

Feddema éghajlat-osztályozási módszerének érzékenysége a potenciális evapotranszspiráció parametrizálására



Készítette:

Skarbit Nóra

Meteorológus MSc

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar

Témavezetők:

Dr. habil. Ács Ferenc

Breuer Hajnalka

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2012.01.04.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	2
2. Anyag és módszer.....	3
2.1 Felhasznált adatok (CRU TS 1.2).....	3
2.2 Feddema módszere	3
2.3 A potenciális evapotranszspiráció (PET) parametrizálása	6
2.4 PET mérések.....	8
3. Eredmények	9
3.1 Thornthwaite- és Priestley-Taylor-féle PET	9
3.2 Antal- és Hargreaves-féle PET	11
3.3 Blaney-Criddle-féle PET	13
3.4 A PET értékek verifikációja mérési adatok alapján.....	14
4. Összegzés.....	19
5. Köszönetnyilvánítás.....	21
6. Irodalomjegyzék	22

1. Bevezetés

A biofizikai éghajlat-osztályozási módszerek közül KÖPPEN (1900, 1923), HOLDRIDGE (1947, 1967) és THORNTHWAITE (1931, 1948) módszerét alkalmazták hazánkban. Köppen (1936) osztályozását először RÉTHLY (1933), majd a CRU TS 1.2 adatbázis használata alapján FÁBIÁN és MATYASOVSKY (2010) ismertette. Holdridge módszerének alkalmazhatóságát Magyarországon elsőként SZELEPCSÉNYI *et al.* (2009) vizsgálták. Thornthwaite módszerét elsőként BERÉNYI (1943) alkalmazta Magyarországon. A módszer részletesebb vizsgálata során (SZELEPCSÉNYI *et al.*, 2009; ÁCS és BREUER, 2011) egyértelművé vált, hogy Magyarország mezoléptékű hidroklimájának jellemzésére felhasználható.

FEDDEMA (2005) éghajlat-osztályozása a Thornthwaite-féle módszer markánsan egyszerűsített változata, így globális léptékben is alkalmazható. FEDDEMA (2005) módszerét alkalmaztuk mind globális, mind regionális léptékben (SKARBIT, 2012). Módszerének fontos eleme a potenciális evapotranszspiráció (PET) számítása, amit THORNTHWAITE (1948) alapján becsül. Eddigi vizsgálatainkban nem foglalkoztunk a PET parametrizálásával. Így a Thornthwaite-féle PET parametrizáció (THORNTHWAITE, 1948) Magyarországra vonatkozó alkalmazhatóságát sem elemeztük.

E munka célja hazánk éghajlatának elemzése FEDDEMA (2005) osztályozása és a különböző PET parametrizációk alapján. A végső cél egy Feddema alapú hazai éghajlat-osztályozási rendszer kidolgozása, mely hazánk éghajlatáról objektív, mezoléptékben is alkalmazható képet nyújtana. Az elemzés során a CRU TS 1.2 adatbázis adatait használtam fel a XX. századra vonatkozóan.

2. Anyag és módszer

2.1 Felhasznált adatok (CRU TS 1.2)

Munkám során a CRU TS 1.2 adatbázis középhőmérséklet, napi hőmérséklet-ingadozás, csapadék és gőznyomás adataival dolgoztam. Az adatbázist a Kelet-Angliai Egyetem Éghajlatkutató Osztálya (Climatic Research Unit) állította össze (MITCHELL *et al.* 2004). Az adatbázisban öt különböző klímaváltozó értékei szerepelnek: középhőmérséklet, napi hőmérséklet-ingadozás, csapadékösszeg, gőznyomás és felhőborítottság. E változók havi idősorai lefedik egész Európát, a 20. századra vonatkozóan, így rácspontonként 12000 havi érték van. Az adatok térbeli felbontása $10'$ (≈ 18 km).

Vizsgálatom során leválasztottam a Magyarországot lefedő rácspontokat, azaz 1032 rácspontot a keleti hosszúság 16° – 23° közötti, valamint az északi szélesség $45,17^{\circ}$ – 49° közötti tartományban. A száz éves idősor (1901–2000) felhasznált értékeiből harminc éves átlagokat képeztem, majd ezekre az átlagokra vonatkozóan végeztem el a további számításokat. Az itt bemutatott eredmények két időszak: az 1901–1930 és az 1971–2000 közötti időszak átlagaira vonatkoznak.

2.2 Feddema módszere

FEDDEMA (2005) módszerét a Thornthwaite-féle klímaosztályozás módosításaként értelmezhetjük. Célja az volt, hogy e klímaosztályozást egyszerűbbé tegye. Véleménye szerint Thornthwaite két szezonális faktora nehézkesen kezelhető, ezért egy faktorba egyszerűsítette őket, valamint az éghajlati osztályok számát is csökkentette. A klímátípusok betűs elnevezéseit kiiktatta, ugyanis e jelölések nem feltétlenül szükségesek egy adott térség klímájának értelmezéséhez. A módszerében négy különböző mutatót használ: nedvességi, hőmérsékleti és szezonális mutatót; negyedik mutatóként pedig a szezonális típusát is megnevezi.

A nedvességi tényező

A FEDDEMA (2005) féle klasszifikáció nedvességi indexe a rendelkezésre álló vízfluxusokon alapul. Ez egy korszerűsített formája a hagyományos THORNTHWAITE (1948) féle formulának. Az indexet WILLMOTT és FEDDEMA (1992) vezették be:

$$I_m = \begin{cases} 1 - PET/P, & \text{ha } P > PET \\ 0 & \text{, ha } P = PET \\ P/PET - 1, & \text{ha } P \leq PET \end{cases} \quad (1)$$

ahol P a csapadék és PET a potenciális evapotranspiráció. A nedvességi index értéktartománya -1 (nincs csapadék) és +1 (nincs PET) között változik. A 0 érték azt mutatja, hogy az éves vízbevitel (P) megegyezik az éves vízkiadással (PET).

A klasszifikáció az éves I_m értékek alapján hat különböző nedvességi kategóriát különít el (1. táblázat).

Nedvességi kategóriák	Nedvességi index (I_m)
nagyon nedves	0,66–1
nedves	0,33–0,66
nyirkos	0–0,33
száraz	-0,33–0
szemiarid	-0,66–(-0,33)
arid	-1,00–(-0,66)

1. táblázat: Nedvességi kategóriák Feddema (2005) osztályozásában

A termikus tényező

A THORNTHWAITE (1948) féle klímaosztályozáshoz hasonlóan ez az index is potenciális evapotranspiráció alapú. A PET-et Thornthwaite módszerével becsüli. FEDDEMA (2005) hat hőellátottsági kategóriát különböztet meg 300 mm-es léptékben gondolkodva (2. táblázat).

Hőellátottsági kategóriák	Éves PET (mm)
forró	>1500
nagyon meleg	1200–1500
meleg	900–1200
hűvös	600–900
hideg	300–600
fagyos	0–300

2. táblázat: Hőellátottsági kategóriák Feddema (2005) osztályozásában

A szezonális tényező

A szezonális kezelés eltérő, mint az előző osztályozásokban. CARTER és MATHER (1966) szerint a száraz és nedves periódusok intenzitása hat a szezonális mértékére. Szerintük a szezonális index a havi I_m értékek évi ingadozása alapján becsülhető. Maximális értéke 2, ami azt jelenti, hogy egy hónapban nincs csapadék, míg egy másik hónapban a PET értéke nulla. FEDDEMA (2005) osztályozásában négy kategória van (3. táblázat).

A szezonális kategóriái	Éves I_m változás
kis	0–0,5
közepes	0,5–1
nagy	1–1,5
extrém	1,5–2

3. táblázat: A szezonális kategóriái Feddema (2005) osztályozásában

A szezonális típusa

A havi P és PET értékek évi változásának arányát használva, Feddema a szezonális három típusát különíti el. Ha ez az arány kisebb, mint 0,5 akkor a P szinte konstans egész évben, míg a PET legalább kétszer annyit változik, mint a P. Hasonlóan, ha ez az arány nagyobb, mint 2, akkor a P változik legalább kétszer annyit az év során, mint a PET

(FEDDEMA, 2005). Ezen extrém esetek között a P és a PET kombinált szezonalitása a jellemző (4. táblázat).

A szezonalitás típusai	Éves P változás/éves PET változás
hőmérséklet	<0,5
hőmérséklet és csapadék	0,5–2
csapadék	>2

4. táblázat: A szezonalitás típusai Feddema (2005) osztályozásában

2.3 A potenciális evapotranszpiráció (PET) parametrizálása

A következőekben a vizsgálat során használt PET parametrizációk kerülnek bemutatásra. A számítási módszerek kiválasztásánál fontos szerepet játszott, hogy a képletekben szereplő értékek a CRU TS 1.2 adatbázis alapján megadhatóak legyenek.

Thornthwaite formula

Feddema módszerében THORNTHWAITE (1948) egyenletét alkalmazza, amely a hőmérséklet és napfénytartam alapján becsüli meg a potenciális evapotranszpirációt:

$$PET_{Th} = 1,6 \cdot \left(\frac{L}{12}\right) \cdot \left(\frac{N}{30}\right) \cdot \left(10 \cdot \frac{T}{I}\right)^A \quad (2)$$

ahol L a nappalok hosszának havi átlaga (óra), N a hónap napjainak száma, T a havi átlaghőmérséklet (°C). Így a PET dimenziója cm/hónap. I a hőindex:

$$I = \sum_{t=1}^{12} \left(\frac{T_t}{5}\right)^{1,514} \quad (3)$$

és

$$A = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,792 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239. \quad (4)$$

Priestley-Taylor formula

A Priestley-Taylor formula (PRIESTLEY-TAYLOR, 1972) hőmérsékleti és sugárzási adatokat használ:

$$PET_{P-T} = \alpha \cdot \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{(R_n - G)}{\lambda} \quad (5)$$

ahol $\alpha = 1,26$ felszínfüggő paraméter, Δ a telítési gőznyomás görbehajlata ($\text{hPa} \cdot \text{K}^{-1}$), γ pszichrometrikus konstans ($\text{hPa} \cdot \text{K}^{-1}$), R_n a felszín sugárzási egyenlegének havi összege ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hónap}^{-1}$), G a talajhőáram havi összege ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hónap}^{-1}$) és λ párolgáshő ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Antal formula

Az Antal-féle (ANTAL, 1968) képlet liziméteres mérések alapján Magyarországra készült és a napi potenciális evapotranszspiráció értékét adja meg mm-ben:

$$PET_A = 0,0295 \cdot [e_s(T) - e]^{0,7} \cdot \left(1 + \frac{T}{273}\right)^{4,8} \quad (6)$$

ahol e_s telítési gőznyomás Pa-ban, e napi közepes gőznyomás hPa-ban és T napi középhőmérséklet °C-ban.

Hargreaves formula

A Hargreaves módszer hőmérséklet alapú, habár a növényi párolgásra ad kifejezést, reprezentatív a potenciális evapotranszspirációt illetően (HARGREAVES és SAMANI, 1982; HARGREAVES és SAMANI, 1985):

$$PET_H = a \cdot R_a \cdot \sqrt{T_d} \cdot (T + 17,8) \quad (7)$$

ahol $a = 0,0023$ konstans, Ra légkör tetejére érkező sugárzás ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nap}^{-1}$), Td napi hőingás ($^{\circ}\text{C}$) és T havi hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$). A PET értékét $\text{mm}\cdot\text{nap}^{-1}$ mértékegységben adja meg.

Blaney- Criddle formula

A BLANEY-CRIDDLE (1950) formula megalkotása az Egyesült Államok nyugati részéről származik, melynek célja a növény specifikus havi potenciális evapotranszpiráció kiszámítása. A speciális növényi faktorokon kívül csupán a napi középhőmérséklet és naphossz szerepel bemenő adatként (FRIESLAND *et al.*, 1998). Más klímaregiókra történő alkalmazása DOORENBOS és PRUITT (1977) által valósult meg. Ennek alapján a közép-európai régióknak megfelelő kiszámítási mód a következő (SCHRÖDTER, 1985):

$$\text{PET}_{\text{B-C}} = a + b \cdot p \cdot (8,128 + 0,457 \cdot T) \quad (8)$$

ahol $a = -1,55$ és $b = 0,96$ konstansok, p a csillagászatilag lehetséges maximális napfénytartam az éves napfény tartam százalékában, T napi középhőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$). A PET dimenziója $\text{mm}\cdot\text{nap}^{-1}$.

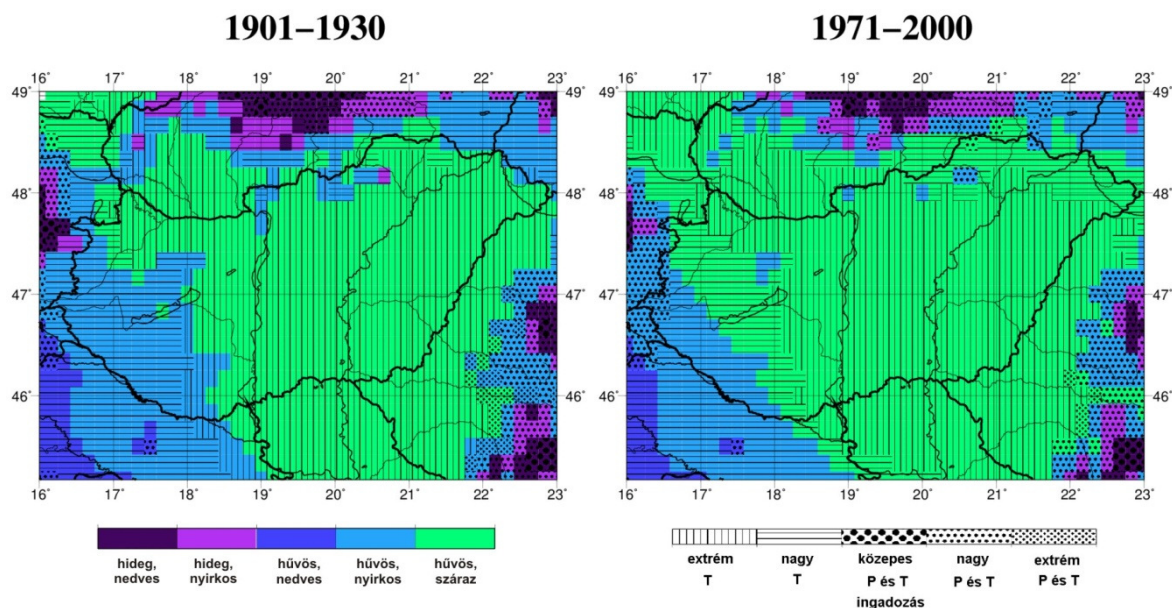
2.4 PET mérések

A dolgozatban az „U” kádas valamint liziméteres korábbi mérési eredmények is bemutatásra kerülnek. Az evapotranszpiráció lehet aktuális és potenciális. A szabad vízfelületek aktuális párolgása egyben potenciális is (STELCZER, 2000). E vízáramot párolgásmérő kádakkal becsülik. Az „U” kád nyitott vízfelülete 3 m^2 , átmérője $1,95 \text{ m}$ valamint $0,5 \text{ m}$ -es magassággal rendelkezik (STELCZER, 2000). A szárazföldi felszín párolgása értelemszerűen különbözik a vízfelszín párolgásától. E vízáramot liziméterekkel mérik. A parametrizált PET-értékeket e mérésekkel vetem össze. Az ábrákon a PET skálázása úgy történt, hogy a mérésekkel való egyszerűbb összevetést szolgálja. Így a kategóriák 50 mm -es léptékűek.

3. Eredmények

3.1 Thornthwaite- és Priestley-Taylor-féle PET

Magyarország éghajlata FEDDEMA (2005) módszere és THORNTHWAITÉ (1948) PET parametrizációja alapján az 1901–1930 és az 1971–2000 közötti időszakra vonatkozóan az 1. ábrán látható.

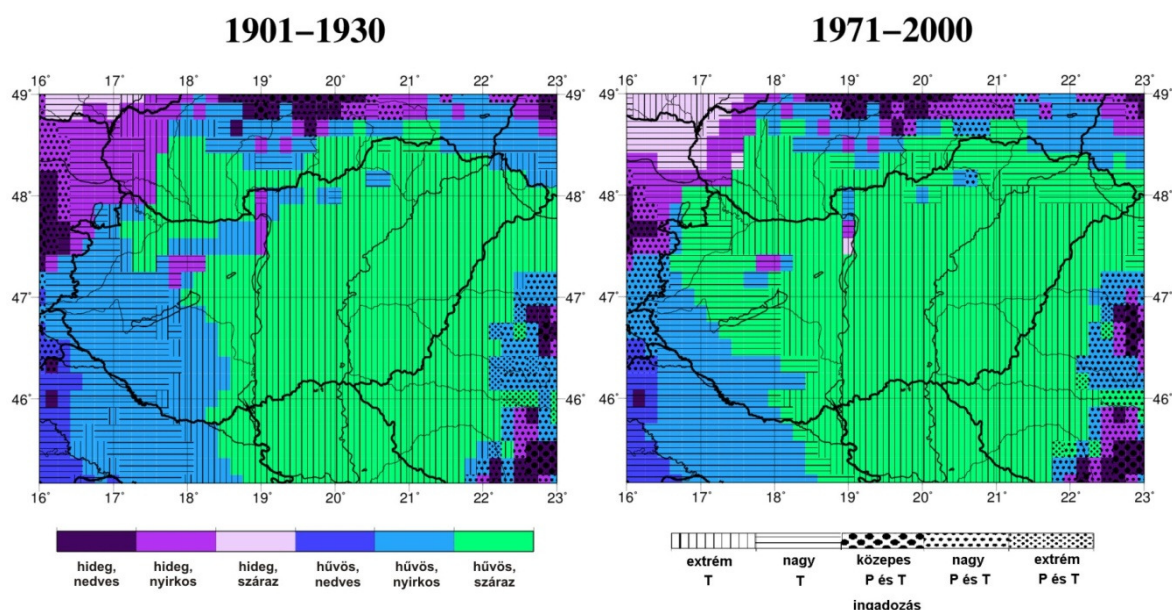


1. ábra: Magyarország éghajlata Feddema éghajlat-osztályozása és Thornthwaite (1948) PET parametrizációja alapján a) az 1901–1930, b) az 1971–2000 közötti időszakra vonatkozóan

E parametrizáció alapján hazánkban a klíma hűvös, száraz, valamint hűvös, nyirkos. Csak a Bükk térségében volt hideg, nyirkos az 1901–1930 közötti időszakban. A hűvös, száraz típus meghatározó az ország jelentős részén: az Alföldön, a Mezőföldön, a Kisalföldön valamint a Dunántúli-dombság és az Északi-középhegység egyes részein. A hűvös, nyirkos klímátípus előfordul az ország délnyugati részén, valamint az Északi-középhegységben. A 20. században egyértelmű a száraz éghajlat nyirkossal szembeni térnyerése, ez főként Dunántúl területén jelentős, de az Északi-középhegységben is megfigyelhető. Megemlítenéd, hogy a Bükk is hűvössé válik, így hazánk éghajlata – hőellátottságát illetően – homogénne válik a század végére.

Ami a szezonalitást illeti egyértelmű a hőmérséklet extrém és nagy szezonalitása. A hőmérséklet és a csapadék együttes szezonalitása csak az ország nyugati határa mentén – kis területen a Vasi-Hegyhátnál – figyelhető meg a század elején. E szezonalitás térnyerése megfigyelhető a század végén országunk nyugati részén, valamint az Északi-középhegységben is.

A Priestley-Taylor-féle PET parametrizáció (PRIESTLEY-TAYLOR, 1972) alkalmazásával kapott éghajlattípusok területi eloszlását a 2. ábra szemlélteti.



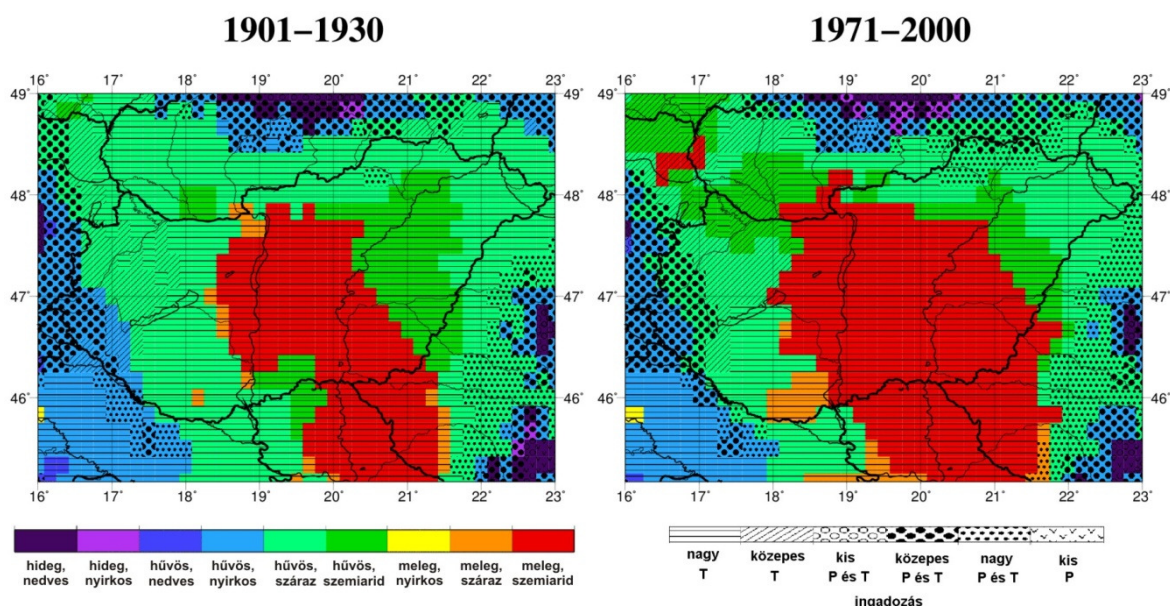
2. ábra: Magyarország éghajlata Feddema éghajlat-osztályozása és Priestley-Taylor (1972) PET parametrizációja alapján a) az 1901–1930 és b) az 1971–2000 közötti időszakra vonatkozóan

Összevetve Thornthwaite parametrizációjával láthatjuk, hogy a klímátípusok területi eloszlása jelentős hasonlóságot mutat. Ez főként a hűvös, száraz, valamint a hűvös, nyirkos típusok területi eloszlásában mutatkozik meg. Itt is megjelenik a hideg, nyirkos típus, de más helyen, nem a Bükkben, hanem a Dunántúli-középhegységben, főként a Bakony területén, valamint Sopron térségében. Ami az időbeli változást illeti, szintén a hűvös, száraz típusnak a hűvös, nyirkos típussal szembeni térnyerése a jellemző.

A szezonális tekintetben nincs lényeges különbség. Priestley-Taylor alapján is a hőmérséklet extrém és nagy szezonalitása a jellemző. A csapadék és a hőmérséklet együttes szezonalitása szintén megfigyelhető, ugyanazokon a területeken.

3.2 Antal- és Hargreaves-féle PET

Az Antal és Hargreaves PET parametrizációkkal kapott eredmények legfontosabb jellemzője az, hogy megjelenik a meleg klímátípus, ami a $900 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ feletti PET értékeknek köszönhető. Megemlítendő az is, hogy a víz-ellátottsági kategóriák között megjelenik a szemiárid kategória is. A 3. ábra az Antal-féle parametrizációval (ANTAL, 1968) kapott eredményeket szemlélteti.



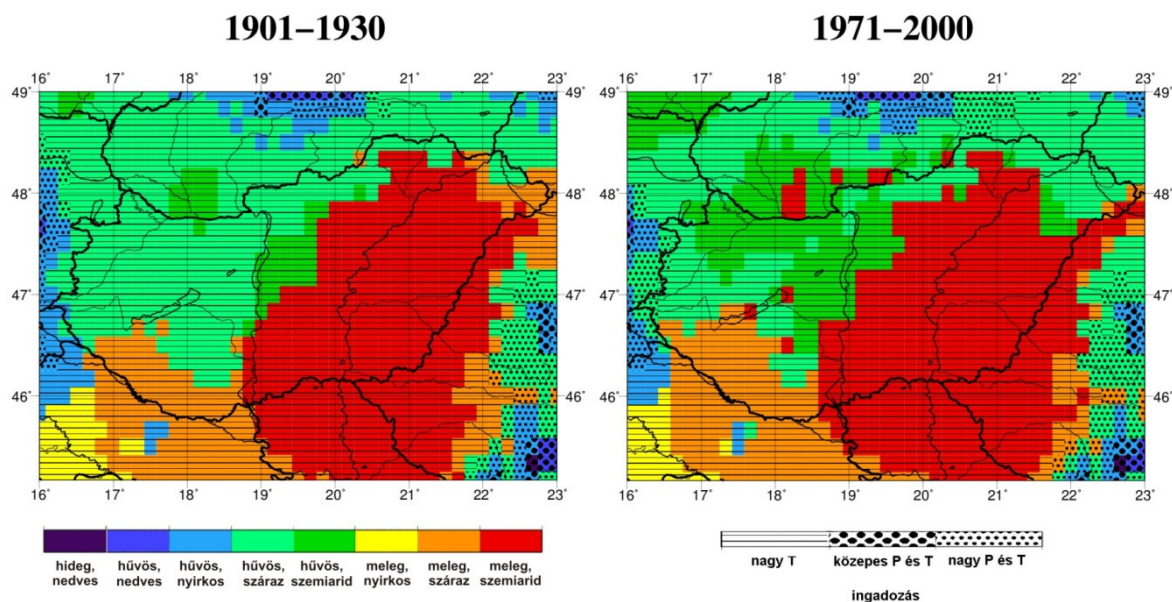
3. ábra: Magyarország éghajlata Feddema (2005) éghajlat-osztályozása és az Antal (1968) PET parametrizációja alapján az a) 1901–1930 közötti, és b) az 1971–2000 közötti időszakra vonatkozóan

Thornthwaite-hoz képest a legfőbb különbség az, hogy megjelenik a meleg klímátípus Mezőföldön, Duna-Tisza közén, valamint Maros-Körös közén. Főként a meleg, szemiárid típus a jellemző, de a száraz kategória is megtalálható. Az ország jelentős részében így is a hűvös klímátípus az uralkodó. A hűvös, szemiárid típus Alföld egyes területein fordul elő. A Dunántúlon, az Északi-középhegységben és a Nyírség területén főként a hűvös, száraz típus a jellemző. A délnyugati-nyugati országrészben megjelenik a hűvös, nyirkos típus is. Az idő múlásával megfigyelhető a melegedés folyamata (a meleg klímátípus hűvössel szembeni térnyerése), főként az Alföldön és a Dunántúli-dombság területén. A szárazodás folyamata is megfigyelhető az országunk délnyugati részében.

A szezonalitást illetően, a hőmérséklet nagy és közepes szezonalitása a jellemző. A közepes mértékű szezonális hőmérséklet főként országunk északnyugati-nyugati részében vehető észre.

A csapadék (P) és a hőmérséklet (T) közepes mértékű szezonalitása az országunk nyugati részében jelenik meg, amely a század végére már nagyobb kiterjedésű és megjelenik az Északi-középhegységben is. Itt viszont már a P és a T nagy szezonalitása is jellemző.

A Hargreaves-féle PET parametrizációval (HARGREAVES, 1982) kapott éghajlati képet a 4. ábra mutatja.



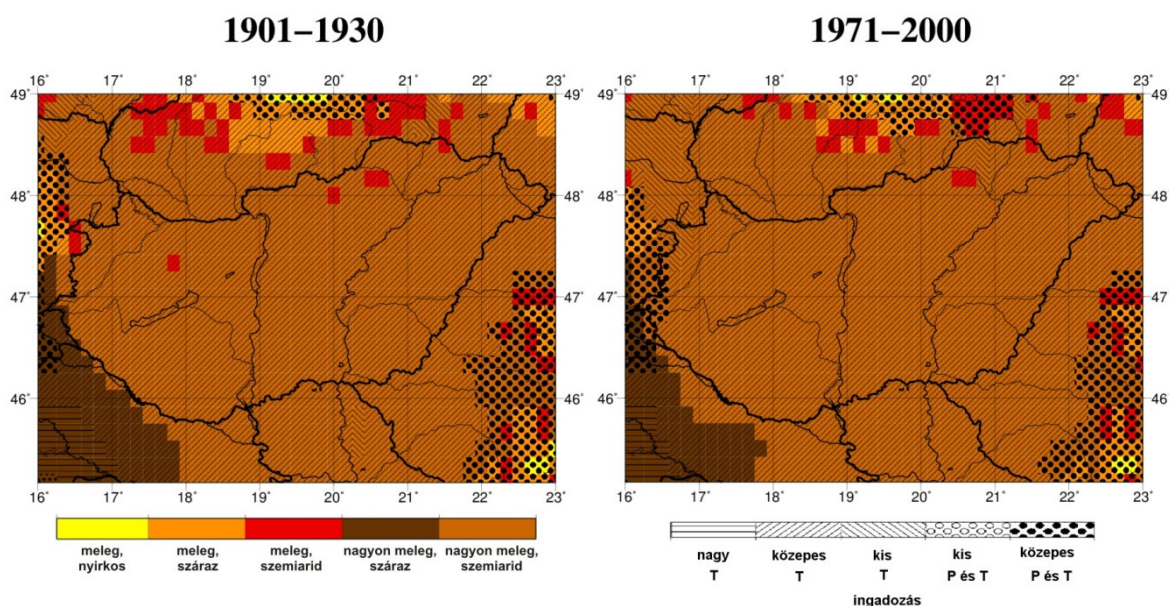
4. ábra: Magyarország éghajlata Feddema éghajlat-osztályozása és a Hargreaves-féle PET parametrizációja alapján a) az 1901–1930 közötti és b) az 1971–2000 közötti időszakra vonatkozóan

Jelentős különbség Antalhoz képest az, hogy a meleg, szemiárid klímátípus területi kiterjedése igen nagy, jelen esetben Tisza mentén egészen a Nyírségig terjed. Meleg, száraz típust a Dunántúli-dombság területén valamint a Nyírségben találunk. Látható, hogy itt már nem beszélhetünk a hűvös klímátípusok dominanciájáról, területi kiterjedésük közel azonos a meleg típusúak kiterjedésével. Hűvös, szemiárid típust találunk a Duna-Tisza közén. A Dunántúl és az Északi-középhegység éghajlata a hűvös, száraz éghajlatként jellemezhető. Nyirkos éghajlat országunk nyugati részében fedezhető fel egészen kis területen, mely a század végére el is tűnik. A század során a meleg, szemiárid és a meleg, száraz típusok egyre nagyobb területen fordulnak elő. Lényeges változásként említendő még a Dunántúl szárazodása, ami a hűvös, szemiárid klímátípus térszerkezetében mutatkozik meg.

Szezonális tekintetben nagy homogenitás mutatkozik, mivel a század elején az ország egész területén a hőmérséklet nagy ingadozása a jellemző. A csapadék és hőmérséklet együttes szezonális változása a század végén jelenik meg kis területen a nyugati országrészben.

3.3 Blaney-Criddle-féle PET

A BLANEY-CRIDDLE (1977) parametrizáció alkalmazásával az előbbi eredményektől jelentősen eltérő eredményeket kaptunk, ugyanis megjelenik a „nagyon meleg” hőellátottsági kategória, amikor az évi PET 1200 mm feletti. E parametrizációval kapott éghajlattípusokat az 5. ábra szemlélteti.



5. ábra: Magyarország éghajlata Feddema éghajlat-osztályozása és a Blaney- Criddle PET parametrizációja alapján a) az 1901–1930 közötti, b) az 1971–2000 közötti időszakra vonatkozóan

Látható, hogy e PET parametrizáció alapján hazánk klímája nagyon homogén, mivel – pár területtől eltekintve – nagyon meleg, szemiarid típusú. Nedvességbeli különbségek egészen kis területen mutatkoznak, országunk nyugati részén a száraz típus megjelenésével. A század elején eltérő hő-ellátottsági kategóriájú terület a Bakony, a Mátra, a Bükk és a Zempléni-hegység. A század végén még nagyobb homogenitást figyelhetünk meg a száraz típus megszűnésével, és a meleg típus is csak a Bükkben és a Zempléni-hegységben figyelhető meg.

A szezonaritást illetően az 1901–1930 közötti időszakban teljes a homogenitás, ugyanis az egész ország területén a hőmérséklet közepes mértékű ingadozása a jellemző. Az 1971–2000 közötti időszakban a hőmérséklet ingadozása már kismértékű az Északi-középhegységben és az országunk északnyugati részeiben. A század végén a hőmérséklet mellett a csapadék közepes mértékű ingadozása is észrevehető az ország nyugati részeiben.

3.4 A PET értékek verifikációja mérési adatok alapján

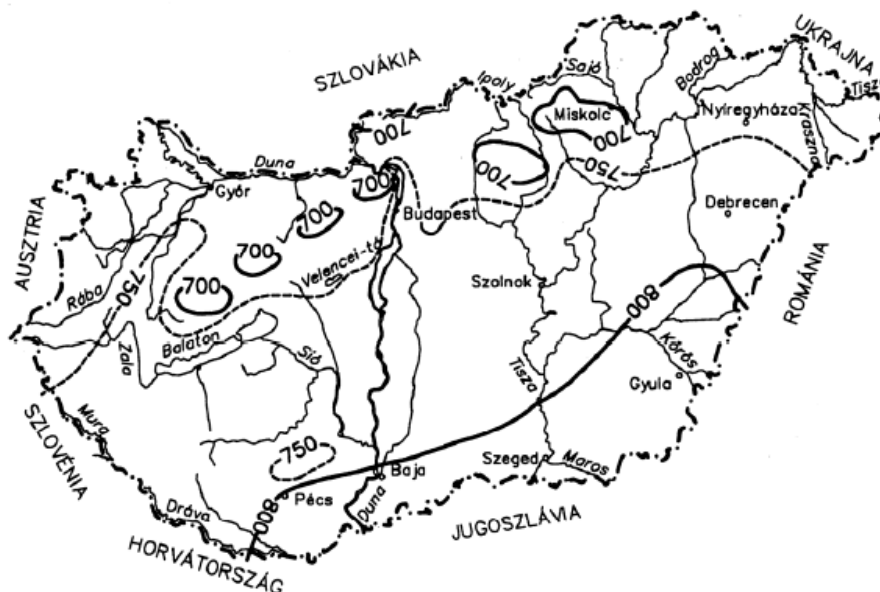
Hazánkban az „U” párolgásmérő káddal kapott eredményeket a 6. ábra szemlélteti. Az ábra alapján elmondható, hogy az értékek 550 és 850 mm·év⁻¹ közöttiek. A legnagyobb értékek az ország délkeleti valamint középső részét jellemzik, itt 800 és 850 mm·év⁻¹ közöttiek. A legmagasabb érték a Maros-Körös-közén jelenik meg. Az északnyugati országrészen valamint az Északi-középhegységben 600 és 750 mm·év⁻¹. A Dunántúlon nyugat felé haladva csökken, 750 mm·év⁻¹-től egészen 550 mm·év⁻¹-ig. A legkisebb értéke tehát a nyugati országhatár mentén, az Őrség területén található. A PET eloszlása a csapadék területi eloszlását fordítottan követi, ahol a legalacsonyabb a csapadék ott a legnagyobb a kádpárolgás (MERSICH *et al.*, 2001).



6. ábra: Az „U” típusú évi átlagos kádpárolgás területi eloszlása Magyarországon (mm·év⁻¹) (Stelczer, 2000)

A liziméteres mérésekkel kapott potenciális evapotranszpiráció értékeket a 7. ábra szemlélteti. Láthatjuk, hogy a liziméteres mérésekkel kapott értékek 700 és 800 mm·év⁻¹ között változnak, területi eloszlásuk eltér az „U” típusú kádakkal kapott területi eloszlástól. A legmagasabb értékek, a 800 mm·év⁻¹ feletti, az ország déli részén figyelhetők meg, Pécs-től egészen a Körös folyóig. Az országban többnyire a 750 és 800 mm·év⁻¹ közötti értékek a jellemzők, főként a Dunántúli-dombságon, a Duna-Tisza közén és a Tiszántúl középső részén. Ennél kisebb értékek az északkeleti valamint északnyugati országrészben fordulnak elő. A Dunántúli középhegységben és az Északi-középhegységben már 700 mm·év⁻¹ körüli értékek is

megtalálhatóak. A liziméteres eloszlás inkább a hőmérséklet, illetve a napsütéses órák számának területi eloszlását követi (MERSICH *et al.*, 2001).

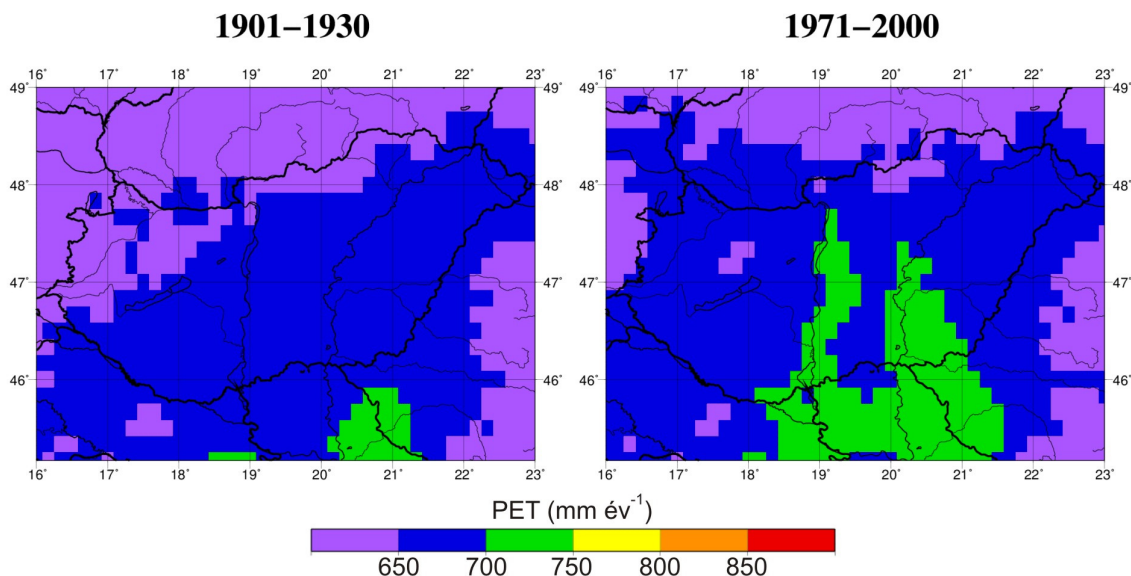


7. ábra: A potenciális evapotranspiráció sokévi átlagértékei Magyarországon ($\text{mm} \cdot \text{év}^{-1}$) (Stelczer, 2000)

A következőekben a számított PET értékeket fogjuk összehasonlítani a fenti mérési eredményekkel. A 8. ábrán a Thornthwaite féle évi PET értékeket láthatjuk. Az ábra alapján elmondható, hogy a század elején az ország igen nagy részében az évi PET értékek 650–700 mm körüliek. Az Északi-középhegységben, a Dunántúli-középhegységben és a nyugati országrészen $650 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ alatti értékek is előfordulnak. A század végére egyre több területen található 650 és $700 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ közötti érték, a változás az északnyugati országrészben a legszembetűnőbb, de az Északi-középhegységben is jelentős. Fontos kiemelni, hogy a Duna vonalán és a Maros-Körös-közénél már 700 és $750 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ közötti értékek is vannak. A 6. és 7. ábrán látható mérésekkel összevetve az tapasztalható, hogy az értékek kisebbek. Az eltérés a déli országrészen kb. $100\text{--}150 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$, az ország többi területén kb. $50\text{--}100 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$. Területi eloszlásban hasonlóságot találunk, a legnagyobb érték a délkeleti országrészben található és a hegységekben a PET értékei kisebbek, mint az ország többi területén.

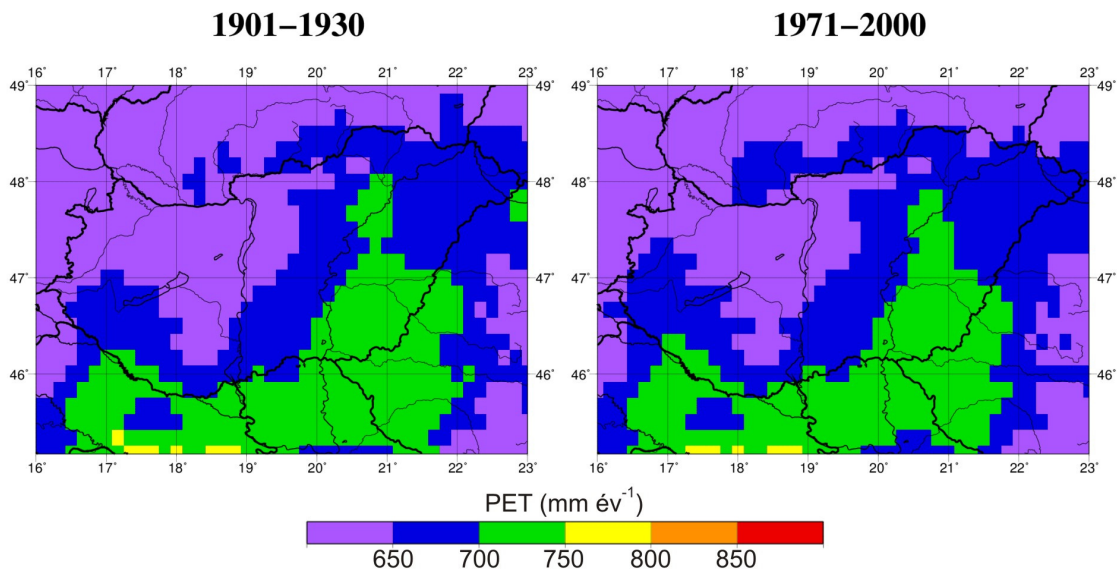
A Priestley-Taylor-féle parametrizáció alapján számított PET területi eloszlása (9. ábra) alapján hazánkban a XX. században $750 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ alatti PET értékek fordultak elő. Az Alföld és a Dunántúli-dombság egyes területein 650 és $750 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ közötti értékek a tipikusak. A legnagyobb érték szintén a Maros-Körös-közénél található. Az Északi-középhegység és a Dunántúl jelentős részén $650 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ alatti értékek a jellemzők. Lényeges időbeli változást nem említhetünk. A mérésekkel összevetve a korábbiakhoz hasonlóan

elmondható, hogy az értékek néhol kisebbek, mivel az ország legtöbb területén $650 \text{ mm}\cdot\text{év}^{-1}$ alatti értékek szerepelnek, ezeken a területeken a méréseknél $700\text{--}750 \text{ mm}\cdot\text{év}^{-1}$ -es értékek fordultak elő. A délkeleti országrészen a mérések $800\text{--}850 \text{ mm}\cdot\text{év}^{-1}$ -es értékeket adtak, ezzel szemben itt $700\text{--}750 \text{ mm}\cdot\text{év}^{-1}$ közötti eredményeket kaptunk. Területi eloszlásban szintén hasonló a mért értékekkel.



8. ábra: A Thornthwaite (1948) parametrizáció alapján kapott PET értékek

a) az 1901–1930 közötti, b) az 1971–2000 közötti időszakokra vonatkozóan

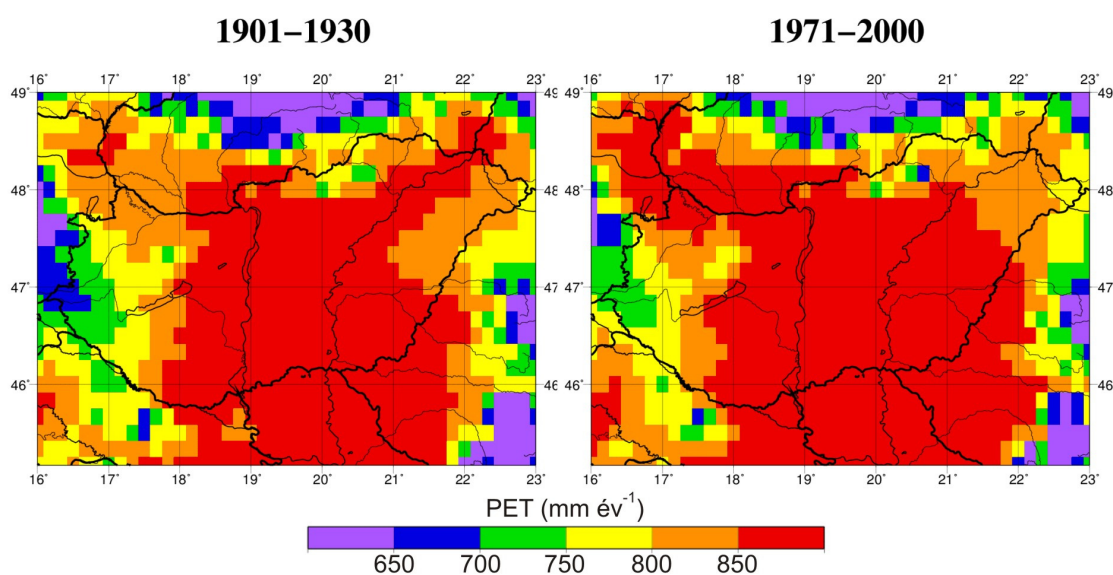


9. ábra: A Priestley-Taylor (1972) parametrizáció alapján kapott PET értékek

a) az 1901–1930 közötti, b) az 1971–2000 közötti időszakokra vonatkozóan

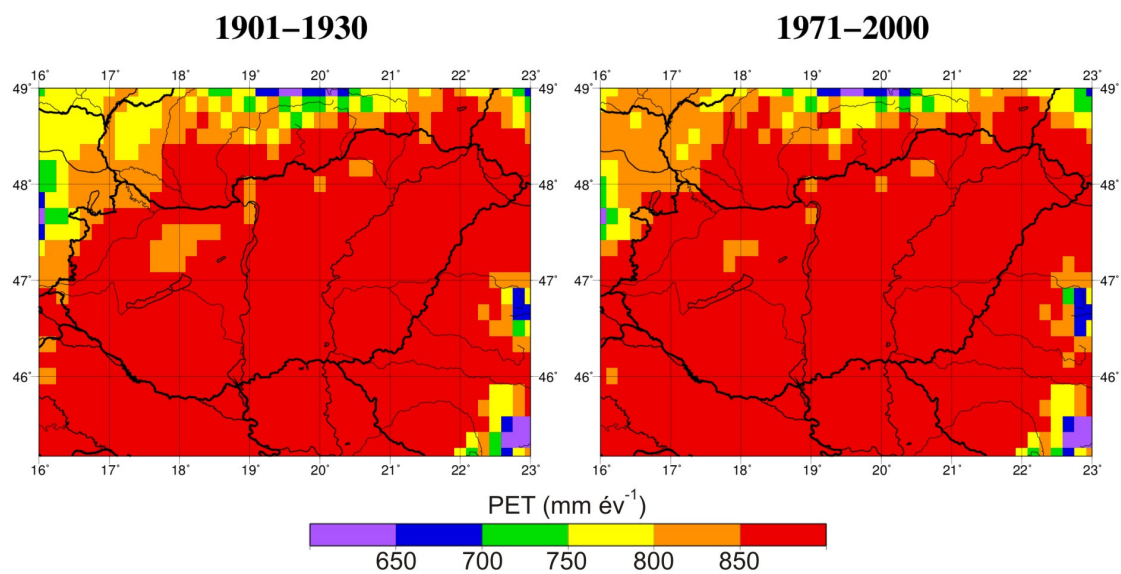
A 10. ábra az Antal PET parametrizációval kapott értékeket szemlélteti. Látható, hogy az eddigiektől lényegesen eltérő eredményt kaptunk. Az ország jelentős részén a PET

nagyobb, mint $850 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$. Ez jellemző az Alföld nagy részén, de a Dunántúlon is jelentős területen. $850 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ alatti értékek főként az Északi-középhegységben ($700\text{--}850 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$) és a Dunántúlon ($650\text{--}850 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$) jellemzők. A Dunántúlon szembeűnő a nyugati irányú csökkenés. Itt a század elején $650\text{--}700 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$, míg a század végén a $750\text{--}800 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ értékek a tipikusak. A Dunántúl területén egyre több helyen található $850 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ feletti érték is. A mérésekkel összevetve látható, hogy hasonló értékeket kapunk, de területi eloszlásban látványos eltérés tapasztalható. A parametrizáció esetében a $850 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ feletti értékek területi kiterjedése sokkal nagyobb, valamint olyan területeken is előfordulnak, ahol a mérések szerint a PET értékek kisebbek. Megemlítendő, hogy a Dunántúl valamint az Északi-középhegység egyes területein hasonlóság is van a parametrizált és a mért értékek között.



10. ábra: Az Antal (1968) parametrizáció alapján kapott PET értékek
a) az 1901–1930 közötti, b) az 1971–2000 közötti időszakra vonatkozóan

A 11. ábrán a Hargreaves PET parametrizációval kapott értékek láthatóak. A Hargreaves-féle értékek $800 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ feletti. 800 és 850 mm közötti éves PET értékek csupán a Dunántúli-középhegységben és az Északi-középhegységben fordulnak elő. Az ország többi területén 850 mm feletti az éves PET, tehát a területi eloszlásuk szinte homogénnek vehető. A század folyamán sincsenek jelentős változások. A mérésekkel történő összevetésük, a fentiek miatt nem is indokolt.



11. ábra: A Hargreaves (1982) parametrizáció alapján kapott PET értékek
a) az 1901–1930 közötti, b) az 1971–2000 közötti időszakra vonatkozóan

A Blaney-Criddle-féle PET parametrizációval kapott eredményeknél (5. ábra) láthattuk, hogy meleg és a nagyon meleg típusok fordultak elő, azaz az ország egész területén 900 mm·év⁻¹ feletti PET értékek a jellemzők. Így a mérésekkel való összevetésük nem indokolt.

4. Összegzés

E tanulmányban Feddema éghajlat-osztályozásának érzékenységét vizsgáltam a potenciális evapotranszspiráció parametrizálására. Feddema módszerében a PET-et THORNTHWAITE (1948) alapján becsülik. E munkában Thornthwaite mellett Antal, Blaney-Criddle, Hargreaves és Priestley-Taylor parametrizációit is használtam. A kapott eredményeket – klímaterképek formájában – a XX. század elejére (1901–1930) és végére (1971–2000) mutattam be.

A referenciának nevezhető Thornthwaite és az ismert Priestley-Taylor módszere hasonló eredményeket adott. E parametrizációk alapján hazánk klímája hűvös és – ugyan kis területen – hideg. A nedvességi karakterisztikákat illetően hazánkban van száraz, nyirkos és nedves kategória is. Mindkét parametrizáció esetén hazánk éghajlatát a hűvös, száraz típus uralja. A 20. században a délnyugati országrész szárazodása figyelhető meg. Antal és Hargreaves esetében az éghajlati kép megváltozott. Hőellátottságot illetően a meleg ($900 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ feletti PET értékek), míg a vízellátottságot illetően a szemi-arid kategória az új kategória. Antal esetében a hűvös, száraz éghajlat a domináns, szemben Hargreaves parametrizációjával, ahol a meleg, szemi-arid éghajlat az uralkodó. Antal esetében melegeedés figyelhető meg az Alföld területén a 20. században. Hargreaves esetében a 20. században a Dunántúl északi részének szemi-ariddá válása a legjelentősebb folyamat, azaz itt inkább a vízellátottság változik. Blaney-Criddle esetében az éghajlati kép teljesen más, mivel az évi PET $1200 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$ feletti. E parametrizációval az éghajlat területi változatossága jelentősen csökken. Az ország egész területén – eltekintve néhány kisebb területtől – a nagyon meleg, szemi-arid klíma a jellemző. A XX. század folyamán e kép gyakorlatilag nem változott.

Munkámban továbbá összehasonlítottam a különböző parametrizációkkal kapott értékeket az „U” kádas és liziméteres mérési eredményekkel is. Az összehasonlítás megmutatta, hogy a Thornthwaite és a Priestley-Taylor parametrizációk mutatták a legtöbb hasonlóságot a mérésekkel, de megemlíteném, hogy az éves PET a méréseknél átlagosan kisebb volt. A déli-délkeleti országrészen ez az eltérés kb. $100\text{--}150 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$, az ország többi területén kb. $50\text{--}100 \text{ mm} \cdot \text{év}^{-1}$. Az Antal-féle parametrizáció esetében hasonlóság nem állt fenn, csupán az Északi-középhegységben és a Dunántúl területén kaptunk egyezéseket. Hargreaves és Blaney-Criddle esetében szintén nem volt kimutatható hasonlóság. Ezekben az esetekben az évi PET jelentősen meghaladta a mért értékeket.

E számítások fő tanulsága az, hogy Feddema módszerét nem csak az indexek számítása, hanem a PET parametrizálása is nagymértékben meghatározza. Meggyőződhattünk arról is, hogy a PET mérése és parametrizálása komplex feladat, ez – többek között, mint ahogy láthattuk – nagy bizonytalanságot visz bele az éghajlatunk megismerhetőségébe is.

5. Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni, Dr. habil. Ács Ferencnek körültekintő útmutatásaiért és számos szakmai tanácsáért.

Köszönet illeti Breuer Hajnalkát, aki bármilyen problémámat rövid idő alatt orvosolta és mindvégig hasznos tanácsokkal látott el.

6. Irodalomjegyzék

- ÁCS F., BREUER H., 2012: Biofizikai éghajlat-osztályozási módszerek. – *ELTE, Meteorológiai Tanszék elektronikus kiadványa*, Budapest, 246 pp.
- ANTAL E., 1968: Új módszer a potenciális evapotranszspiráció kiszámítására. Beszámolók az 1967-ben végzett tudományos kutatásokról. – *OMI Hiv. Kiadv. XXXIV. Köt.*, pp. 414-430
- BERÉNYI N., 1943: Magyarország Thornthwaite rendszerű éghajlati térképe és az éghajlati térképek növényföldrajzi vonatkozásai. – *Időjárás*, 47. pp. 81–91., 117–125.
- BLANEY, H. F., CRIDDLE, W.D., 1950: Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. – *USDA SCS Techn. Pap.* No 96
- CARTER, D. B., MATHER, J. R., 1966: Climatic classification for environmental biology. – *Publications in Climatology*, 19. pp. 305-395.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O, 1977.: Guidelines for predicting crop water requirements. – *FAO Irrigation and Drainage Paper* no. 24, Rome
- FÁBIÁN Á. P., MATYASOVSKY I., 2010: Analysis of climate change in Hungary according to an extended Köppen classification system, 1971-2060. – *Időjárás*, 114. pp. 251-263
- FEDDEMA, J. J., 2005: A revised Thorntwaite-type global climate classification. – *Physical Geography*, 26. pp. 442-466.
- FRIESLAND, H.; K.-C. KERSEBAUM; F.-J. LÖPMEIER, 1998: Operational use of irrigation models using medium range weather forecast. – *COST 711 Report Operational applications of meteorology to agriculture, including horticulture*, 79 p.
- HARGRAVES, G. H., Z. A. SAMANI, 1982: Estimating PET – *Tech Note, J. Irrig. Drain Eng.*, vo. 108, no. 3 pp. 225-230.
- HARGRAVES, G. H., Z. A. SAMANI, 1985: Reference Crop Evapotranspiration from Temperature – *Appl. Eng. Agric.*, vol 1, no. 2, pp. 96-99.
- HOLDRIDGE, L. R., 1947: Determination of world plant formations from simple climatic data. – *Science*, 105. pp. 367-368.
- HOLDRIDGE, L. R., 1967: Life zone ecology. – *Tropical Science Center*, San Jose, Costa Rica. 206 p.
- KÖPPEN, W., 1900: Versuch einer Klassifikation der Klimata, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzen. – *Geograph. Zeitschr.*, 6. pp. 593–611, 657–697.

- KÖPPEN, W., 1923: Die Klimate der Erde, Grundriss der Klimakunde. – *Walter de Gruyter*, Berlin.
- MITCHELL, T. D., CARTER, T. R., JONES, P. D., HULME, M., NEW, M., 2004: A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901-2000) and 16 scenarios (2001-2100). – *Tyndall Centre Working Paper*, 55. pp. 2-7.
- MERSICH I., PRÁGER T., AMBRÓZY P., HUNKÁR M., DUNKEL Z., 2001: Magyarország éghajlati atlasza – *Országos Meteorológiai Szolgálat*, Budapest, 108 p.
- PRIESTLEY, C.H.B.; R.J. TAYLOR, 1972: On the assesment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. – *Mon. Wea. Rev.*, 100: pp. 81–92.
- RÉTHLY A., 1933: Kísérlet Magyarország klímaterképének szerkesztésére a Köppenféle klímabeosztás értelmében. – *Időjárás*, 9. pp. 105–115.
- SCHRÖDTER, H., 1985: Verdunstung: anwendungsorientierte Meßverfahren und Bestimmungsmethoden. – *Springer*, Berlin, 186 pp.
- SKARBIT N., 2012: Magyarország éghajlata a XX. században Feddema módszere alapján. – *Szakdolgozat*, Budapest. 35 p.
- Stelczer K., 2000: A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai. – *Egyetemi és főiskolai tankönyv*, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest. 89 p.
- SZELEPCSÉNYI Z., BREUER H., ÁCS F., KOZMA I., 2009: Biofizikai klímaklasszifikációk. 2. rész: magyarországi alkalmazások – *Légkör*, 54 évf., 4. szám, 18–24.
- SZELEPCSÉNYI Z., 2012: A Kárpát-medence éghajlata a XX. században Holdridge életforma rendszere alapján. – *OFKD dolgozat*, Veszprém. 33 p.
- THORNTHWAITTE, C.W., 1931: The climates of North America according to a new classification. – *Geogr. Rev.* 21. pp. 633-655.
- THORNTHWAITTE, C.W., 1948: An approach toward a rational classification of climate. – *Geogr. Rev.*, 38. pp. 5–94.
- WILLMOTT, C. J., FEDDEMA, J. J., 1992: A more rational climatic moisture index. – *The Professional Geographer* 44. pp. 84-88.