, egyszerre a 18 állomást üzemeltetni, a mérőhálózatot bővíteni, tehát a következőkben ez évi adatok tudjuk áttekinteni. A keletkezett adathiányok pótlására az Országos Meteorológiai Szolgálat adatait használtuk fel (Püspökladány, Karád, Pilisszentlélek, Hőgyész, Ásványráró esetében).

2. táblázat: 2019-es összegző és származtatott adatok  
Table 2: Summary and derived data in 2019

Helyszín	Csapadék (mm)	Átlag-hőmérséklet (C°)	Átlag-páratartalom (RH %)	Potenciális párolgás (mm)	Halmazott légköri szárazság (h)	Erdészeti szárazsági mutató (FAI)
Püspökladány	466,2	12,1	75,6	897,2	49,7	6,4
Sárvár	686,6	11,5	77,6	814,5	11,3	6,5
Napkor	428,8	11,7	75,8	906,2	23,8	5,8
Karád	541,5	12,1	77,8	971,6	10,0	8,8
Pilisszentlélek	625,2	10,9	79,1	857,4	3,5	7,0
Gyöngyössolymos	666,1	10,1	76,5	782,4	0,0	5,2
Markóc	631,0	11,7	76,4	628,9	15,3	6,2
Hőgyész	1000,2	11,6	75,6	777,1	34,3	5,7
Mátrafüred	609,8	11,9	73,7	957,3	11,7	6,3
Répáshuta	865,3	9,2	82,0	539,7	0,0	3,3
Bócsa	560,1	12,1	70,1	922,7	135,3	7,1
Páty	461,3	12,0	75,6	937,1	50,2	8,6
Bakonybél	672,7	11,1	79,0	754,7	10,5	6,3
Gyula	495,8	12,2	79,9	769,5	31,2	9,8

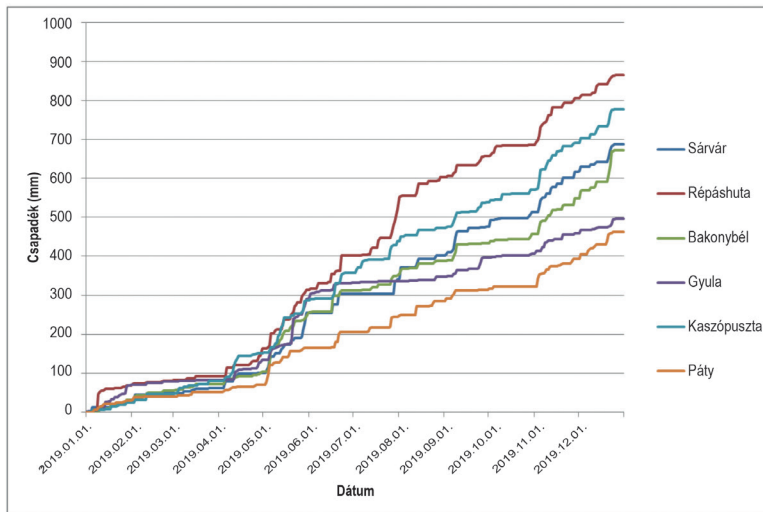
A2. táblázat (folytatás)  
Table 2. (cont.)

Helyszín	Csapadék (mm)	Átlag-hőmérséklet (C°)	Átlag-páratartalom (RH %)	Potenciális párolgás (mm)	Halmazott légköri szárazság (h)	Erdészeti szárazsági mutató (FAI)
Isaszeg	549,0	10,2	80,0	796,9	53,1	5,3
Pusztaszér	413,2	12,5	72,4	926,1	64,5	7,8
Ásványráró	540,8	11,6	71,7	779,6	20,0	8,1
Kaszópuszta	776,3	11,8	78,9	782,9	9,8	5,3

### A csapadék és hőmérséklet

A csapadék alakulása helyszínenként változatosnak mondható, több esetben az átlagosnál több csapadék hullott éves szinten (pl.: Hőgyészén 1000,2 mm csapadék hullott), de azok eloszlása nem mondható egyenletesnek.

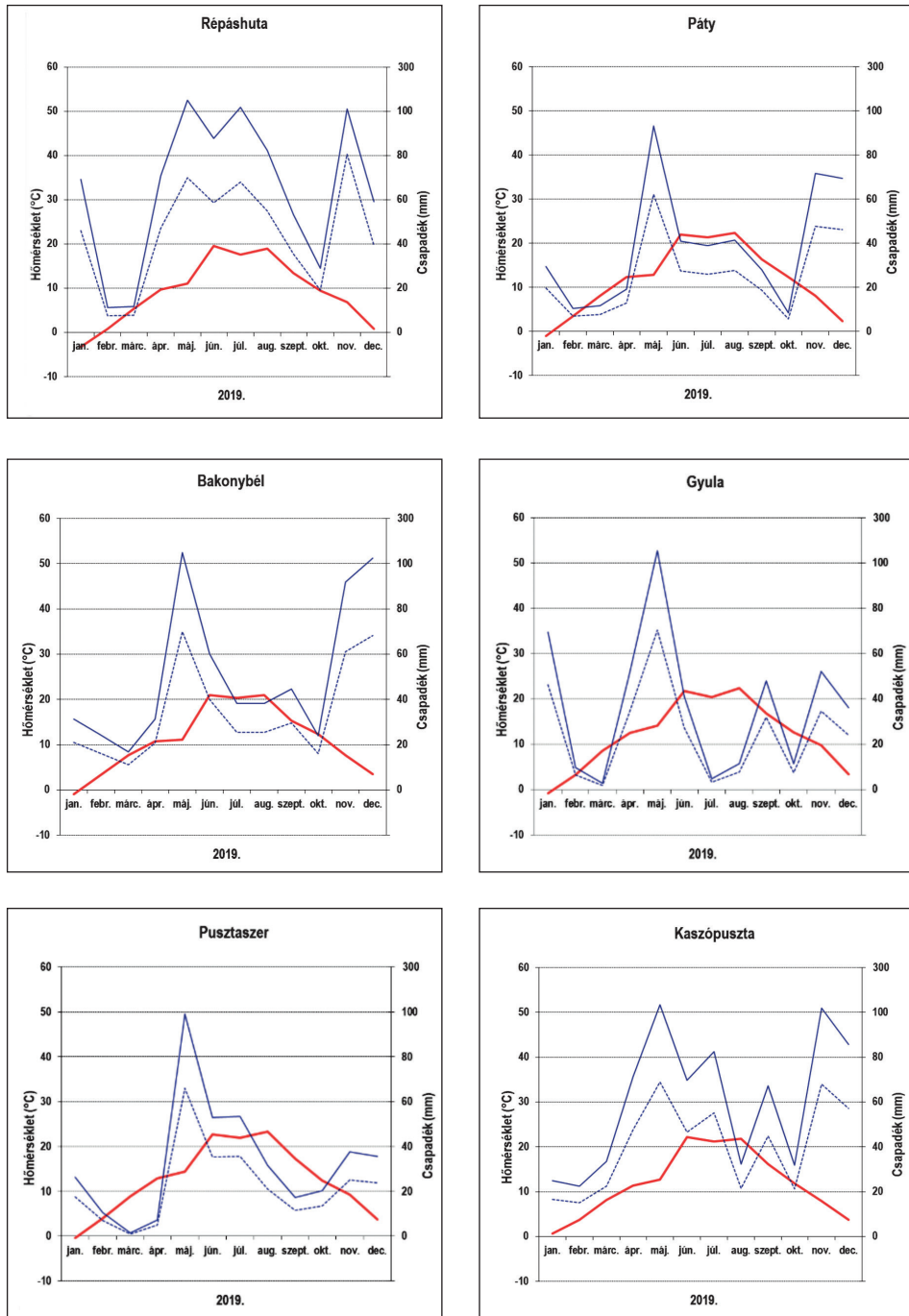
A mintaterületek éves csapadékösszegek közötti különbség is rámutat, hogy a csapadék éves eloszlása olykor szélsőséges lehet. A görbe ellaposodása a csapadégmentes időszakokra utal, a hirtelen emelkedése a csapadékos időszakokat jelzi (3. ábra). Megvizsgálva a görbék lefutását elmondható, hogy országos szinten is mutatkoznak egyezések (pl.: a májusi nagy mennyiségű csapadék esetében), valamint eltérések is (Pl. Répáshután a fő növekedési hónapokban (májustól–augusztusig) több mint 400 mm csapadék hullott, ezzel szemben Gyulára alig több, mint 200 mm csapadék érkezett). A több évnyi megfigyelés megbízhatóbb vizsgálatot eredményezhet egy-egy szélsőséges év adatainak elemzése helyett.



3. ábra: A kumulált csapadék alakulása 6 állomás esetében  
Figure 3: Cumulated precipitation at 6 meteorological station

Megvizsgálva a Walter–Lieth klímadiagram összefüggéseit láthatjuk, hogy több alkalommal hosszú aszályos periódusok voltak megfigyelhetők (pl.: 2019. március, április), mely a magas hőmérsékletben, a hosszú csapadégmentes időszakokban is megmutatkozott (4. ábra). Napkoron 2019 augusztusában az havi hőmérsékleti átlag több, mint 23 °C volt. A hőmérsékleti maximum meghaladta a 35 °C augusztus 12-én.

Az alföldi állomások esetében a nyári hónapokban figyelhetők meg hosszabb aszályos időszakok július, augusztus hónapokban. Humid és szuperhumid időszak a nagy mennyiségű májusi csapadékok miatt tavaszszal jelentkezik több állomás esetében.



4. ábra: A hőmérséklet és a csapadék változása a Walter-Lieth klimadiagram összefüggései alapján [havi átlaghőmérséklet (piros vonal), a havi csapadékösszegek (kék vonal) és annak redukált értékei, 3:1 arányú csapadék- ill. hőmérséklet-tengelyeknek megfelelően (kék szaggatott vonal)]

Figure 4: Changes of temperature and precipitation based on Walter-Lieth climate diagram [monthly average of the temperature (red line), monthly precipitation (blue line), reduced monthly precipitation According to 3:1 precipitation and temperature axes (blue dotted line)]



### *Páratartalom (légnedvesség)*

A szokottnál melegebb, aszályos időszakokat és az alacsony (napi) csapadékösszegeket jól visszaadják a relatív páratartalom értékei. Jellemzően a márciusi, áprilisi, valamint a június és a júliusi értékek elmaradnak az ilyenkor megszokott légnedvesség-tartalomaktól (75–85%). Az augusztusi hónapokban a növekedett a relatív páratartalom mértéke. Pozitív anomália (100% feletti nedvességtartalom) a mérési időszakban nem mutatkozott. A legnagyobb negatív változás (a 100%-os értéktől való eltérés) napi légnedvesség tekintetében 2019 áprilisában volt tapasztalható. Július hónap átlagos 14 órai páratartalma Répáshután 58,8%, Bócsán 45,7%, Pusztaszeren 41,4%.

### *Globálsugárzás (napfénytartam)*

A legmagasabb havi átlagérték Pusztaszeren (270 W/m<sup>2</sup>) júliusban jelent meg, a legalacsonyabb Répáshután (29 W/m<sup>2</sup>) pedig januárban volt érzékelhető. Napi átlagértékek közül a legmagasabb júliusban és augusztusban többször volt mérhető: 296 W/m<sup>2</sup> Pusztaszeren, a legalacsonyabb 2019. január 8-án 1,22 W/m<sup>2</sup> szintén Répáshután. Minden állomás esetében hasonló lefutás jellemzi a globálsugárzás alakulását.

### *Szélirány és szélesebesség*

A legmagasabb átlagszélesebesség a 2019-es évben 2,62 m/s Pusztaszeren, a legalacsonyabb Marócon 1,12 m/s volt. A legszelesebb nap Pusztaszeren november 13-i volt, ekkor a napi átlagos szélesebesség: 8,71 m/s. A legnagyobb szélökés szintén Pusztaszeren február 22-én volt tapasztalható, amikor 21:40-kor 18,9 m/s-os szélökéseket regisztrált a meteorológiai állomás. A legszelesebb hónap január volt, havi átlagos szélesebesség 1,81 m/s az összes állomás esetében. Az uralkodó szélirány jellemzően az észak-nyugati volt, de a melegebb őszi, tavaszi és nyári hónapokban több alkalommal tartósan a déli áramlás volt jellemző. A legtöbb szeles nap (162) Pusztaszeren fordult elő (vagyis amikor a szél legerősebb lökésének sebessége eléri, vagy meghaladja a 10 m/s-t). A legkevesebb szeles nap (43) Isaszegen volt tapasztalható.

### *Talajnedvesség és talajhőmérséklet*

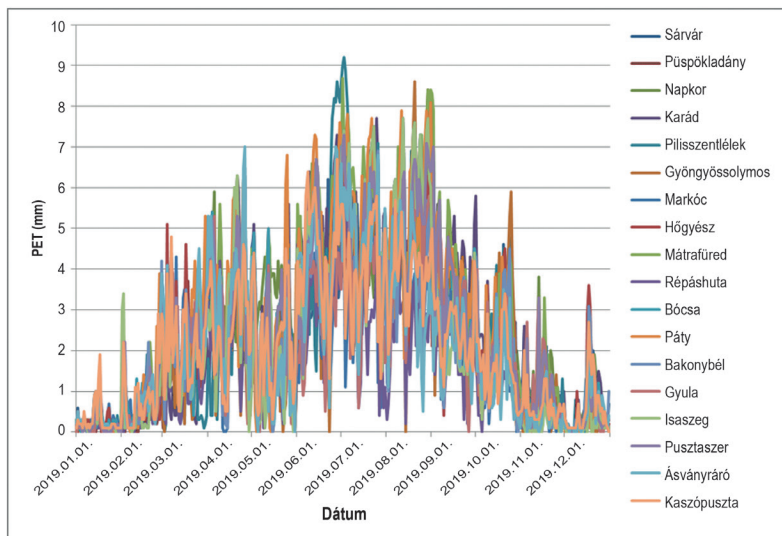
A talajnedvesség alakulása minden állomás esetében a megszokott trendszerű változásokat mutatta. A vegetációs időszakban alacsonyabb, míg a nyugalmi időszakban magasabb értékek kerültek regisztrálásra. Az alacsonyabb nedvesség értékeket a nyári fokozott párolgás is elősegítette a felső talajrétegben (0–10 cm). A csapadék alakulására 70 cm-en mért nedvesség értékek reagáltak a legkevésbé.

2019 nyarán igen alacsony talajnedvesség adatok tapasztalhatóak a gyenge termőképességű homoktalajokon (pl.: Bócsán 2019. augusztus 12-én: 2,1%, Pusztaszeren 2019. szeptember 23-án: 2,1%, ugyanakkor Répáshután 2019. augusztus 28-án 14,2%, Bakonybélben 2019. augusztus 18-án 30,1% 10 cm-es mélységben).

A talajhőmérséklet esetében a leghidegebb január 21-én Répáshután volt mérhető (0,3 °C) legfelső talajrétegben (0-10 cm). A legmelegebb Bócsán szintén a legfelső talajrétegben 26,6 °C június 16-án.

### *Potenciális párolgás (PET)*

Az egyes állomások esetében napi potenciális párolgási érték meglehetősen eltérő az alföldi vagy éppen az egyes hegyvidéki mérési helyszínek között. Általánosságban elmondható, hogy a potenciális párolgás értéke július hónapban volt a legmagasabb. Több hegyvidéki (Bakonybél, Répáshuta) állomás esetében alacsony potenciális párolgási értékek is megfigyelhetők, ugyanakkor a pilisszentléleki állomás esetében volt a legmagasabb napi potenciális párolgási érték (9,2 mm). További érdekesség, hogy a szigetközi állomás esetében a legmagasabb napi párolgási érték (7 mm) április végén volt jellemző.



5. ábra: A potenciális párolgás (PET) napi változása 18 állomás esetében  
Figure 5: Daily changes of potential evapotranspiration at 18 meteorological stations

A legalacsonyabb havi csapadékösszeg (4,8 mm) Napkoron 2019 augusztusában volt mérhető, ezzel szemben a magas havi potenciális párolgási érték 142,6 mm jellemezte a mintaterületet. A legmagasabb éves potenciális párolgási érték (971,7 mm) Karádon, a legalacsonyabb éves potenciális párolgási érték (539,7 mm) pedig Répáshután volt a Varga-Haszonits módszer alapján elvégezett számítások szerint. Répáshután májustól októberig a napi potenciális párolgási értékek jóval elmaradnak (átlagosan 30%-kal) a többi állomás esetében számított értékektől.

### Légköri szárazság

Halmozott légköri szárazság a gyöngyössolymosi és a répáshutai mérőhelyeken nem volt kimutatható. Bócsán volt a legmagasabb a számítható légköri szárazság értéke, összesen 135,3 h a 2019-es évben. Érdekes módon a Pátyon és Isaszegen is meghaladta az 50 h-t a halmozott légköri szárazság értéke, az erdőszült környezet ellenére. A legmagasabb napi légköri szárazság értékek Bócsán augusztus 20-án 9,5 h volt. Két alkalommal augusztus végén is meghaladta 7 h-s értéket a napi halmozott légköri szárazság (augusztus 28-án 7,2 h, augusztus 29-én 8,5 h).

### Erdészeti szárazsági index (FAI)

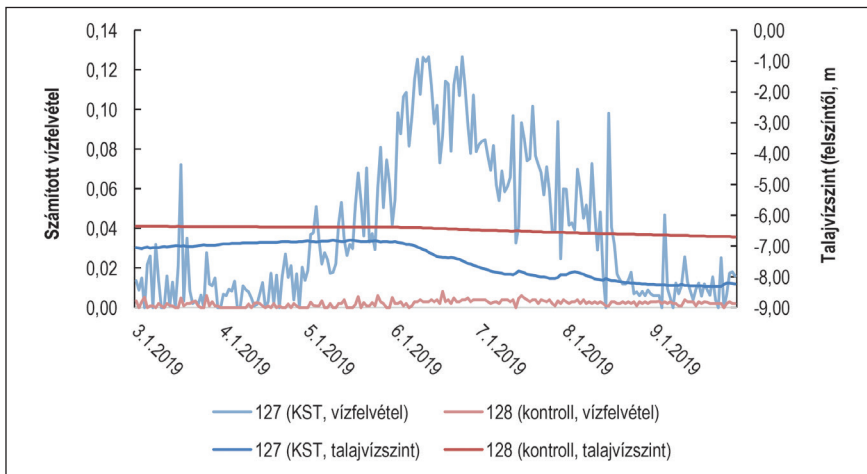
Az erdészeti szárazsági index tekintetében több esetben is találkozhatunk érdekes eltérésekkel a 2019-es évben. Pátyon, Karádon, Gyulán, Pusztaszeren és Ásványráróra a FAI értéke igen magas (erdősztyep klíma), ami mindenképpen jelentősen eltér a várt eredményektől. Ennek oka a kevesebb nyári csapadék és a magasabb átlaghőmérsékletben keresendő. Kocsánytalan tölgyes ill. cseres klíma uralkodott Püspökladányban, Sárváron, Pilisszentléleken, Markócon, Mátrafüreden, Bócsán és Bakonybélben, míg a többi helyszínt Répáshuta kivételével, ami bükkös klímájú volt, gyertyános klíma jellemezte. A számított értékek természetesen csak egy évre vonatkoznak, melyekből egyelőre messzemenő következtetéseket nem lehet levonni. A jövőben mindenképpen fontos paraméter lesz az erdészeti szárazsági index az egyes erdőszült mintaterületek klímájának körültekintő jellemzéséhez.

## Talajvíz monitoring

A White-módszer segítségével kapott számított vízfelvételi értékek értelmezéséhez szükséges kihangsúlyozni, hogy a módszer a vegetációs időszakban jelentkező, a 2. ábrán bemutatott jellemző napi talajvízszint ingadozáson alapul. Ezért a segítségével számított értékek a vegetációs időn kívül, vagy nem tipikus napi vízjárás esetén jelentős kiugrásokat mutathatnak, a talajvíz emelkedése esetén pedig a kapott érték akár negatív is lehet. Ezek értelemszerűen nem a valós párologtatás értékét adják vissza. Emiatt csak a vegetációs időszakra vonatkozó adatok kerülnek bemutatásra.

### Püspökladány

A Püspökladány-Farkaszigeten található mintaterület esetében a talajvízszint és a vízfelvétel viszonya, továbbá az egyes növényzeti kategóriák (fás- és lágyszárú) alatti talajvízszint ingadozások az előzetes várakozásoknak megfelelően alakultak (6. ábra).



6. ábra: A talajvíz ingadozás és számított vízfelvételi értékek 2019-ben, Püspökladányban  
 Figure 6: Groundwater fluctuation and calculated water-uptake values in 2019 at Püspökladány

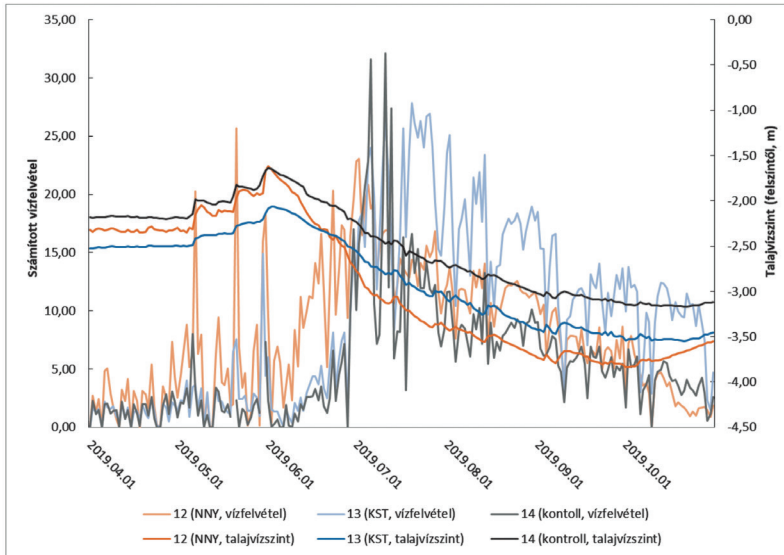
Az erdőnél a számított vízfelvételi értékek április végén – május elején kezdtek emelkedni, június végén tetőztek és augusztus vége felé álltak vissza a vegetációs időszakot megelőző szintre. A talajvíz némi késéssel követte a folyamatot, legsekélyebben május 16-án, volt (6,81 m) volt süllyedése csak ezután indult meg. Ez arra utal, hogy az április vége és május közepe közötti időszakban a területen az éjszakai visszatöltődés képes volt pótolni a vegetációs időszak elején felvett vízmennyiséget.

A kontrollpont esetében gyakorlatilag a teljes megfigyelt időszakra folyamatos talajvízszint csökkenés volt jellemző (minimális mélység: január 1., 6,31 m), ugyanakkor ebben a trendben éles törést jelent a május végi időszak. Ez után, a korábbiakhoz képest, sokkal fokozottabb mértékű talajvíz süllyedés figyelhető meg. Szintén ettől az időponttól a számított napi vízfelvétel magasabb értéken stabilizálódott. Ez az érték ugyanakkor így is egy nagyságrenddel alacsonyabb volt, mint az erdő alatti területen.

Érdekes jelenség, hogy a több, mint 6 méter mélyen elhelyezkedő talajvíz ellenére annak ingadozása továbbá a számított vízfelvételi értékek is egyértelműen tükrözik a fotoszintézis éves és napi szintű változását, továbbá a növényzeti kategóriák közti különbségeket is. Ezek alapján feltételezhetjük, hogy a megfigyelhető jelenségek mögött a növényzet vízfelvétele áll. Ugyanakkor a kapcsolat részletei még nem tisztáztak, feltételezhetően a folyamatokban az felszín alatti oldalirányú vízmozgás is szerepet játszik.

### Jászfelsőszentgyörgy

A jászfelsőszentgyörgyi mintaterület esetében ismét világosan látható az összefüggés a számított evapotranszpirációs értékek és a talajvíz közt (7. ábra).



7. ábra: A talajvíz ingadozás és számított vízfelvételi értékek 2019-ben, Jászfelsőszentgyörgyön  
Figure 7: Groundwater fluctuation and calculated water-uptake values in 2019 at Jászfelsőszentgyörgy

A nyugalmi időszakra jellemző visszatöltődés június első napjaiig éreztette hatását: a talajvízszint legsekélyebben a 12-es (nemesnyár), és a 14-es (kontroll) pontok alatt június 1-én (1,62 és 1,64 m-en), a 13-as pontnál (kocsányos tölgy) pedig június 2-án és 3-án (2,07 m-en) volt. Az evapotranszpirációs értékek szintén június elején kezdtek emelkedni, ami arra utal, hogy a vizsgált állományok közvetlen módon hasznosítják a talajvizet. Ezt a feltételezést alátámasztja a talajvíz sekély elhelyezkedése, továbbá az, hogy területet jellemző talajtextúra (vályogos homok-homokos vályog) esetében a kapilláris vízemelés elérheti a 25–30 cm-t is (Szabó-Kozár 1983).

Érdekes ugyanakkor, hogy a két vizsgált fajfaj eltérő vízfelvételi dinamikát mutat, ami a vízszintek változásában is tükröződik. A nyár vízfelvétele rögtön június elején igen nagymértékben megnövekszik, míg a másik két pont esetében jóval kisebb emelkedés tapasztalható. Ennek megfelelően, a nyár alatt az állomány alatt a talajvízszint is meredekebben süllyed olyannyira, hogy a két erdőállomány alatti vízszintkülönbség a június 22–24. közti időszakra eltűnik. Ezután már a nyár alatt volt regisztrálható mélyebb talajvízszint. Július elejétől ugyan a tölgy vízfelvétele mutat magasabb értékeket, de csak október elejétől csökken ismét érzékelhetően a különbség a két állomány alatt mért talajvízszint között. Az év vége felé haladva látható, ahogy a két állomány vízfelvétele közti különbség fokozatosan eltűnik, a visszatöltődés hatására.

A mintaterület további érdekessége, hogy a számított evapotranszpirációs értékek és a talajvízszint éves ingadozása is arra utal, hogy a kontrollpont lágyszárú növényzete is képes hasznosítani a talajvizet. Ezt a már korábban említett tényezők (sekély talajvíz, erőteljes kapilláris vízemelés) teszik lehetővé.

## JÖVŐBELI TERVEK

A továbbiakban mindenképpen nagy jelentősége lesz az erdészeti meteorológiai mérőhálózat működésének, bővítésének, figyelembe véve a tapasztalható időjárási szélsőségeket, melyek fokozott aszálykárt és romló egészségi állapotot eredményezhetnek, így nagyban befolyásolják a napi erdőgazdálkodási tevékenységet.

A mérőhálózattal kapcsolatos kutatások további célja, hogy minél pontosabb képet kapjunk az alföldi erdőállományok vízfelvételek folyamatairól, illetve ezek kapcsolatáról a talajvíz dinamikájával.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció megírását a GINOP-2.3.3-15-2016-00042 „Növénytermesztési rendszerek klímaváltozási válaszreakciójának, és adaptációs lehetőségeinek kutatása” pályázat támogatta.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- Belházy J. 1886: Az erdő befolyása a levegő átlagos hőfokára, és a levegő hőfokának hatáira. Erdészeti Lapok 25(4): 287–29.
- Borovics A. 2018: Erdészeti klímaközpont kialakításának szükségessége és lépései. Erdészettudományi Közlemények 8(2):5–8.
- Führer E. 2010: A fák növekedése és a klíma. „KLÍMA-21” Füzetek 61: 98–107.
- Führer E., Marosi Gy., Jagodics A. & Juhász I. 2011: A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. Erdészettudományi Közlemények 1(1): 17–28.
- Führer E. 2018: A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. Erdészettudományi Közlemények 8(1):27–42.
- Faccini F., Giostrella P., Lazzeri R., Melillo M., Raso E. & Roccati A. 2015: The 10th November 2014 flash-flood event in Chiavari city (Eastern Liguria, Italy), Rendiconti online della Società Geologica Italiana 35:124–127.
- Gácsi Zs. 2000: A talajvízszint észlelés, mint hagyományos, s a vízforgalmi modellezés, mint új módszer Alföldi erdeink vízháztartásának vizsgálatában. Doktori (Ph.D) értekezés, NyME, 69–93.
- Gálos B. & Führer E. 2018: A klíma erdészeti célú előrejelítése. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 43–55.
- Gribovszki Z., Kalicz P. & Szilágyi J. 2009: Napi periódusú ingadozás a hidrológiai jellemzőkben. Hidrológiai Közlöny 89(2)23–37.
- Ijjász E. 1936: Az erdészeti altalajvízmegfigyelések eredményeinek rövid ismertetése. Erdészeti Lapok 71(9–10):820–829.
- Ijjász E. 1938: Az erdő szerepe a természet vízháztartásában. Hidrológiai Közlöny 18(1):416–445.
- Járó Z. 1980: Intercepció a gödöllői kultúr erdei ökoszisztémában, Erdészeti Kutatások 73 (1):7–17.
- Járó Z. & Sitkey J. 1995: Az erdő és a talajvíz kapcsolata, Erdészeti Kutatások 85(1):35–49.
- Keresztesi B. 1969: Beszámoló a Nemzetközi Biológiai Program (IBP) „A gyökérzet és a rizoszférában élő szervezetek produktivitásának módszerei” című szimpóziumáról (Moszkva–Leningrád–Dusanbe, 1968. augusztus 28. – szeptember 12.). Erdészeti Kutatások 65(1):329–363.
- Kucsara M. 1998: Az erdő csapadékvízviszonyainak vizsgálata. Vízügyi Közlemények, 80(3):456–475.
- Loheide S.P., Butler J.J., & Gorelick S.M. 2005: Estimation of groundwater consumption by phreatophytes using diurnal water table fluctuations: A saturated/unsaturated flow assessment. Water Resources Research 41:W07030.
- Manninger M., Edelényi M., Pödör Z. & Jereb L. 2012: A hőmérséklet és a csapadék hatása a bükk növekedésére In: Biróné Kircsi A (ed): Magyar Meteorológiai Társaság XXXIV. Vándorgyűlés és VII. Erdő és Klíma Konferencia, Magyar Meteorológiai Társaság (MMT), 45–46.
- Manninger M. 2017: A csapadék változatosságának vizsgálata. Erdészettudományi Közlemények 7(2): 99–113.



- Móricz N., Berki I. & Rasztoivts E. 2011: A Nagyalföld erdeinek állapota és hatásuk a talajvízszintre – In: Rakonczay J. (ed): Környezeti változások és az Alföld, Nagyalföld Alapítvány kötet 7, Nagyalföld alapítvány, Békéscsaba, 119–126.
- Papp L. 1957: Az erdészeti meteorológiai kutatás jelentősége. *Az Erdő* 92(9):348–353.
- Szabó-Kozár J. 1983: *Növénytermesztési alapismeretek*, Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest
- Szász G. & Tőkei L. 1997: *Meteorológia mezőgazdáknek, kertészeknek, erdészeknek*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Varga-Haszonits Z., Tar K., Lantos Z. & Varga Z. 2015: Párolgási formulák összehasonlítása a mosonmagyaróvári meteorológiai állomás adatai alapján, *Növénytermelés* 64(3): 77–96.
- Varga-Haszonits Z. & Varga Z. 2014: A meteorológiai tényezők és a növényfejlődés közötti kapcsolat modellezésének módszertani alapjai, *Acta Agronomica Óváriensis: Nyugat-Magyarországi Egyetem Mosonmagyaróvári Mezőgazdasági- és Élelmiszertudományi Kar Közleményei* 56(1): 53–74.
- Víg P. & Justyák, J. 1997: Az erdő mikroklímája In: Szász G. & Tőkei L.: *Meteorológia mezőgazdáknek, kertészeknek, erdészeknek*. Budapest, Magyarország, Mezőgazda Kiadó, 543–563.
- Walter, H. & Lieth, H. 1960: *Klimadiagramm-Weltatlas*, Fisher, Jena
- White, W.N. 1932: Method of estimating groundwater supplies based on discharge by plants and evaporation from soil - results of investigation in Escalante Valley, Utah. US. Geological Survey, Water Supply Paper 659-A: 1–105.

*Érkezett: 2020. május 20.*

*Közlésre elfogadva: 2020. szeptember 01.*