



**A FAO-PENMAN-MONTEITH EGYENLETTEL SZÁMÍTOTT REFERENCIA  
EVAPOTRANZSPIRÁCIÓ ÉRZÉKENYSÉGI VIZSGÁLATA  
MOSONMAGYARÓVÁRI ADATOKON**

VARGA-HASZONITS ZOLTÁN<sup>1</sup> – LANTOS ZSUZSA<sup>2</sup> – VARGA ZOLTÁN<sup>1</sup> –  
SZAKÁL TAMÁS<sup>1</sup> – KALOCSAI RENÁTÓ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
Mosonmagyaróvár

<sup>2</sup>Miskolci Egyetem, Matematikai Intézet, Analízis Tanszék,  
Miskolc

**ÖSSZEFOGLALÁS**

A növényekre gyakorolt agro- és hidrometeorológiai hatásokat meghatározó összefüggések létrehozása során fontos feladat annak megismerése is, hogy az egyes hatótényezők változásai milyen mértékben befolyásolják az eredményt. A párolgást vizsgálva tehát, célszerű tudni, mely tényezőkre a legérzékenyebb. A vizsgálatot a FAO Penman-Monteith egyenletre vonatkozóan végeztük el Mosonmagyaróvári adatokon.

Megállapítható volt, hogy a párolgás a rendelkezésre álló sugárzási energiára és a telítési hiányra a legérzékenyebb. Ugyanakkor a szélesebb hatására nem mutat érzékenységet. A sugárzási egyenleg és a telítési hiány napi érzékenységi koefficiensei pedig az évszakok változása során követik a besugárzás és a légnedvesség évi menetét. Ezért a párolgás a meleg időszakban a besugárzásra, a hűvös időszakban pedig a légnedvességre a legérzékenyebb.

**Kulcsszavak:** referencia evapotranszspiráció, érzékenységi koefficiens, sugárzási energia, telítési hiány, szélesebb.

**BEVEZETÉS**

Az agrometeorológiában az egyik fontos vizsgálat, hogy a meteorológiai elemek milyen hatást gyakorolnak a növények növekedésére, fejlődésére és terméshozamára. E vizsgálat során célszerű első lépésként megvizsgálni, hogy a meteorológiai elemek közül melyek

azok, amelyeknek a változásai a legnagyobb változásokat idézik elő a növények életjelenségeiben. Az összefüggésvizsgálatokat ugyanis célszerű a legnagyobb változásokat előidéző elemekre alapozni.

Ennek a mezőgazdasági termelés szempontjából kettős jelentősége van. Az egyik jelentősége abban van, hogy meg tudjuk állapítani, hogy az egyes meteorológiai hatótényezők, milyen mértékű hatást gyakorolnak a növények életjelenségeire. A másik jelentősége abban van, hogy ha ismert mértékű változást szeretnénk előidézni a növényi életjelenségekben (pl. a terméshozamban), azt mely változók változtatásaival lehet legcélszerűbben előidézni.

Ebből adódik egy újabb lehetőség, hogy az éghajlatváltozás következtében, az érzékenységvizsgálat során a megváltozó meteorológiai elemeknek az élelmiszertermelő növényekre gyakorolt várható hatását is megismerhetjük.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Az összefüggésvizsgálatokban az eredményváltozónak a változásait a hatótényezők különböző mértékű változásai idézik elő. Az érzékenységvizsgálat ezért arra ad választ, hogy az egyes hatótényezők változásai milyen változást idéznek elő az eredményváltozóban. S ezzel lehetőség adódik arra, hogy az összefüggésvizsgálatban a legnagyobb hatást kiváltó tényezőket vegyük figyelembe.

Az összefüggésekben az érzékenység azt fejezi ki, hogy egy adott hatótényező megváltozására az eredményváltozó milyen mértékű megváltozással reagál. Tehát azt mutatja, hogy a hatótényező egységnyi megváltozása minél nagyobb változást idéz elő az eredményváltozóban, annál nagyobb az eredményváltozó érzékenysége a hatóváltozóra.

A környezettudományi, valamint az agro- és hidrometeorológiai vizsgálatok során számos módszert alkalmaztak az érzékenységi koefficiens meghatározására (*Hamby 1994; Pianosi et al. 2016*). Nincsen azonban általánosan elfogadott érzékenységi koefficiens (*Irmak et al. 2006; Debnath et al. 2015*).

**Az érzékenységi koefficiens meghatározása**

Az érzékenységvizsgálat legegyszerűbb módja, ha a meteorológiai elem (hatótényező) és a növényi életjelenség: növekedés, fejlődés, termés hozam (eredménytényező) között lineáris összefüggést határozunk meg:

$$y = a + bx \quad (1)$$

Ha kiszámítjuk az összefüggés korrelációs koefficiensét, akkor abból láthatjuk milyen szoros az összefüggés a hatótényező és az eredményváltozó között. Minél magasabb a korrelációs koefficiens, annál érzékenyebb a hatótényező változásaira az eredményváltozó. Célszerűbb azonban a korrelációs koefficiens négyzetének ( $r^2$ ) használata. Ezt az értéket determinációs együtthatónak nevezzük és azt mutatja meg, hogy az  $y$  változó varianciájából milyen arányt magyaráz meg az  $x$  változó varianciája (Mundruczó 1981; Füstös és Kovács 1989). Lényegét tekintve tehát érzékenységi mutatónak is tekinthető.

Ha pedig az (1) összefüggést differenciáljuk, akkor azt kapjuk, hogy

$$\frac{dy}{dx} = b \quad (2)$$

vagyis az  $y$  változó  $x$  változó szerinti változása a  $b$  regressziós együtthatóval egyenlő (Saxton 1975). Tehát a  $b$  regressziós együttható érzékenységi koefficiensnek (sensitivity coefficient = SC) tekinthető. Az érzékenységi koefficiens a következő formában írható (McCuen 1973; Smajstrla et al.1987; Irmak et al.2006):

$$SC = \frac{CH_y}{CH_{CV}} \quad (3)$$

ahol  $CH_y$  az  $y$  változó változása,  $CH_{CV}$  az éghajlati változó változása és  $SC$  a regressziós együttható, amely érzékenységi koefficiensnek tekinthető. Az érzékenységi koefficiens lényegét tekintve az eredményváltozó és hatótényező változó változó értékeinek hányadosa, miközben az összes többi hatótényezőt változatlanoknak tekintjük (Hamby 1994). Az érzékenységi koefficiens differenciálással megoldható, bár komplex összefüggések esetén számítása nem egyszerű.

Az érzékenységi koefficiensnek ebben a formában történő alkalmazása esetén azonban az érzékenységi koefficiens függ a változók nagyságától is. Ezért célszerű az

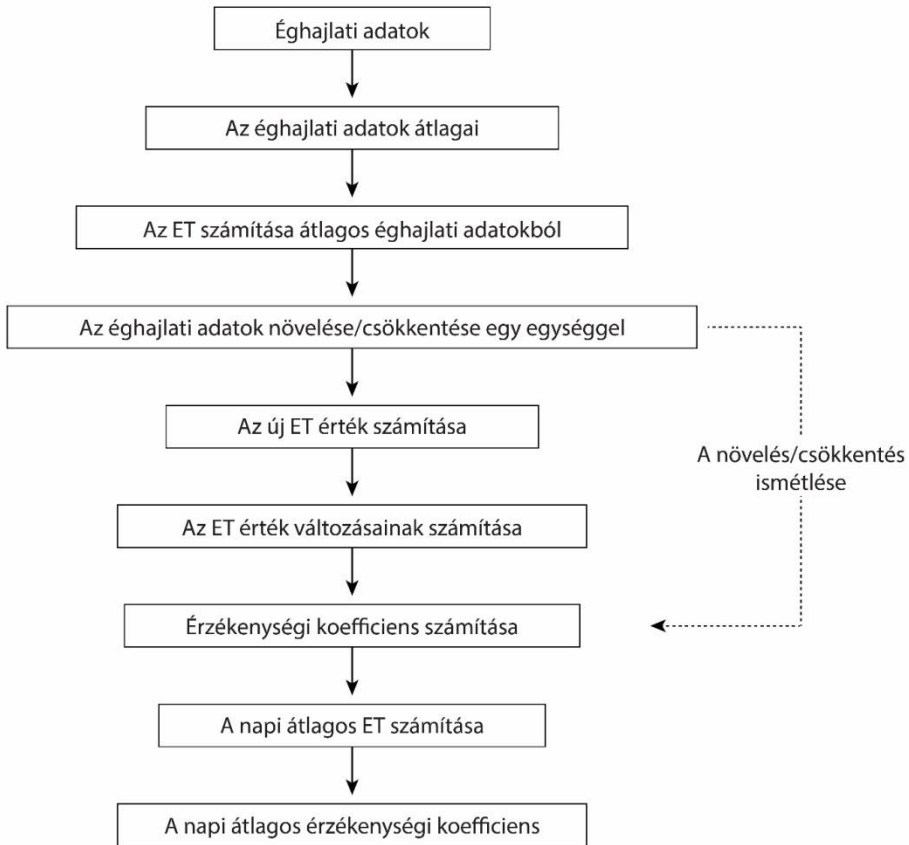
érzékenységi koefficiensét oly módon meghatározni, hogy az dimenzió nélküli legyen. Ez úgy érhető el, hogy a relatív változást határozzuk meg (*Szép 1965; McCuen 1974; Beven 1979*):

$$\frac{\frac{\Delta y}{y}}{\frac{\Delta x}{x}} = \frac{\Delta y}{\Delta x} \cdot \frac{x}{y} \quad (4)$$

Ennek gyakorlati meghatározása úgy történhet, hogy a meteorológiai elem és az eredményváltozó közötti lineáris kapcsolat  $b$  értékét tekintjük a  $\Delta y/\Delta x$  értéknek,  $x$  értéknek választjuk a meteorológiai elem adott időszakra vonatkozó középértékét, az  $y$  eredményváltozót pedig az  $y = a + bx$  egyenlet szolgáltatja (*Mundruczó 1981*).

#### ***Az érzékenységi együttható meghatározása Irmak módszerével***

*Smajstrla et al. (1987)* és *Irmak et al. (2006)* kidolgozott egy módszert az érzékenységi együttható meghatározására. Az agro- és hidrometeorológiai területén ez a módszer az egyik gyakorlati szempontból jól használható módszer. A módszert az egyszerűség kedvéért Irmak módszerként fogjuk említeni. A módszer lehetővé teszi ugyanis, hogy ne csak egy átlagos képet kapjunk arról, hogy hogyan reagál az eredményváltozó a hatótényezők változásaira, hanem nyomon követhessük az időbeli változásokat is a napi adatokból történő meghatározással. Ennek fontosságára korábban már *Katz (1979)* is felhívta a figyelmet. Fontos ugyanis, hogy az egyes meteorológiai elemek érzékenységi koefficienseinek az év folyamán történő változásait is figyelembe vehetjük. Az egyes hatótényezők évi menetének összehasonlítása módot adhat arra is, hogy egy növény vegetációs periódusa alatti érzékenységbeli változásait is figyelembe vegyük. A vizsgálat lépéseit az 1. ábrán mutatjuk be.



1. ábra: Az érzékenységvizsgálat Irmak et al. (2006) által kidolgozott módszer folyamatábrája (Debnath et al. 2015).

Figure 1: The process of sensitivity analysis elaborated by Irmak et al. (2006).

A módszer alkalmazásának folyamatát, egymásutáni lépéseit a Debnath et al. (2015) által kidolgozott folyamatábrán mutatjuk be (1. ábra). Az elemzés első lépése az adott éghajlat-növény összefüggés meghatározásához szükséges meteorológiai adatok összegyűjtése és a vizsgálathoz megfelelő formába rendezése.

A vizsgálatot úgy kell elvégezni, hogy először a vizsgált időszak éghajlati adatainak az átlagait meghatározzuk, majd az átlagok alapján meghatározzuk az adott összefüggést. Ezután minden egyes éghajlati elem értékét növeljük és csökkentjük egy egységgel egészen öt egységig. Kivételt képez ebben az esetben a gőznyomás és a belőle képezett

telítési hiány érték, mert ezeknél az éghajlati elemeknél figyelembe véve a minimum értékük és a maximum értékük közötti különbséget, az adott esethez kapcsolódva kell meghatározni a csökkenés és növekedés egységét. Az 1-től 5 egységig növelt értékekből is kiszámítjuk az adott összefüggést.

Majd minden egyes napra képezzük az időszak átlagából számított összefüggés és az 1-től 5 egységig növelt és csökkentett értékek közötti különbséget. A két érték közötti különbséget azután elosztjuk értelemszerűen 1, 2, 3, 4 és 5 értékkel. Ezáltal megbecsüljük az éghajlati elem változása által okozott eredményváltozó növekedést, vagyis ezt tekintettük a napi átlagos érzékenységi koefficiensnek. Amikor ily módon az egyes éghajlati elemekre meghatározzuk az érzékenységi koefficiensket, akkor az összes többi éghajlati elem értékeit változatlanoknak tekintjük.

A napi átlagos érzékenységi koefficiens birtokában megrajzolhatjuk az egyes éghajlati elemek érzékenységi koefficiensének évi menetét. Az egyes éghajlati elemek érzékenységi koefficiensének összehasonlítása pedig megmutatja, hogy a vizsgált jelenség éghajlati elemek iránti érzékenysége az év folyamán hogyan változik.

## EREDMÉNYEK

### *Az érzékenységelemzés alkalmazása*

Az általunk kiválasztott érzékenységi módszerek alkalmazását Mosonmagyaróvár 1996 és 2000 közötti adatai alapján, az *Allen et al. (1998)* által kidolgozott FAO-Penman-Monteith (FAO-PM) módszerrel számított referencia evapotranszpiráció adatsorán mutatjuk be. Az egyenletet az *Allen et al. (1998)* munkájában megadott módon számítottuk ki (*Varga-Haszonits et al. 2015*). A FAO-PM  $ET_{ref}$  egyenlet az éghajlati elemek párolgásra gyakorolt hatását fejezi ki egy hipotetikus növényi referencia felszínre (fűfelszínre) vonatkoztatva, amely egyenletesen 12 cm magasságúra van nyírva, teljesen borítja a talajt, a felszíni ellenállása 70 s/m és az albedója 0,23. Az egyenlet a következő formában írható:

$$ET_{ref} = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \left( \frac{900}{T_k + 273} \right) \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (5)$$

ahol  $ET_{ref}$  a referencia evapotranszpiráció (mm/nap), a 0,408 a  $MJ \cdot m^{-2} \cdot nap^{-1}$  a látens hő átszámítása 20 °C esetén mm/nap értékre,  $\Delta$  a hőmérséklet-telítési gőznyomás görbe

meredeksége ( $\text{kPa}\cdot\text{°C}^{-1}$ ),  $R_n$  a sugárzási egyenleg ( $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nap}^{-1}$ ),  $G$  a talajba vezetett hőenergia ( $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nap}^{-1}$ ), amely a talajt teljesen borító hipotetikus fűfelszín esetén nagyságrendileg elhanyagolható,  $\gamma$  a pszichrometrikus állandó ( $\text{kPa}\cdot\text{°C}^{-1}$ ), amely az általunk figyelembe vett hazai meteorológiai állomások tengerszint feletti magasságát tekintve 0,066-nak vehető, a  $T_k$  a léghőmérséklet középértéke, az  $u_2$  a szélesség 2 méter magasságban és az  $e_s - e_a$  a telítési hiány (kPa).

### ***A vizsgált időszak éghajlati elemeinek statisztikai jellemzői***

A (5) egyenlet két alapvető összetevőből áll. Az egyik a párolgás rendelkezésére álló energia, a másik pedig az a mozgatóerő, amely a párologtató felszínről a vízgőzt a levegőbe emeli és elszállítja. A referencia evapotranszpiráció értéke tehát függ a sugárzási energiától, a telítési hiánytól, a szélről és a hőmérséklettől, amely utóbbi különösen a telítési hiány befolyásolásán keresztül fejt ki a hatását. Célszerű megvizsgálni, hogy ezek az éghajlati elemek milyen mértékben befolyásolják hazánkban a párolgást. Ezekon az elemeken kívül még a sugárzási egyenleget alapvetően befolyásoló globálsugárzás, valamint a telítési hiányt nagymértékben befolyásoló relatív nedvesség párolgásra gyakorolt hatásának a mértékét is érdemes megvizsgálni.

*1. táblázat: Az 1996-2000 közötti időszak statisztikai jellemzői*  
*Table 1: The statistical characteristics of period between 1996 and 2000.*

Éghajlati elem	Középérték	Maximum	Minimum
Globálsugárzás ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ )	12,2	30,2	2,1
Sugárzási egyenleg ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ )	6,5	17,1	-1,2
Középhőmérséklet ( $^{\circ}\text{C}$ )	10,4	29,4	-14,9
Maximum hőmérséklet ( $^{\circ}\text{C}$ )	15,2	37,4	-10,3
Minimum hőmérséklet ( $^{\circ}\text{C}$ )	6,0	21,4	-22,0
Relatív nedvesség (%)	76,4	99,0	42,0
Telítési hiány (kPa)	0,41	2,06	0,01
Szélesség 2 m-ben ( $\text{m s}^{-1}$ )	2,2	7,3	0,0

A mosonmagyaróvári meteorológiai állomás adatai alapján az 1996 és 2000 közötti 5 év hosszúságú időszakot választottuk ki. Mosonmagyaróvár az Északnyugat-Dunántúlon helyezkedik el, a  $47^{\circ}53'$  földrajzi szélességen és a  $17^{\circ}16'$  földrajzi szélességen, 122 méter tengerszint feletti magasságban a Lajta és a Mosoni Duna találkozásánál elterülő sík vidéken. Erre az időszakra vonatkozóan megállapítottuk az előzőekben említett, a párolgást befolyásoló éghajlati elemek főbb statisztikai jellemzőit (1. táblázat).

Az 1. táblázat mutatja azt, hogy a kiszámítandó érzékenységi koefficiensek az éghajlati elemek milyen értéktartománya alapján lettek meghatározva. A középértékek pedig azokat az alapértékeket jelentik, amelyekhez az éghajlati elemek növekedését és csökkenését viszonyítjuk.

**Az egyes éghajlati elemek és a FAO-PM ET<sub>ref</sub> közötti kapcsolat**

Az egyes éghajlati elemek és a FAO-PM ET közötti kapcsolatot lineáris regresszióval határozzuk meg. Ismeretes, hogy minél magasabb a korrelációs együttható (r) értéke, annál szorosabb az elem és a referencia evapotranszpiráció közötti kapcsolat és minél magasabb a determinációs együttható értéke (r<sup>2</sup>), annál nagyobb részt magyaráz meg az evapotranszpiráció változásából a vizsgált éghajlati elem változása. Ez lehetőséget ad arra, hogy megvizsgáljuk, melyek a párolgásra legnagyobb befolyást gyakorló elemek a vizsgált helyen.

Figyelembe kell venni azonban, hogy Wilks (2006) rámutatott ennek az elvárásnak a félreérthetőségére. Ugyanis a regressziós összefüggés azt fejezi ki mennyiségileg, hogy két változó között a kapcsolat milyen természetű és mennyire szoros, de nem mond semmit arról, hogy melyik okozza a másik változásait. Úgy gondoljuk azonban, hogy az agro- és hidrometeorológiában a kapcsolatok hatótényezői és a hatást elszenvedő tényezői szakmai szempontok szerint jól elkülöníthetők (pl. éghajlati elem – növényi életjelenség kapcsolat).

Ennek tudatában határoztuk meg a párolgásra ható éghajlati elemek és a FAO-PM ET értékei közötti regressziós összefüggést oly módon, hogy a kiválasztott elemen kívül az összes többi értéket változatlanoknak tekintettük.

2. táblázat: Az egyes éghajlati elemek és a FAO-PM ET 1996-2000 közötti lineáris regressziós összefüggés paraméterei

Table 2: The parameters of relationships between meteorological element and FAO PM ET during the period 1996-2000.

ET - Éghajlati elem kapcsolat	a	b	r <sup>2</sup>
FAO-PM ET – Globálsugárzás	-0,3826	0,2080	0,96
FAO-PM ET – Sug. egyenleg	0,0804	0,3163	0,97
FAO-PM ET – Középhőmérséklet	0,3267	0,1729	0,83
FAO-PM ET – Max. hőmérséklet	-0,1591	0,1526	0,85
FAO-PM ET – Min. hőmérséklet	1,0026	0,1927	0,77
FAO-PM ET – Relatív nedvesség	14,2740	-0,1582	0,69
FAO-PM ET – Telítési hiány	0,0229	5,2414	0,95
FAO-PM ET – Szélsebesség 2 m-ben	2,2652	-0,0483	0,0004

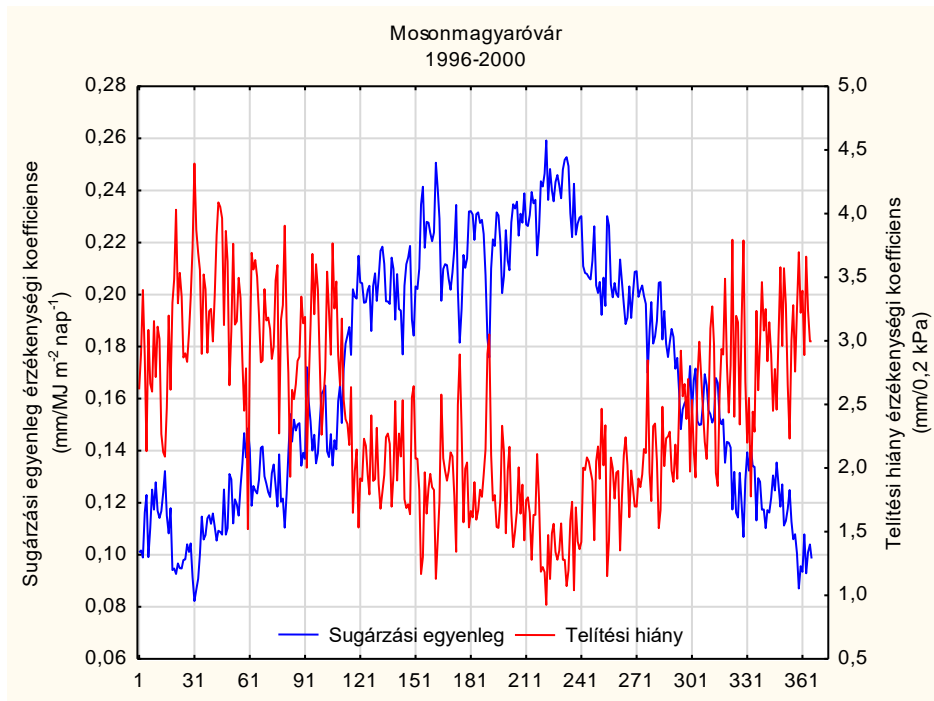


A kapott eredményeket a 2. táblázat tartalmazza. A táblázatból láthatjuk, hogy a Penman-Monteith egyenlet összetevői közül a sugárzás és a telítési hiány mutatja a legszorosabb összefüggést az evapotranszpirációval. Meglepő viszont, hogy az ország legszelebb területén, az Északnyugat-Dunántúlon fekvő Mosonmagyaróváron a 2 méter magasságban meghatározott szélsősebesség nem gyakorol észrevehető hatást az evapotranszpirációra.

Nyilvánvalóan a 2. táblázatban lévő regressziós összefüggések paraméterei az 1. táblázatban megadott éghajlati elemek értéktartományán belül érvényesek.

### ***Az érzékenységi koefficiensek meghatározása napi adatokon***

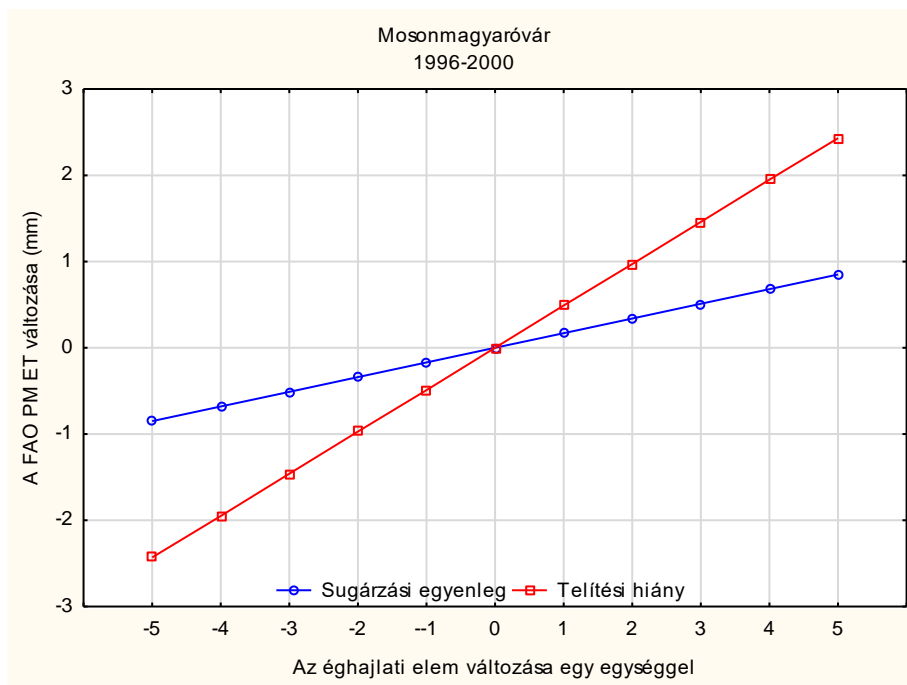
A 2. táblázat eredményeit figyelembe véve a napi érzékenységi koefficienseket a sugárzási egyenlegre és a telítési hiányra vonatkozóan határoztuk meg.



2. ábra: A sugárzási egyenleg és a telítési hiány érzékenységi koefficienseinek évi menete

Figure 2: The annual course of sensitivity coefficients of radiation balance and water vapour deficit.

A referencia evapotranspirációnak a sugárzási egyenlegre és a telítési hiányra vonatkoztatott napi érzékenységi koefficienseit oly módon határoztuk meg, – alkalmazva az *Irmak et al. (2006)* által ajánlott eljárást, – hogy kiszámítottuk az 1996-2000 közötti időszak átlagértékei alapján a FAO-PM ET értékeit. Majd ettől az értéktől számítva 1-től 5 egységig növeltük és csökkentettük a globálsugárzás értékeit és 0,2 értékkel a telítési hiány értékeit. A növelt és csökkentett értékek alapján is meghatároztuk a referencia evapotranspirációt a Penman-Monteith formulával. Majd képeztük az átlagértékekre és a csökkentett és növelt értékekre alapozva számított referencia evapotranspirációs értékek közötti különbséget, amelyet elosztottunk a növekedést és csökkenést reprezentáló 1, 2, 3, 4 és 5 értékekkel. Ezzel megkaptuk az év minden napjára vonatkozóan a (3) összefüggésben megadott érzékenységi koefficiens.



3. ábra: Az éghajlati elemek változása által a referencia evapotranspiráció átlagos napi értékében okozott változások.

Figure 3: Daily changes in evapotranspiration values caused by changes in meteorological elements.

Az év minden egyes napjára meghatározott átlagos változások által előidézett FAO-PM ET változások alakulását a 2. ábra mutatja, vagyis a sugárzási egyenleg és a telítési hiány

érzékenységi koefficienseinek évi menete látható az ábrán. Az ábrából világosan kitűnik, hogy a párolgás a rá legnagyobb hatást kifejtő két éghajlati elemre az év folyamán, az évszakok alakulásával, eltérő módon reagál. Az egyes éghajlati elemek érzékenységi koefficiensei követik maguknak az elemeknek az évi menetét. Ezért a evapotranszspirációs értékek a nyár folyamán erősen a sugárzási viszonyok hatása alatt állnak, míg a téli időszakban a telítési hiány értékei jelentik az erősebb befolyást az evapotranszspirációra.

Azt, hogy az éghajlati elemek egységnyi változása esetén (ami a sugárzási egyenlegre vonatkozóan 1 MJ, a telítési hiányra vonatkozóan pedig 0,2 kPa) milyen mértékű lesz átlagosan a FAO-PM ET változása a 3. ábra mutatja. Látható, hogy a telítési hiány 0,2 kPa értékkel való növekedésére nagyobb változással reagál a párolgás, mint 1 MJ/m<sup>2</sup> sugárzási energia változására.

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

A FAO szakbizottsága által kidolgozott, a FAO-PM referencia evapotranszspiráció meghatározására szolgáló módszert, amelyet napjainkban már a nemzetközi szakmai közvélemény is elfogadott etalonként, nyilvánvalóan csak akkor lehet használni egy adott területen, ha a számításához szükséges éghajlati elemek adatai rendelkezésre állnak. Azonban ha ezek az éghajlati adatok rendelkezésre állnak, akkor is szükség van arra, hogy megállapítsuk az egyes elemek milyen mértékben befolyásolják a párolgást. A vízhasznosítás szempontjából ugyanis szükség van arra, hogy megvizsgáljuk, hogy melyek azok az éghajlati, amelyeknek a változása a legnagyobb mértékben befolyásolja az evapotranszspiráció változásait, s melyek azok az elemek, amelyeknek a hatása kevésbé jelentős.

Meghatározva a FAO-PM ET 1996 és 2000 közötti 5 évi adatsorát, azt tapasztaltuk, hogy a globálsugárzás, illetve a sugárzási egyenleg, valamint a telítési hiány gyakorolja a legjelentősebb hatást a párolgási viszonyokra. Ismerve a FAO-PM referencia evapotranszspiráció számítási módszerének fizikai alapjait, ez tapasztalat egyúttal a módszer hazai adatokon való igazolásának egy formáját is jelenti.

Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a hazánk legszelesebb területén lévő Mosonmagyaróváron a 2 méter magasságban meghatározott szélsőesség – szemben a várható elméleti megfontolásokkal szemben – nem gyakorol jelentősebb hatást a

párolgási viszonyokra. Ezt a jelenséget még meg kell vizsgálni az ország többi állomásain is, hogy megismerjük a 2 méterben meghatározott szélesség és a referencia evapotranspiráció közötti kapcsolat térben és időben hogyan alakul.

## **SENSIVITY ANALYSIS OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION CALCULATED BY FAO PENMAN-MONTEITH EQUATION ON DATA SERIES IN MOSONMAGYARÓVÁR**

ZOLTÁN VARGA-HASZONITS<sup>1</sup> – ZSUZSA LANTOS<sup>2</sup> – ZOLTÁN VARGA<sup>1</sup> –  
TAMÁS SZAKÁL<sup>1</sup> – RENÁTÓ KALOCSAI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Széchenyi, Faculty of Agriculture and Food Sciences,  
Mosonmagyaróvár

<sup>2</sup>University of Miskolc, Institute of Mathematics, Department of Analysis,  
Miskolc

### **SUMMARY**

In developing of the relationships in agro- and hidrometeorology an important task to recognize that a single factor staying all other factors constant how influences the output of relationship. Considering the evaporation it is practical to know which factors exert the highest effect on the process of evaporation. This examination was made on data series calculated by FAO Penman-Monteith equation in Mosonmagyaróvár.

It was established that the evaporation is highly sensitive to available radiation energy and to water vapour deficit. At the same time it does not indicate any sensitivity to the windspeed. The daily sensitivity coefficients of available radiation energy and water vapour deficit show the same annual course as the global radiation and the humidity of atmosphere during the seasonal change. This is the reason why the evaporation is most sensitive to available radiation energy in the warm period of year and is most sensitive to the water vapour deficit in the cool season.

**Keywords:** reference evapotranspiration, sensitivity coefficient, radiation energy vapour pressure deficit, windspeed.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését az **EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008** számú „**Innovatív tudományos műhelyek a hazai agrár felsőoktatásban**” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## IRODALOM

*Allen, R.G., - L.S. Pereira., - D. Raes., - M. Smith (1998):* Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper. No. 56. 300 oldal.

*Beven, K. (1979):* A sensitivity analysis of the Penman-Monteith actual evapotranspiration equation. Journal of Hydrology, 44: 169-190.

*Debnath, S., - S. Adamala., - N.S. Raghuwanshi (2015):* Sensitivity Analysis of FAO-56 Penman-Monteith Method for Different Agro-ecological regions of India. Environ. Process. 689-704.

*Füstös L., - Kovács E. (1989):* A számítógépes adatelmezés statisztikai módszerei. Tankönyvkiadó, Budapest.

*Hamby, D.M. (1994):* A review of techniques for parameter sensitivity analysis of environmental models. Environmental Monitoring and Assessment. 32: 135-154.

*Irmak, S.I., - J.O. Payero., - D.L. Martin., - A. Irmak., - T.A. Howell (2006):* Sensitivity Analysis and sensitivity Coefficients of Standard ized Daily ASCE-Penman-Monteith Equation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 564-578.

*Katz, R.W. (1979):* Sensitivity analysis of statistical crop-weather models. Agricultural meteorology. 20: 291-300.

*McCuen, R.H. (1973):* The role of sensitivity analysis in hydrologic modeling. Journal of Hydrology. 18: 37-53.

*McCuen, R.H. (1974):* A sensitivity and error analysis of procedures used for estimation evaporation. Water Resources Bulletin, Vol. 10, No 1. 486-497.

*Mundruczó Gy. (1981):* Alkalmazott regressziószámítás. Akadémiai Kiadó, Budapest.

*Pianosi, F., - K. Beven., - J. Freer., - J.W. Hall., - J.Rougier., - D.B. Stephenson., - T. Wagener (2016):* Sensitivity analysis of environmental models: A systematic review. *Environmental Modeling and Software.* 79: 214-232.

*Saxton, K.E. (1975):* Sensitivity analysis of the combination evapotranspiration equation. *Agricultural Meteorology.* 15: 343-353.

*Smajstrla, A.G., - F.S. Zazueta., - G.M. Schmidt (1987):* Sensitivity of potential evapotranspiration to four climatic variable in Florida. *Soil Crop Sci. Soc. Florida* 46: 21-26.

*Szép E. (1965):* Analízis. Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest.

*Varga-Haszonits Z., - Tar K., - Lantos Zs., - Varga Z. (2015):* Párolgási formulák összehasonlítása a mosonmagyaróvári meteorológiai állomás adatai alapján. *Növénytermelés,* 64 (3): 77-96.

*Wilks, D.S. (2006):* Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. Second edition. Amsterdam.

*A szerző levélcíme – Address of the author:*

Varga-Haszonits Zoltán  
Széchenyi István Egyetem  
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar  
Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.  
e-mail: varga-haszonits.zoltan@sze.hu