



ZNAČAJ METEOROLOŠKIH MERENJA U BILJNOJ PROIZVODNJI



Projekat: "Centar za upravljanje sušom u Jugoistočnoj
Evropi" – DMCSEE

"Suša – monitoring, rana pojava i procena ranjivosti"
Beograd, Srbija 26-27 april 2012. godine



Obračun vodnog bilansa, na godišnjem nivou , po metodi Thornthwaite-a
(prosečni podaci za Met. Stanicu R. Šančevi, 1964-2007)

Elementi bilansa	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Godišnje vrednosti
t (°C)	- 0,7	1,0	6,2	11,2	16,6	19,6	21,3	20,7	16,8	11,5	5,6	1,6	11,2 – 17,7
i	0,00	0,16	1,39	3,39	6,15	7,91	8,97	8,59	6,26	3,53	1,19	0,18	47,72
(ETo)	0	3,7	22,2	46,9	77,0	94,9	105	101,6	78,1	48,5	19,2	4,0	601,9
ETo (mm)	0	3	23	53	99	122	138	123	81	46	15	3	706
P (mm)	37	32	38	47	59	85	70	59	41	43	50	48	361 - 609
Δ	+20	0	0	-6	-40	-37	-17	0	0	0	+35	+45	
r (mm)	100	100	100	94	54	17	0	0	0	0	35	80	
ETa (mm)	0	3	23	53	99	122	87	59	41	43	15	3	548
m (mm)	0	0	0	0	0	0	51	64	40	3	0	0	158
v (mm)	17	29	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61

Δ = $\pm$ razlike izmedju padavina (P) i referentne evapotranspiracije (ETo) predstavljaju manjak (m) ili višak (v), pošto se utroše odnosno popune rezerve pristupačne vode (r) U ovom obračunu r iznosi 100 mm

Vodni bilans za jabuku u Vojvodini (prosek) 1990 godine

Elementi	V	VI	VII	VIII	IX	Vegetacija
t (°C)	17,4	19,9	21,3	21,5	15,1	19,0
hfti	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
ETP (mm)	92	101	112	113	77	495
P (mm)	18	70	28	15	52	183
Δ	-74	-6	0	0	0	
r (mm)	80	6	0	0	0	
ETR (mm)	92	76	28	15	52	263
m (mm)	0	25	84	98	25	232
v (mm)	0	0	0	0	0	

$$ETP_{\text{maj}} = 17,4 \text{ (srednja mesečna temp.} \times 0,17 \text{ (hfti za jabuku)} \times 31 \text{ (br. dana u maju)} = 92 \text{ mm}$$



Sa agronomskog aspekta sušu definišemo kao pojam vezan za nedovoljno snabdevanje biljaka vodom, kada je potencijalna evapotranspiracija **veća** od stvarne, bez obzira na uzroke

Činjenica da poremećaj u vodnom bilansu biljaka može da izazove ne samo deficit **lakopristupačne** vode u zemljištu, **već** i visoka temperatura i niska relativna vlažnost vazduha, koncentracija zemljišnog rastvora, stanje razvijenosti korenovog sistema biljaka, suša po svom karakteru može biti:

- zemljišna
- vazdušna
- fiziološka

Zemljišna suša: kada vlažnost u zemljištu padne ispod donje optimalne granice (vlažnost prekida kapilarne veze 3,0 b, 300 kPa – pF 3,5, lentokapilarna vlažnost 6,25 b, 625 kPa – pF 3,8) prestaje priliv **lakopristupačne** vode, usporava se porast biljaka u to se smatra **početkom zemljišne suše** iako u početku nema spoljašnjih manifestacija nedostatka vode u biljci. Što je udaljenje ove granice ka vlažnosti venjenja (15 b, 1500 kPa – pF 4,2) **veće**, nepovoljan uticaj na prinos biće izrazitiji, povezano sa vremenom trajanja ovakvog stanja vlažnosti i fazama razvića gajenih biljaka



Vazдушna suša: suvi i topli vetrovi uslovljavaju pojavu vazdušne suše – relativna vlažnost vazduha se spušta ispod 50%, u toku podnevnih časova i ispod 30%, a u isto vreme temperatura se penje na preko 30 °C U takvim uslovima i pri dovoljnim količinama vode u zemljištu dejstvo vazdušne suše je vrlo izraženo

Foziološka suša: kada se manjak vode u biljkama javlja zbog hladnog zemljišta ili visokog pritiska zemljišnog rastvora usled sadržaja soli



Hergreaves -a, indeksi obezbedjenosti vodom (Bošnjak, 2004)

$$MIOV = 75\%P/ETO$$

75%P = mesečne padavine verovatnoće učestalosti 75%

ETO = opšta potencijalna evapotranspiracija

Opšta potencijalna evapotranspiracija (ETO) koja predstavlja prosek potreba za vodom gajenih useva u jednom rejonu je obračunata korišćenjem temperature vazduha (po preporuci Hergreaves-a, 1992), bioklimatskom metodom, primenom hidrofitermičkih indeksa (Vučić 1971, Vučić i Bošnjak 1989)

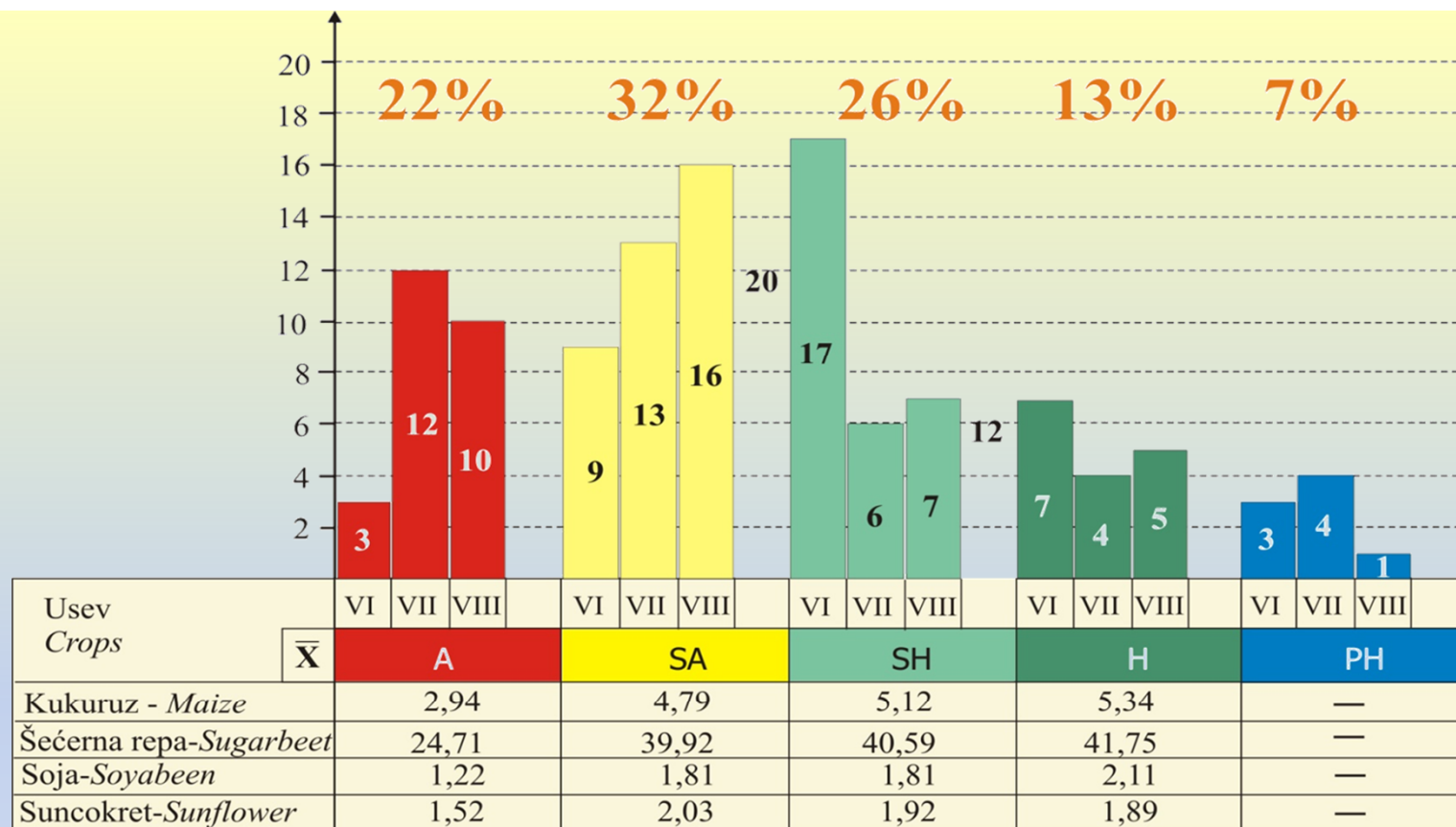
Za analizu prirodne obezbedjenosti vodom u Vojvodini izabrana su tri karakteristična reiona severni, srednji i južni, čiji su predstavnici meteorološke stanice Palić, Rimski Šančevi i Sremska Mitrovica

Mesečni indeksi obezbedjenosti vodom

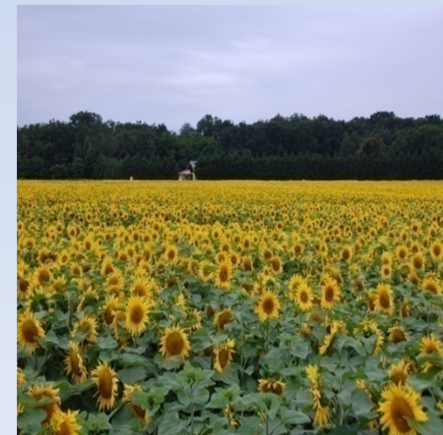
Rejon	Jun	Jul	Avgust	Jun-Avgust
Palić	0,52	0,44-0,37	0,44-0,37	0,46-0,41
R. Šančevi	0,70	0,44-0,37	0,39-0,32	0,55-0,48
Sr. Mitrovica	0,70	0,44-0,37	0,32-0,29	0,58-0,51

Klasifikacija područja u odnosu na vrednosti MIOV

Aridni	< 0,33
Semiaridni	0,33-0,66
Semihumidni	0,66-0,99
Humidni	0,99-1,33
Perhumidni	>1,33



Odnos količine padavina (VI, VII, VIII) i prinosa kukuruza, šećerne repre, soje i suncokreta (1965-2003)



$$AI = T' - P'$$

$$T' = (T - T_{bar})/s_t$$

$$P' = (P - P_{bar})/s_p$$

T = srednje mesečne temperature vazduha (°C),

P = mesečne sume padavina (mm),

T_{bar} = prosečna vrednost srednjih mesečnih temperatura vazduha u periodu ispitivanja (°C),

P_{bar} = prosečna vrednost mesečnih suma padavina u periodu ispitivanja (mm),

s_t = standardna devijacija srednjih mesečnih temperatura vazduha (°C),

s_p = standardna devijacija mesečnih suma padavina (°C)

Prinosi kukuruza u uslovima sa i bez navodnjavanja, prosečni prinosi kukuruza za Vojvodinu utrošak vode na potencijalnu (ETm) i stvarnu evapotranspiraciju (ETa), deficit lakopristupačne vode u zemljištu u periodu vegetacije, vrednosti indeksa aridnosti (AI)

Godina	Prinos – Yield (t ha ⁻¹)		Prosečne vrednosti prinosa za Vojvodinu (t ha ⁻¹)	ETm (mm)	ETa (mm)	Deficit vode (mm)	Indeks aridnosti
	Navodnjavano	Nenavodnjavano					
1997	14,060	12,160	5,69	450	409	41	-4,4
1998	10,258	9,167	4,72	461	461	-	-1,4
1999	11,441	10,501	5,35	475	442	33	-2,9
2000	13,457	8,037	2,94	495	174	321	5,6
2001	10,766	9,606	5,59	464	383	81	-3,1
2002	13,604	10,210	4,99	481	237	244	4,0
2003	13,530	9,650	3,42	520	261	259	6,0
2004	12,960	10,500	5,88	458	353	105	-0,2
2005	14,220	13,760	6,54	442	442	-	-5,8
2006	14,820	13,920	5,92	461	399	62	-1,1
2007	14,780	14,000	4,06	477	361	116	3,3
Prosek Average	13,082A	11,046B	5,01C	471	356	115	

Potrebe biljaka za vodom i evapotranspiracija

Isparavanje sa slobodne vodene površine

Potrošnja vode od strane biljaka pri optimalnoj obezbedjenosti vodom i isparavanje sa zemljišta i slobodne vodene površine podležu fizičkim zakonima isparavanja i ta činjenica je iskorišćena za utvrđivanje potreba biljaka za vodom

Iako transpiracija neosporno zavisi od uslova spoljne sredine, isto tako zavisi i od osobina biljke, i predstavlja u stvari biofizički proces, i zato ukupnu potrebu biljaka za vodom (transpiracija + isparavanje) treba smatrati samo **PRIBLIŽNO EKVIVALENTOM ISPARAVANJU SA SLOBODNE VODENE POVRŠINE**

Potrebe biljaka za vodom (PBV) se obračunavaju množenjem izmerene E_o sa korekcionim indeksom "k"

$$PBV = E_o k$$

PBV = potrebe biljaka za vodom

E_o = evaporacija sa slobodne vodene površine

k = korekcioni indeks za obračun ETP u odnosu na E_o

Za svaki tip evaporimetra i konkretne agroekološke uslove područja treba posebno odrediti vrednost k

$$k = ETP/E_o$$

Korekcioni indeksi se određuju za vegetacioni period ili podperiode vegetacije poljoprivrednih biljaka. Od velike su praktične vrednosti za pedoklimatske uslove u kojima su određeni i mogu biti pouzdan oslonac u obračunima potreba biljaka za vodom i u realizaciji racionalnog zalivnog režima.

Korekcionni indksi ETP za kukuruz i soju u odnosu na Eo iz evaporimetara (prosek za period vegetacije) (Bošnjak, 1982)

Evaporimetar		Korekcionni indksi	
Tip	lokacija	kukuruz	soja
Klase A	meteorološka stanica	0,60	0,57
Wild-a	meteorološka stanica	1,33	1,32
Piche-a	meteorološka stanica	0,51	0,51
Klasa A	pored useva kukuruza i soje	1,71	0,71
Klasa A	u usevu kukuruza	0,88	-
Klasa A	u useva soje	-	0,73

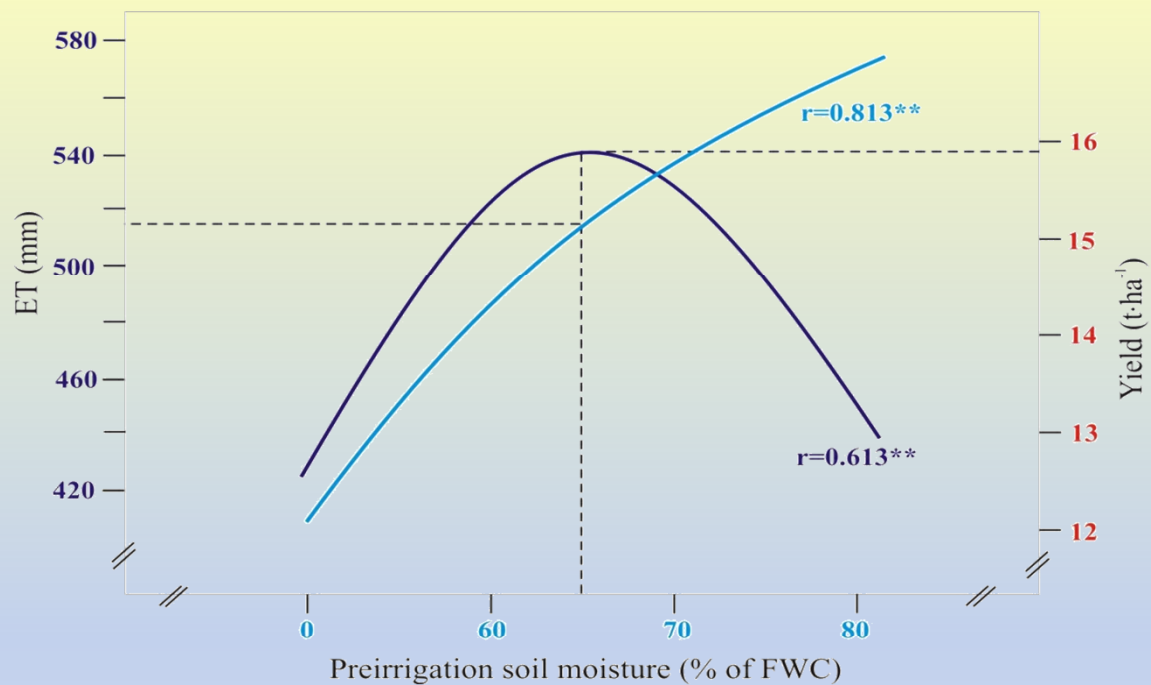


Onos izmedju ETP kukuruza i meteoroloških elemenata (Bošnjak, 1982)

Meteorološki elementi	Korelacioni koeficijenti	Jednačina regresije
Temperatura vazduha (°C)	0.890	ETP = -6.21-0.5 t
Relativna vlažnost vazduha (%)	0.676	ETP = 15.83 – 0.17 rv
Brzina vetra (m s ⁻¹)	0.615	ETP = 1.27 + 2.04 bv
Deficit vlažnosti vazduha (mb)	0.746	ETP = 0.02 + 0.52 dvv
Dužina trajanja sunca (h)	0.713	ETP = -1.97 + 0.69 dts
Globalna radijacija (MJ m ²)	0.809	ETP = -0.57 + 2.28 gr

Bioklimatski koeficijenti za kukuruz (Bošnjak, 1982)

Mesec	Temperatura vazduha (°C)	Relativna vlažnost vazduha (%)	Deficit vlažnosti vazduha (mb)	Dužina trajanja sijanja sunca (h)	Globalna radijacija (MJ m ²)
Maj	0.11	0.03	0.36	0.28	1.04
Jun	0.18	0.06	0.59	0.51	2.13
Jul	0.18	0.06	0.53	0.45	1.96
Avgust	0.18	0.05	0.55	0.44	2.11
Septembar	0.11	0.02	0.41	0.29	1.56
Prosek za vegetacioni period	0.15	0.04	0.49	0.38	1.17
Prosek za Jun, Jul i Avgust	0.18	0.06	0.56	0.47	2.07



Potrebe kukuruza za vodom u klimatskim uslovima
Vojvodine (Bošnjak, 1987)

ETP kukuruza = 450-530 mm

April	20 mm
Maj	30-70 mm
Jun	120-130 mm
Jul	110-120 mm
August	100-120 mm
Septem.	50 - 60 mm
Okt.	30 mm

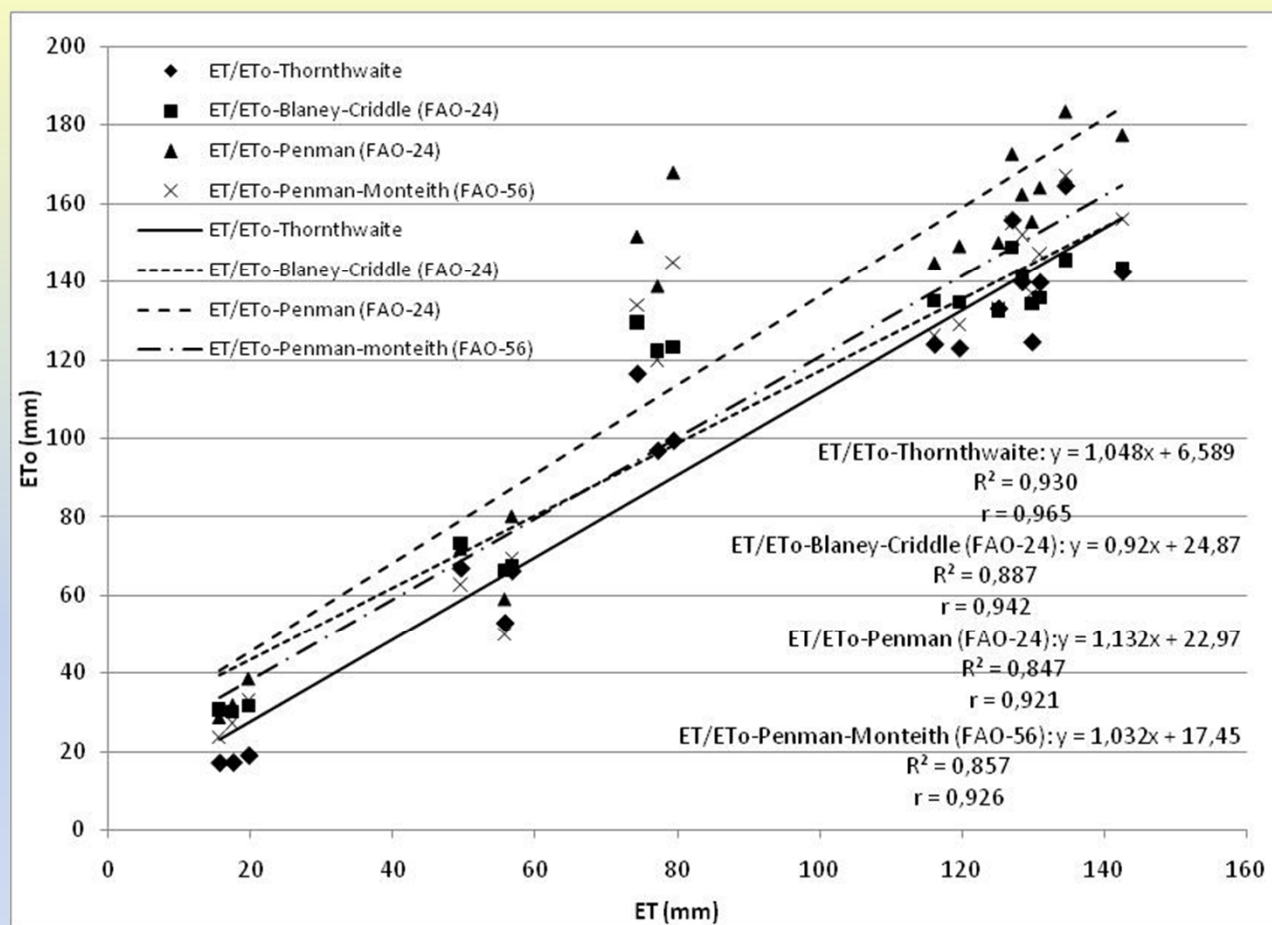


Korekcionni indksi (k_i) za prevodjenje vrednosti obračunate ETo metodama Thornthwait-a i Blaney-Criddlea u utrošak vode na evaptranspiraciju kukuruza

Mesec	Thornthwaite				Blaney-Criddle			
	1992	1993	1994	Prosek	1992	1993	1994	Prosek
April	1.04	1.00	0.91	0.98	0,63	0,59	0,51	0,58
Maj	0.80	0.64	0.80	0.75	0,64	0,58	0,63	0,61
Jun	0.94	1.04	0.97	0.98	0,86	0,97	0,89	0,91
Jul	1.00	0.92	0.82	0.91	1,00	0,91	0,86	0,92
Avgust	0.82	0.94	0.94	0.90	0,93	0,95	0,97	0,95
Septembar	0.86	1.05	0.74	0.88	0,85	0,84	0,68	0,79
Prosek	0.91	0.93	0.86	0,90	0,82	0,81	0,76	0,79

Korekcionni indksi (k_i) za prevodjenje vrednosti obračunate ET metodama Penman-a i Penman-Monteith-a u utrošak vode na evaptranspiraciju kukuruza

Mesec	Penman				Penman-Monteith			
	1992	1993	1994	Prosek	1992	1993	1994	Prosek
April	0.51	0.55	0.55	0.54	0.60	0.64	0.66	0.63
Maj	0.47	0.49	0.56	0,51	0.55	0.55	0.64	0.58
Jun	0.80	0.84	0.80	0.81	0.92	0.95	0.93	0.93
Jul	0.80	0.79	0.74	0.78	0.91	0.84	0.82	0.86
Avgust	0.73	0.83	0.80	0.79	0.81	0.94	0.89	0.88
Septembar	0.71	0.94	0.69	0.78	0.82	1.12	0.79	0.91
Prosek	0.67	0.74	0.69	0,70	0.77	0.84	0.79	0,80



Odnos izmedju izmerenih i obračunatih vrednosti utroška vode na ET kukuruza (Pejić i sar., 2011)

FAO u publikaciji Doorenbos and Pruitt, 1977 predlaže da se potrebe biljaka za vodom odrede indirektnim putem, preko referentne evapotranspiracije (ET_o) koju definiše potrošnja vode od strane zelene travne površine koja kompletno pokriva zemljište, aktivno raste, uniformne je visine od 8-15 cm i razvija se u uslovima optimalne obezbedjenosti vodom

Predložene su četiri metode za obračun ET_o:

FAO-24-Penman

FAO-24-Blaney-Criddle

FAO-24-Radijaciona

FAO-24-Pan

Za odredjenu biljnu vrstu potrebe za vodom (ET_c – mm dan⁻¹) se obračunavaju množenjem biljnog koeficijenta (k_c – crop coefficient) i ET_o (mm dan⁻¹):

$$ET_c = k_c ET_o$$

Početkom 90-tih uvidja se da je neophodna revizija proračuna evapotransporacije i izmena definicije referentne kulture

Realna “živa” referentna kultura je zamenjena hipotetičkom kulturom, tako da je izmenjena i definicija referentne evapotranspiracije (ET_o) koja predstavlja evapotranspiraciju sa hipotetičke referentne kulture predpostavljene visine 0,12 cm, stalnog površinskog otpora 70 s m⁻¹ i sa albedom od 0,23 koja je bliska evapotranspiraciji sa velike površine pokrivene zelenom travom u fenofazi aktivnog rasta u uslovima bez nedostatka lakopristupačne vode

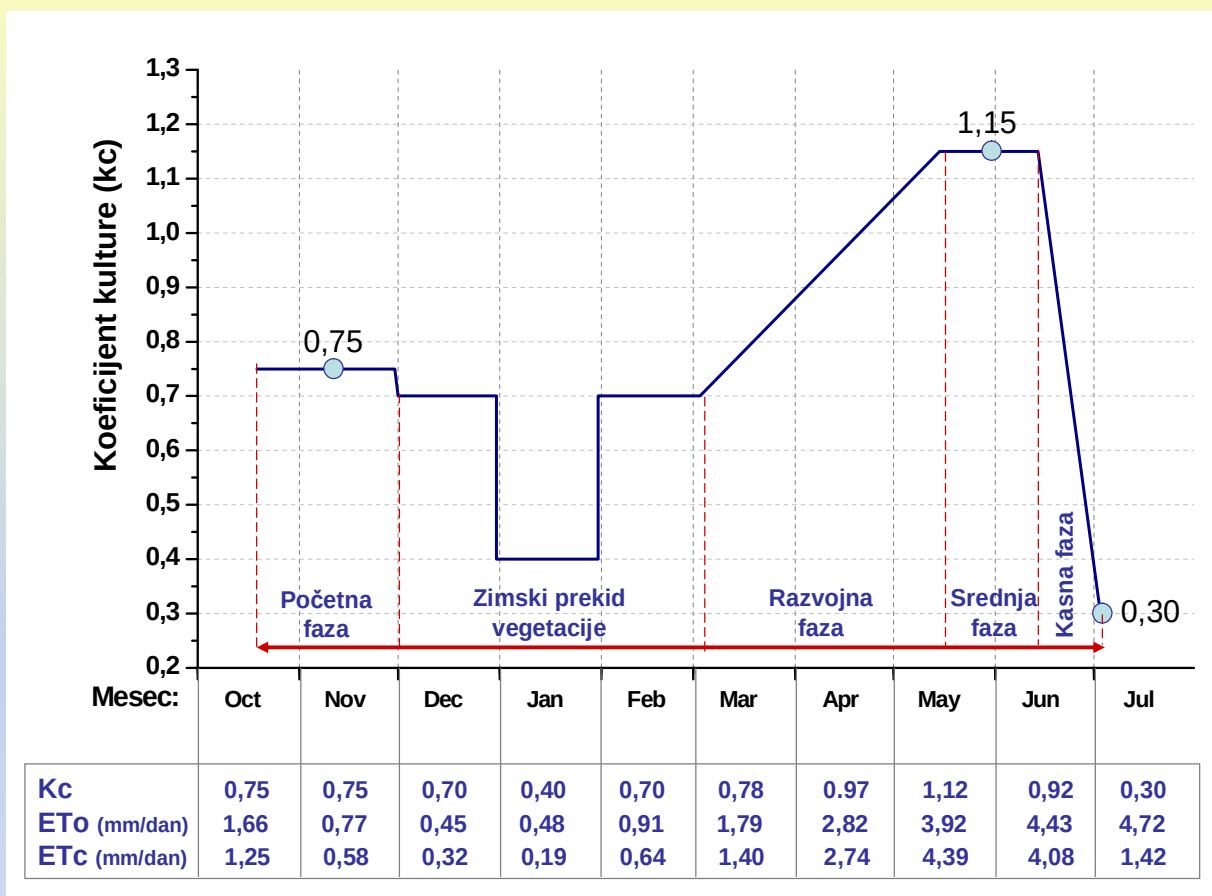
Evapotranspiracija odredjenog useva se razlikuje od referentne evapotranspiracije u onoj meri u kojoj se pokrivenost zemljišta, površinski i aerodinamički otpori te biljne vrste razlikuju u odnosu na hipotetičku referentnu kulturu

Uticaj karakteristika koje izdvajaju poljoprivredne kulture od hipotetičke referentne kulture integrisani su u koeficijent kulture (k_c)

Prosečne vrednosti k_c i potencijalne evapotranspiracije - ET_c (mm), prosečne potrebe pšenice za vodom u periodu vegetacije na Rimskim Šančevima za period 1966-2010 (Jaćimović, 2011)

Mesec	Koeficijent kulture - k_c	Srednje dnevne vrednosti			Srednje mesečne sume ET_c (mm)		
		ET_c (mm dan ⁻¹)	Min.	Max.	ET_c (mm)	Min.	Max.
Oktobar	0,75	1,25 ± 0,19	0,83	1,73	38,6 ± 5,9	25,6	53,5
Novembar	0,75	0,58 ± 0,14	0,30	0,98	17,3 ± 4,3	9,0	29,3
Decembar	0,70	0,32 ± 0,08	0,21	0,56	9,8 ± 2,5	6,5	17,4
Januar	0,40	0,19 ± 0,04	0,12	0,32	6,0 ± 1,3	3,7	9,9
Februar	0,70	0,64 ± 0,17	0,35	0,98	17,9 ± 4,8	9,8	27,4
Mart	0,78	1,40 ± 0,28	0,78	2,26	43,3 ± 8,7	24,2	70,1
April	0,97	2,74 ± 0,37	2,13	3,88	82,1 ± 11,0	64,0	116,4
Maj	1,12	4,39 ± 0,55	3,14	5,49	136,1 ± 17,0	97,2	170,1
Jun	0,92	4,07 ± 0,43	3,31	5,34	122,2 ± 13,0	99,4	160,1
Ceo veg. period	0,79	1,73 ± 0,13	-	-	473,2 ± 36,6	404,2	555,8





Kriva koeficijenata kulture za ozimu pšenicu na Rimskim Šančevima, sa prosečnim (1966-2010 god.) mesečnim vrednostima k_c , ET_o i obračunate ET_c (Jaćimović, 2011)

Za obračun referentne ET može se koristiti softver „ETo calculator, version 3.1“, razvijen od strane Land and Water Division of FAO (<http://www.fao.org/nr/climpag/>), sa glavnom funkcijom obračuna ET_o prema FAO standardima (FAO-56 PM)

ODREDJIVANJE VREMENA ZALIVANJA

Jedno od osnovnih pitanja u navodnjavanju je odredjivanje vremena zalivanja pojedinih biljaka i utvrđivanje optimalnog ili racionalnog zalivnog režima u odnosu na zemljište i klimatske uslove, nivo agrotehnike i biološke karakteristike gajenih biljaka

Vodni bilans kao osnova zalivnog režima

U promenljivim klimatskim uslovima, gde padavine variraju po količini i rasporedu, vodni bilans zemljišta je najprihvatljiviji kao osnova za odredjivanje vremena zalivanja

Za njegovu primenu neophodno je poznavati elemente vodnog bilansa, pri čemu je osnovno odrediti ETP, odnosno potrebe biljaka za vodom i to ne na globalnom nego na dnevnom nivou

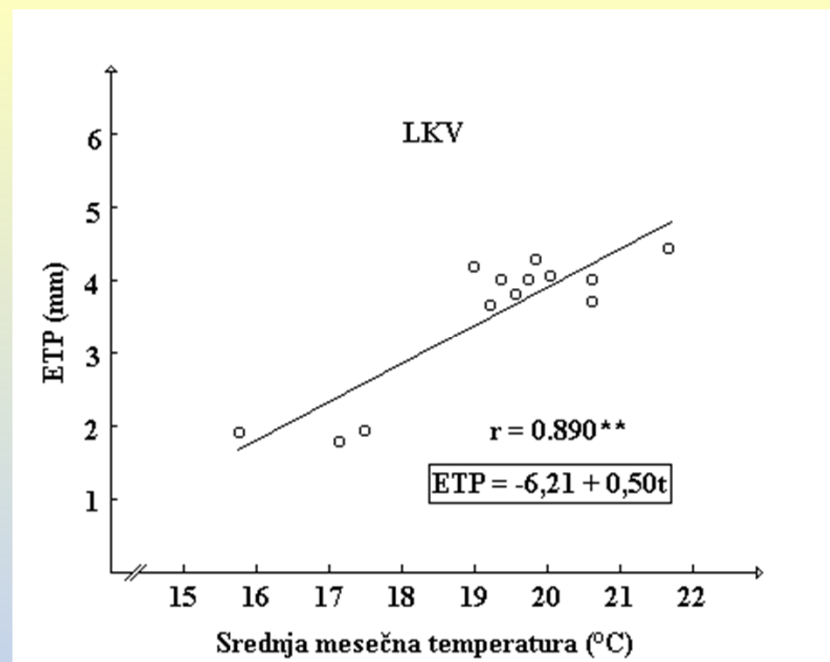
Dnevne potrebe biljaka za vodom mogu da se odrede na više načina:
Klimatskim formulama (bioklimatski metod, Vučić, 1971)

Evaporacijom vode iz evaporimetara i atmometara (korekcioni indeksi)
Merenjem ETP lizimetrima i evapotranspirometrima
Obračunom preko referentne evapotranspiracije
(E_{To} , korekcija korekcionim indeksima, k_i ili biljnim koeficijentima, k_c)

U našim klimatskim uslovima utvrđena je visoka korelacija između ETP gajenih biljaka i srednje dnevne temperature vazduha, što potvrđuje da se temperatura vazduha može pouzdano koristiti kao osnova za obračun potreba biljaka za vodom

Temperaturu vazduha je najprihvatljivije koristiti, jer je do nje najlakše doći, a takodje i zbog činjenice da njene vrednosti ne variraju značajnije u pojedinim rejonima Vojvodine

Ako se kao osnova za obračun potreba biljaka za vodom koristi temperatura vazduha onda se bioklimatski koeficijent naziva **hidrofitotermički indeks** (Vučić, 1971)



Zavisnost ETP kukuruza od temperature vazduha

Hidrofitotermički indeksi pokazuju koliko milimetara vode (m^3/ha) troše biljke na evapotranspiraciju za svaki stepen srednje dnevne temperature vazduha

Vrednosti hidrofitotermičkih indeksa nisu iste u celom periodu vegetacije Najmanje su na početku i kraju vegetacije, a najveće u letnjim mesecima i u korelaciji su sa rastom i razvićem biljaka i promenom vremenskih uslova koji uslovljavaju potrošnju vode

Utvrđeni su hidrofitotermički indeksi čije su prosečne vrednosti za period vegetacije: hmelj 0,22 (Kišgeci, 1974), šećerna repa 0,18 (Dragović, 1976), kukuruz 0,15 (Bošnjak, 1982), soja 0,16 (Bošnjak, 1983), suncokret 0,17 (Bošnjak, 1997), sudanska trava (Pejić i sar., 2005), krompir 0,19 (Bošnjak, 1994), crni luk 0,19 (Pejić i sar., 2008), jabuku 0,17 (Vučić i sar. 1981), krušku 0,16 (Bošnjak i sar. 1994), vinovu lozu 0,15-0,16 (Bošnjak, 1999) Kada se odrede za određenu biljnu vrstu hidrofitotermički indeksi imaju veliku praktičnu vrednost, jer se ETP jednostavno obračunava, bilo na dnevnom ili mesečnom nivou

Primer obračuna vremena zalivanja bioklimatskim postupkom,
 primenom hidrofitotermičkih indeksa
 (soja, Rimski Šančevi)

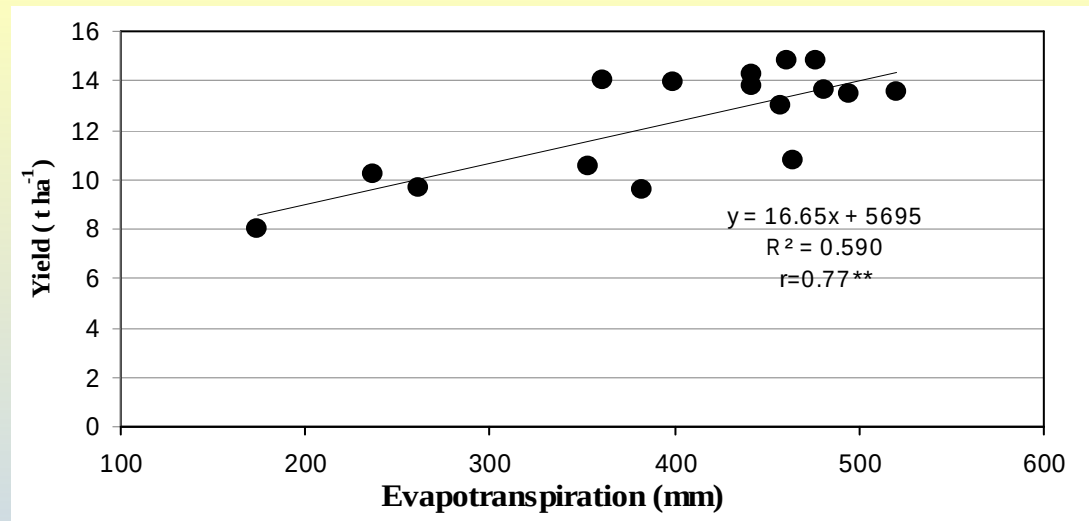
Datum	Srednja dnevna temperature vazduha (°C)	Dnevni utrošak vode na ETP (mm)	Padavine (mm) + Navodnjavanje (mm)	Sadržaj lakopristupačne vode (mm)	Procedjena voda (mm)
15. VII				25,8	
16. VII	24,1	3,8	-	22,0	
17. VII	22,1	3,5	17,3 padavine	35,8	
18. VII	20,0	3,2	-	32,6	
19. VII	21,6	3,5	-	29,1	
20. VII	23,4	3,7	1,7 padavine	27,1	
21. VII	24,0	3,8	-	23,3	
22. VII	23,8	3,8	-	19,5	
23. VII	19,9	3,2	-	16,3	
24. VII	21,3	3,4	-	12,9	
25. VII	24,5	3,9	50 navodnjavanje	59,0	
26. VII	23,8	3,8	13,4 padavine	60,0	8,6

15. VII vlažnost zemljišta do 60 cm dubine 19,32 mas.%
 Predzalivna vlažnost zemljišta (TM) za soju 16,0 mas.%
 Sadržaj lakopristupačne vode = $100 \times 0,6 \times 1,3 \times 3,32 = 25,8 \text{ mm}$
 Hidrofitotermički indeks za soju 0,16

Realna ocena stresa usled deficita vode u zemljištu u periodu vegetacije gajenih biljaka može se dobiti obračunom koeficijenta opadanja prinosa (yield response faktor – ky) koji predstavlja odnos izmedju relativnog opadanja prinosa ($1-Y_a/Y_m$) i relativnog deficita evapotranspiracije ($1-ET_a/ET_m$)

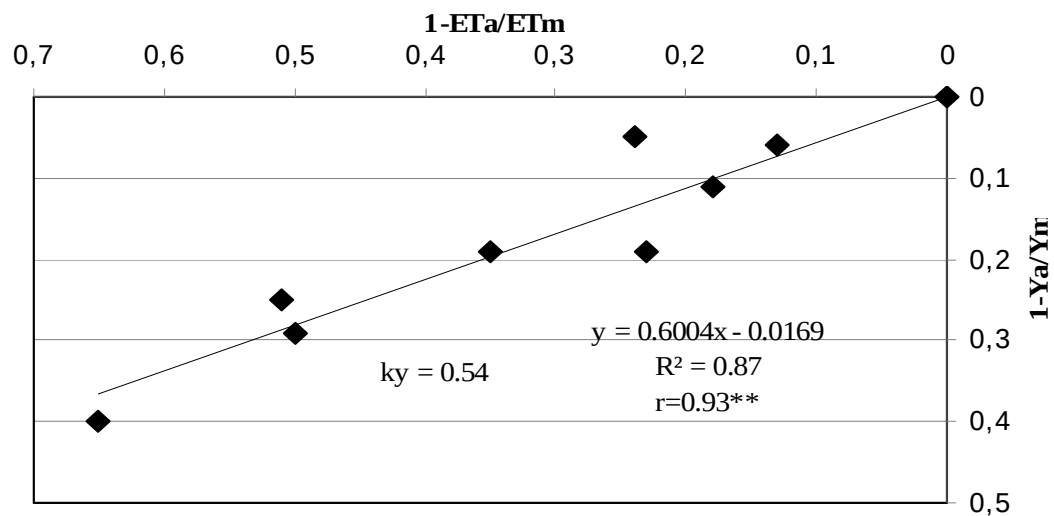
Evapotranspiracija u uslovima navodnjavanja (ET_m , mm), realna evapotranspiracija (ET_a , mm)
 prinos u uslovima navodnjavanja (Y_m , t ha⁻¹), prinos u uslovima bez navodnjavanja (Y_a , t ha⁻¹),
 količina vode dodate navodnjavanjem (I , mm), koeficijent opadanja prinosa (ky) soje
 (Pejić et al., 2011)

Godina	ET _m	ET _a	1-ET _a /ET _m	I	Y _m	Y _a	1-Y _a /Y _m	ky
1993	461	289	0.37	240	4,275	2,602	0.39	1.05
1994	477	339	0.29	180	4,799	2,922	0.39	1.34
1995	441	381	0.13	60	4,674	4,609	0.01	0.07
1996	437	437	none	60	4,226	4,325	none	none
1997	432	405	none	60	4,816	4,823	none	none
1998	450	450	none	120	3,908	3,718	none	none
1999	478	420	none	45	4,766	5,170	none	none
2000	482	170	0.65	280	4,907	2,442	0.50	0.77
2001	445	371	0.17	120	4,322	4,233	0.02	0.12
2002	474	207	0.56	180	4,506	2,636	0.42	0.75
2003	501	245	0.51	220	4,723	3,217	0.32	0.63
2004	442	339	0.23	170	4,789	4,174	0.13	0.57
93/04	460	338	0.36		4,559**	3,739	0.27	0.54

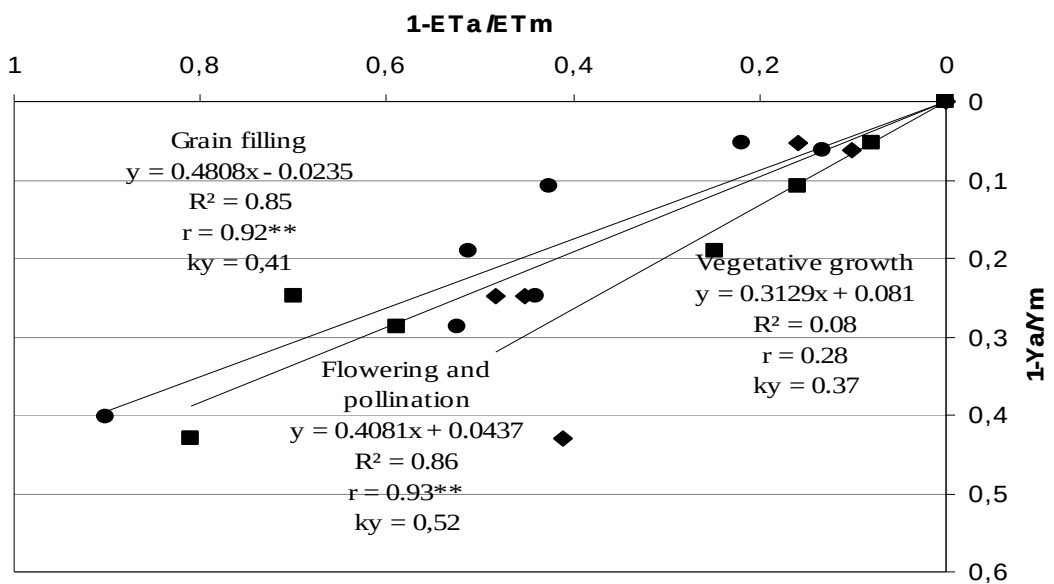


Korelacija izmedju prinosa zrna (Y) i utrošene vode na evapotranspiraciju (ET) kukuruza



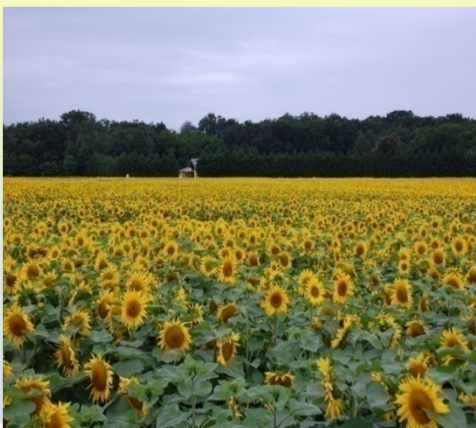


Koeficijent opadanja prinosa – vegetacioni period



Koeficijent opadanja prinosa – podperiodi vegetacije

Suncokret (ky, 0,2) < Šećerna repa (ky, 0,45) < Kukuruz (ky, 0,54) < Soja (ky, 0,66)



PRODUKTIVNOST UTROŠENE VODE U ODNOSU NA EVAPOTRANSPIRACIJU (ET_{WUE}) I VODE DODATE NAVODNJAVANJEM (I_{WUE})

$ET_{WUE} = Y_i - Y_d / ET_m - ET_a$ ukazuje na povoljnost vegetacionog perioda za gajenje pojedinih biljaka

$I_{WUE} = Y_i - Y_d / I_i$ daje jasnu sliku efikasnosti navodnjavanja i realizovanog režima zalivanja

Y_i i ET_m prinos i evapotranspiracija u uslovima navodnjavanja, Y_d i ET_a prinos i evapotranspiracija u uslovima bez navodnjavanja, I_i norma navodnjavanja

(ET_{WUE}) i (I_{WUE}) vrednosti su obračunate formilama Bos-a (1980 and 1985), mora se uvek naglasiti na koji način su određene (ET_{WUE}) i (I_{WUE}) vrednosti jer postoje brojne formule za obračun

Evapotranspiracija kukuruza u uslovima sa (ET_m) i bez navodnjavanja (ET_a) (mm), prinos u uslovima sa (Y_m) i bez navodnjavanja (Y_a) ($t\ ha^{-1}$), produktivnost utrošene vode u odnosu na evapotranspiraciju (ET_{WUE}) i vodu dodatu navodnjavanjem (I_{WUE}) ($kg\ m^{-3}$) (Pejić et al., 2010)

Godina	ET_m	ET_a	Y_m	Y_a	ET_{WUE}	I_{WUE}
2000	495	174	13.457	8.037	1.69	3.00
2001	464	383	10.766	9.606	1.43	1.93
2002	481	237	13.604	10.210	1.39	2.83
2003	520	261	13.530	9.650	1.50	1.94
2004	458	353	12.960	10.500	2.34	2.34
2005	442	442	14.220	13.760	none	0.77
2006	461	399	14.820	13.920	1.45	0.50
2007	477	361	14.780	14.000	0.67	0.47
2000/7	471	356	13.517*	11.210	1.50	1.72

ET_{wue} 1,12 $kg\ m^{-3}$ (Teksas, Musick and Dusek, 1980), 1,7 $kg\ m^{-3}$ Devis – Kalifornija, Stevart, 1995, 2,2 $kg\ m^{-3}$ Izrael, Hillel and Guron, 1973), 1,50 $kg\ m^{-3}$ (Pejić i sar., 2010)

I_{wue} 1,73 to 2,41 $kg\ m^{-3}$ (Howell et al., 1997 za Bushland Teksas), 1,72 $kg\ m^{-3}$ (Pejić i sar., 2010), 2,9 $kg\ m^{-3}$ (Pejić, 2000)