

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Vedran Lederer

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Pojava suše na području Osječko-baranjske županije u
razdoblju od 2000. – 2015. godine**

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Vedran Lederer

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Pojava suše na području Osječko-baranjske županije u
razdoblju od 2000. – 2015. godine**

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Vedran Lederer

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Pojava suše na području Osječko-baranjske županije u
razdoblju od 2000. – 2015. godine**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Doc.dr.sc. Monika Marković, mentor
2. Prof.dr.sc. Jasna Šoštarić, član
3. Doc.dr.sc. Miro Stošić, član

Osijek, 2017.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Bilinogojstvo

Završni rad

Vedran Lederer

Pojava suše na području Osječko-baranjske županije u razdoblju od 2000. – 2015. godine

Sažetak: U radu su prikazani rezultati analize vremenskih uvjeta na području Osječko-baranjske županije s naglaskom na grad Osijek tijekom razdoblja 2000. – 2015. godine. Za analizu podataka korišteni su hidrotermički koeficijent prema Seljaninovu i indeks suše prema de Martonneu. U spomenutom je razdoblju prema hidrotermičkom koeficijentu vidljiva pojava pet godina koje su svrstane u sušne zone (2003.; 2007.; 2009.; 2011. i 2012.), osam godina koje pripadaju zoni ekscesivne vlažnosti (2001.; 2002.; 2004.; 2005.; 2008.; 2010.; 2013. i 2014.), dvije godine koje su svrstane u zonu dovoljne vlažnosti (2006. i 2015.) i jedna godina koja je okarakterizirana kao zona navodnjavanja (2000.). Prema indeksu suše po de Martonneu tijekom promatranoga razdoblja zamijećena je pojava 14 godina koje su okarakterizirane kao oblasti egzoreizma (2001.; 2002.; 2003.; 2004.; 2005.; 2006.; 2007.; 2008.; 2009.; 2010.; 2012.; 2013.; 2014. i 2015.) te samo dvije godine kao oblasti areizma (2000. i 2011.).

Ključne riječi: suša, hidrotermički koeficijent, indeks suše, Osijek

32 stranice, 8 tablica, 10 grafikona, 0 slika, 21 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agriculture in Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Plant Production

BSc Thesis

The appearance of drought in Osijek-Baranja County in the period from 2000 to 2015

Summary: This paper shows the results of the weather conditions analysis in Osijek-Baranja County with focus on the City of Osijek during the period from 2000 to 2015. Sielianinow's hydrothermal coefficient and de Martonne's aridity index were used for data analysis. In the period aforementioned, there are four different zones according to Sielianinow's hydrothermal coefficient, and those are: five years of dry zones (2003; 2007; 2009; 2011 and 2012), eight years of rather humid zones (2001; 2002; 2004; 2005; 2008; 2010; 2013 and 2014), two years belong in the optimal zone (2006 and 2015), while one year is characterized as an irrigation zone (2000). According to de Martonne's aridity index, 14 years are observed as humid (2001; 2002; 2003; 2004; 2005; 2006; 2007; 2008; 2009; 2010; 2012; 2013; 2014 and 2015), while only two as the dry ones (2000 and 2011).

Key words: drought, hydrothermal coefficient, aridity index, Osijek

32 pages, 8 tables, 10 charts, 0 figures, 21 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek

SADRŽAJ:

1.	UVOD	1
2.	MATERIJAL I METODE	2
3.	PODRUČJE I KLIMA OSJEČKO-BARANJSKE ŽUPANIJE	3
4.	SUŠA	9
4.1.	Tipovi suše	10
4.1.1.	Meteorološka suša	10
4.1.2.	Hidrološka suša	10
4.1.3.	Agronomska suša	11
4.1.4.	Socio-ekonomska suša	11
5.	UTJECAJ SUŠE NA POLJOPRIVREDNU PROIZVODNJU	12
5.1.	Sušne godine na području Osijeka u razdoblju (2000. – 2015.)	13
6.	HIDROTERMIČKI KOEFICIJENT (K_s) PREMA SELJANINOVU	22
6.1.	Izračun hidrotermičkog koeficijenta (K_s) prema Seljaninovu	23
6.2.	Analiza vremenskih uvjeta promatranog razdoblja (2000. – 2015.) prema hidrotermičkom koeficijentu (K_s)	25
7.	INDEKS SUŠE (ARIDITETA) (I_s) PREMA DE MARTONNEU	27
7.1.	Rezultati analize I_s prema de Martonneu za razdoblje (2000. – 2015.)	28
8.	ZAKLJUČAK	30
9.	POPIS LITERATURE	31

1. UVOD

Suša je jedan od čimbenika okolne sredine koji još uvijek najviše ograničava poljoprivrednu proizvodnju i utječe na smanjenje prinosa uzgajanih kultura. Može se definirati kao pojava koja se javlja kada na nekom području postoji značajan manjak vode kroz određeno vremensko razdoblje. Istraživanja klimatskih promjena u Europi pokazuju da u posljednjem desetljeću dolazi do progresivnog produženja sušnih perioda, povećanja temperature te smanjenja vlage i oborine, što se odražava i na stanje u Republici Hrvatskoj. Suša je jedna od izravnih posljedica globalnog zatopljenja do kojeg dolazi povećanjem emisije CO₂, metana i ostalih stakleničkih plinova u atmosferu. Kako bi se ublažile posljedice suše, za vrijeme sušnih razdoblja potrebno je navodnjavati usjeve i time nadoknaditi nedostatak oborine.

U završnom radu analizirana je pojava suše na području Osječko-baranjske županije u razdoblju od 2000. do 2015. godine pomoću hidrotermičkog koeficijenta (Ks) prema Seljaninovu te indeksa suše (Is) prema de Martonneu.

Hidrotermički koeficijent (Ks) predstavlja omjer sume oborina za određeno razdoblje i sume temperatura za to isto vremensko razdoblje umanjene za 10, dok se s druge strane indeks suše ili ariditeta (Is) definira kao omjer godišnje količine oborine i srednje godišnje temperature zraka uvećane za 10.

2. MATERIJAL I METODE

Za izradu završnog rada analizirani su sljedeći vremenski uvjeti na području Osijeka u razdoblju od 2000. do 2015. godine:

- za izračun hidrotermičkog koeficijenta (K_s) prema Seljaninovu: mjesečne količine oborine (mm) i srednje mjesečne temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$). Za izračun istog korištena je formula:

$$K_s = \frac{\sum O}{\sum t^{\circ}\text{C}} \times 10$$

gdje je

$\sum O$ = suma oborine (mm) za određeno razdoblje;

$\sum t^{\circ}\text{C}$ = suma temperatura za to isto razdoblje;

- za izračun indeksa suše (I_s) prema de Martonneu: godišnje količine oborine (mm) i srednje godišnje temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$). Formula potrebna za izračun istog je:

$$I_s = \frac{Q}{T + 10}$$

gdje je

Q = godišnja količina oborine (mm);

T = srednja godišnja temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$);

Klimatski dijagrami po H. Walteru i temperaturni te oborinski izračuni i analize izrađeni su pomoću računalnog programa Klimasoft.

Podaci o vremenskim prilikama prikupljeni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) te su grafički i tablično prikazani.

3. PODRUČJE I KLIMA OSJEČKO-BARANJSKE ŽUPANIJE

Osječko-baranjska županija sa sjedištem u gradu Osijeku osnovana je 1993. godine zakonom kojim je uspostavljeno novo teritorijalno ustrojstvo u Republici Hrvatskoj. Nalazi se na sjeveroistoku naše domovine, u panonskom prostoru, a prostire se na površini od 4.152 km². Po veličini je u Republici Hrvatskoj četvrta županija po redu. Obuhvaća Baranju i sjeveroistočnu Slavoniju oko donjeg toka rijeke Drave prije njezinog utoka u Dunav, koji je svojim plovnim područjem stvorio Kopački rit – svjetski poznato utočište brojnih ptičjih vrsta, proglašeno Parkom prirode i zaštićeno kao zoološki rezervat. Područje Osječko-baranjske županije pretežito je ravničarsko i kao takvo pogoduje razvoju poljoprivrede. O razvijenosti poljoprivrede govori nam podatak da 260.778 ha čine obradive poljoprivredne površine, dok se 82.868 ha nalazi pod šumama. Struktura poljoprivrednih površina je sljedeća: dominiraju oranice s 86,6%, zatim slijede pašnjaci i ribnjaci s 9,0%, livade s 2,2% te također voćnjaci i vinogradi s 2,2%.

Klimu možemo definirati kao prevladavajuće stanje vremena, što uključuje i pravilnosti odnosno nepravilnosti ponavljanja određenih vremenskih tipova. Zajedno s tlom, klima čini poljoprivredno stanište u kojem je organizirana poljoprivredna proizvodnja. Prema tome, može se izvući zaključak da je upravo klima jedan od glavnih i važnijih čimbenika poljoprivredne proizvodnje. No, to je ujedno i čimbenik na kojega čovjek ima najmanje utjecaja jer su elementi klime podložni velikim kolebanjima, što se posebno odražava na biljnu proizvodnju. Drugim riječima, čovjek na klimu može utjecati samo u ograničenom opsegu. Za poljoprivredu su značajne dvije klasifikacije klime: Köppenova i Thornthwaiteova. Prema Köppenovoj klasifikaciji, klima se klasificira prema srednjem godišnjem hodu temperature zraka i količine oborina, dok je Thornthwaiteova klasifikacija klime bazirana na odnosu količine vode potrebne za potencijalnu evapotranspiraciju i oborinske vode. Svrha klasifikacije klime je da se brojne lokalne klime svedu na nekoliko grupa po točno određenim kriterijima, tj. da se slične klime rasporede u zajedničku grupu s određenim karakteristikama.

Osječko-baranjska županija ima umjereno kontinentalnu klimu s dugim i blagim proljećima i jesenima, toplim ljetima te hladnim zimama. Klima tog područja određena je mješavinom utjecaja euroazijskog kopna, Atlantika i Sredozemlja.

Prema Köppenovoj klasifikaciji, Osječko-baranjska županija ima umjereno toplu, kišnu klimu, bez značajnijih sušnijih razdoblja, s oborinama jednoliko raspoređenim tijekom

godine. Oznaka takve klime je Cfbwx, a glavne karakteristike su sljedeće: mjesečna temperatura iznad 10°C više od četiri mjeseca godišnje, srednja temperatura najtoplijeg mjeseca ispod 22°C te srednja temperatura najhladnijeg mjeseca između -3°C i +18°C. Prosječne se temperature zimi kreću oko 0,2°C, u proljeće oko 11°C, ljeti oko 21°C te u jesen oko 11,8°C. Srednja godišnja temperatura zraka je 11°C. Srednja mjesečna temperatura kreće se od -1°C do 21°C, s najhladnijim razdobljem u siječnju kada minimalne temperature mogu biti i ispod -25°C te najtoplijim razdobljem u srpnju i kolovozu kada maksimalne temperature mogu prelaziti 40°C. Prosječna mjesečna relativna vlažnost zraka kreće se od 73 do 90%, s maksimumom u siječnju i minimumom u srpnju.

U pogledu oborina, prosječna godišnja količina oborina kreće se od 642 mm do 753 mm. Tijekom godine, oborine imaju glavni maksimum u lipnju, a sekundarni u studenome. Glavni minimum oborina je sredinom jeseni u listopadu, a sporedni krajem zime i početkom proljeća (u veljači i ožujku). Količina oborina tijekom ljetnih mjeseci glavni je ograničavajući čimbenik u proizvodnji poljoprivrednih kultura. Treba naglasiti da je od izrazite važnosti, kako za Osječko-baranjsku županiju, tako i za cijelu Hrvatsku, i raspored oborina u vegetacijskom razdoblju koji je optimalan, ali uz uobičajena odstupanja.

Prema Thornthwaiteovoj klasifikaciji, klima Osječko-baranjske županije pripada subhumidnom tipu klime s godišnjim indeksom vlažnosti između 32 i 63.

Tablica 1. Thornthwaiteova klasifikacija klime

Godišnji indeks $\sum I_{P/E}$	Tip klime
<16	Aridni (suhi)
16-31	Semiaridni (polusuhi)
32-63	Subhumidni (poluvlažni)
64-127	Humidni (vlažni)
>128	Perhumidni (izrazito vlažni)

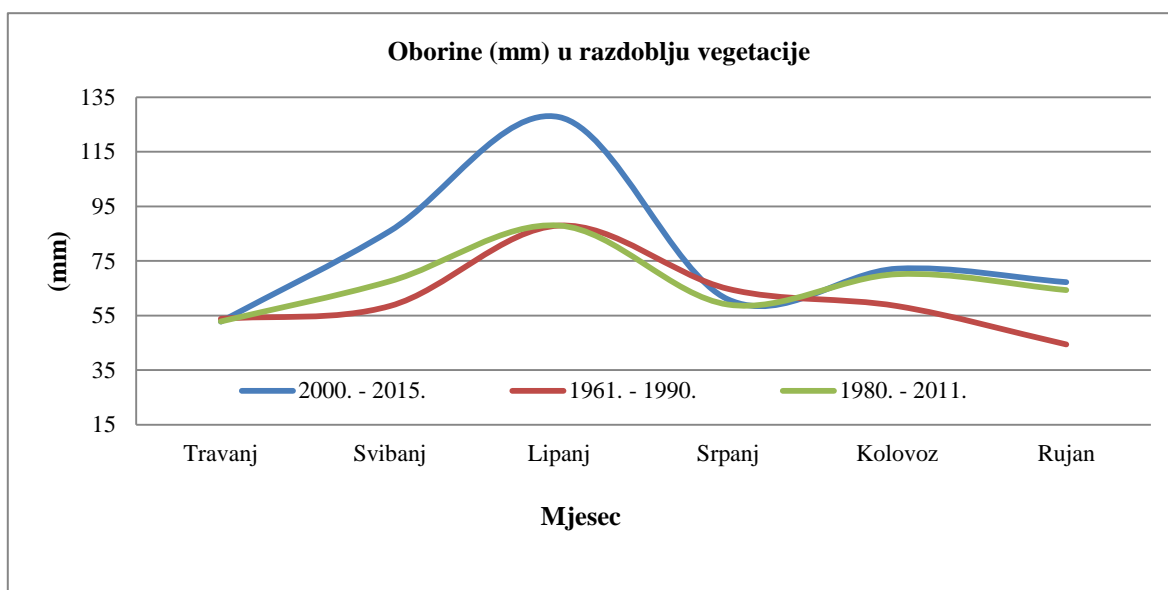
$I_{P/E}$ = indeks vlažnosti, mjesečni;

U tablici 2. prikazane su oborine na području Osijeka u razdoblju od 2000. do 2015. godine, odstupanja u količini oborine te tridesetogodišnji prosjeci, 1961. – 1990. i 1980. – 2011.

Tablica 2. Oborine na području Osijeka u razdoblju od 2000. do 2015. godine, odstupanja te višegodišnji prosjeci (1961. – 1990.; 1980. – 2011.)

Godina	Mjesec														+/- god. (%)		+/- vegetacija (%)	
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Ukupno	Vegetacija	1961. - 1990.	1980. - 2011.	1961. - 1990.	1980. - 2011.
2000.	17,5	14,8	41,0	27,5	26,3	9,6	62,8	5,3	23,0	10,1	42,4	36,7	317,0	154,5	-51,3	-54,1	-58,0	-61,6
2001.	74,6	22,9	83,0	72,0	60,1	239,5	77,1	7,1	195,2	5,1	74,0	33,9	944,5	651,0	+45,2	+36,8	+76,9	+62,0
2002.	11,1	48,2	10,1	63,8	135,4	36,6	59,3	84,3	81,6	58,8	40,2	24,4	653,8	461,0	+0,5	-5,3	+25,3	+14,7
2003.	66,4	15,6	4,6	11,9	18,4	43,9	59,8	41,8	50,7	132,0	44,8	26,6	516,5	226,5	-20,6	-25,2	-38,4	-43,6
2004.	50,4	50,0	40,6	136,6	65,1	80,0	43,5	106,5	41,7	93,9	114,5	42,6	865,4	473,4	+33,1	+25,3	+28,7	+17,8
2005.	35,5	66,2	54,0	55,3	50,5	110,2	170,8	237,6	74,6	5,9	15,9	97,2	973,7	699,0	+49,7	+41,0	+90,0	+73,9
2006.	32,9	48,3	52,5	86,8	78,6	78,0	14,6	133,5	10,9	31,1	32,3	32,6	632,1	402,4	-2,8	-8,4	+9,4	+0,1
2007.	25,3	46,5	76,0	2,9	56,1	33,3	27,4	45,0	65,2	92,5	102,7	48,0	620,9	229,9	-4,5	-10,1	-37,5	-42,8
2008.	33,1	4,7	82,4	48,8	66,9	76,3	68,2	46,9	81,6	34,4	44,9	40,5	628,7	388,7	-3,3	-8,9	+5,6	-3,3
2009.	60,3	28,6	26,5	18,7	39,4	62,8	13,8	60,6	10,0	55,3	67,8	100,8	544,6	205,3	-16,3	-21,1	-44,2	-48,9
2010.	83,9	58,6	22,2	71,1	120,8	234,0	31,5	110,8	108,4	67,1	56,3	73,5	1038,2	676,6	+59,6	+50,4	+83,9	+68,4
2011.	23,6	18,4	37,1	19,4	81,2	49,9	73,9	4,6	15,9	28,7	0,4	69,1	422,2	244,9	-35,1	-38,8	-33,4	-39,1
2012.	28,0	58,1	0,9	45,5	93,7	67,9	47,8	4,0	32,3	66,5	50,5	104,3	599,2	291,2	-7,9	-13,2	-20,9	-27,5
2013.	60,8	85,8	84,3	44,9	119,0	663,3	36,5	32,9	123,7	52,3	63,8	0	767,3	1020,3	+18,0	+11,1	+177,3	+153,9
2014.	36,0	48,0	39,4	81,3	161,4	91,0	66,4	54,3	68,9	787,9	8,8	66,0	809,4	523,3	+24,4	+17,2	+42,2	+30,2
2015.	73,7	57,1	50,5	12,9	113,4	17,1	25,6	105,8	41,1	142,1	45,1	1,9	686,3	315,9	+5,5	-0,6	-14,1	-21,4
1961. - 1990.	46,9	40,2	44,8	53,8	58,5	88,0	64,8	58,5	44,4	41,3	57,3	51,6	650,4	368,0				
1980. - 2011.	46,5	36,2	47,1	52,8	67,6	88,0	59,0	70,2	64,3	48,2	56,0	54,6	690,4	401,9				

Kako je vidljivo iz grafikona 1., količina oborine u razdoblju vegetacije (2000. – 2015.) viša je u odnosu na višegodišnje prosjeke.



Grafikon 1. Oborine (mm) u razdoblju vegetacije za promatrano razdoblje (2000. – 2015.) i višegodišnje prosjeke (1961. – 1990. i 1980. – 2011.)

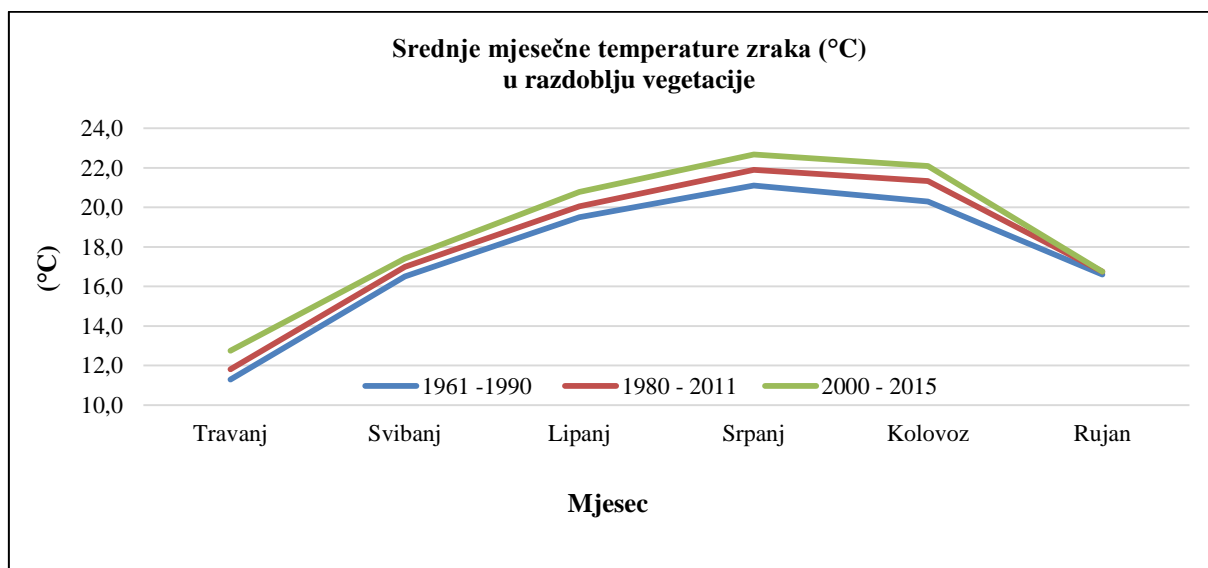
Najveće odstupanje vidljivo je u proljetnom razdoblju, u mjesecima svibnju i lipnju. Obzirom da su vrijednosti prikazane kao prosjek godina za pretpostaviti je da je ovakav prikaz rezultat nadprosječno visokih oborina 2010. i 2013. godine. Naime, u spomenutim godinama količina oborine tijekom svibnja i lipnja bila je 355 mm (2010.) i 782 mm (2013.). U usporedbi s višegodišnjim prosjekom, tijekom svibnja i lipnja 2010. godine palo je 145% oborine više u odnosu na višegodišnji prosjek, dok je tijekom spomenutih mjeseci 2013. godine palo čak 439% više oborine. 2010. godine na području Osječko-baranjske županije proglašena je elementarna nepogoda prevelike količine oborine i poplave 28. svibnja i 9. lipnja. Štete utvrđene u poljoprivrednoj proizvodnji koja dominira ovim krajem bile su oko 6,7 mil. eura. U mjesecu lipnju palo je ukupno 234 mm oborine što je za 166% više u odnosu na višegodišnji prosjek. Nestabilnosti vremenskih uvjeta govori u prilog suša 2012. godine kada je šteta procijenjena na preko 105 mil. eura (HZS, 2013.).

U tablici 3. prikazane su srednje mjesečne temperature zraka na području Osijeka u razdoblju od 2000. do 2015. godine i višegodišnji prosjeci (1961. – 1990.; 1980. – 2011.).

Tablica 3. Srednje mjesečne temperature zraka na području Osijeka u razdoblju od 2000. do 2015. godine i višegodišnji prosjeci (1961. – 1990.; 1980. – 2011.)

Godina	Mjesec														+/- god. (%)		+/- vegetacija (%)	
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Prosjeak godine	Prosjeak vegetacije	1961. - 1990.	1980. - 2011.	1961. - 1990.	1980. - 2011.
2000.	-1,6	4,2	7,0	14,8	18,4	22,4	21,7	23,7	16,7	14,1	10,0	3,0	12,9	19,6	+19,4	+7,5	+11,4	-0,5
2001.	2,7	4,2	9,9	10,8	18,4	18,1	21,6	22,7	14,9	13,9	3,5	-3,8	11,4	17,8	+5,5	-5,0	+1,1	-9,6
2002.	-0,2	6,0	8,4	11,2	18,6	21,1	22,3	20,9	15,4	11,3	8,8	0,9	12,1	18,3	+12,0	+0,8	+4,0	-7,1
2003.	-2,4	-3,0	5,9	11,3	20,0	24,2	22,1	23,6	15,9	9,4	7,5	1,4	11,3	19,5	+4,6	-5,8	+10,8	-1,0
2004.	-1,4	2,3	5,8	11,7	14,6	19,2	21,5	21,0	15,5	13,2	6,2	1,9	11,0	17,3	+1,9	-8,3	-1,7	-12,2
2005.	0	-3,3	4,1	11,5	17,0	19,5	21,6	19,3	17,1	11,7	5,0	1,7	10,4	17,7	-3,7	-13,3	+0,6	-10,2
2006.	-1,6	1,2	5,4	12,7	16,2	20,1	23,5	19,2	17,8	13,0	7,8	3,0	11,5	18,3	+6,5	-4,2	+4,0	-7,1
2007.	5,8	6,1	8,5	13,3	18,3	22,3	23,8	22,2	14,5	10,3	4,0	0,1	12,4	19,1	+14,8	+3,3	+8,5	-3,0
2008.	1,5	4,9	7,5	12,5	18,1	21,5	21,8	21,8	15,6	13,0	7,4	3,8	12,5	18,6	+15,7	+4,2	+5,7	-5,6
2009.	-1,1	2,3	6,8	17,6	18,3	19,2	23,2	22,9	19,1	11,5	8,2	3,1	12,6	20,1	+16,7	+5,0	+14,2	+2,0
2010.	-0,8	1,4	6,8	12,4	16,5	20,4	23,2	21,7	15,6	9,1	8,9	0,2	11,3	18,3	+4,6	-5,8	+4,0	-7,1
2011.	1,1	0,7	6,4	13,2	16,7	20,8	22,2	23,0	20,3	10,6	2,3	3,4	11,7	19,4	+8,3	-2,5	+10,2	-1,5
2012.	2,2	-4,1	8,7	12,5	16,9	22,5	24,8	24,1	18,9	12,1	9,0	0,4	12,3	20,0	+13,9	+2,5	+13,6	+1,5
2013.	2,1	2,9	5,2	13,1	16,7	20,0	22,9	22,9	15,9	13,74	7,8	1,6	12,1	18,6	+12,0	+0,8	+5,7	-5,6
2014.	3,7	5,6	9,5	13,2	16,1	20,5	21,9	20,8	17,0	13,3	8,3	3,5	12,8	18,3	+18,5	+6,7	+4,0	-7,1
2015.	2,8	2,5	7,5	12,1	17,8	20,8	24,6	23,7	17,9	11,1	7,5	3,2	12,6	19,5	+16,7	+5,0	+10,8	-1,0
1961. - 1990.	-1,2	1,6	6,1	11,3	16,5	19,5	21,1	20,3	16,6	11,2	5,4	0,9	10,8	17,6				
1980. - 2011.	-0,1	1,5	6,5	11,8	17,0	20,1	31,3	21,3	16,8	11,2	5,3	1,3	12,0	19,7				

Kako je vidljivo iz grafikona 2., srednje mjesečne temperature zraka u razdoblju vegetacije (2000. – 2015.) više su u odnosu na višegodišnje prosjeke.



Grafikon 2. Srednje mjesečne temperature zraka (°C) u razdoblju vegetacije za promatrano razdoblje (2000. – 2015.) i višegodišnje prosjeke (1961. – 1990. i 1980. – 2011.)

Porast srednjih mjesečnih temperatura zraka od travnja do rujna u razdoblju od 2000. do 2015. godine u odnosu na višegodišnje prosjeke (1961. – 1990. i 1980. – 2011.) posljedica je globalnog zagrijavanja planeta Zemlje koje nastaje uslijed prevelike emisije ugljikovog dioksida, metana i ostalih stakleničkih plinova u atmosferu. Najveće promjene srednjih mjesečnih temperatura zraka između pojedinih razdoblja mogu se primijetiti tijekom ljetnih mjeseci: lipnja, srpnja i kolovoza. Primjerice, srednja temperatura tijekom lipnja (2000. – 2015.) iznosila je 20,8°C, što je za 1,3°C više u odnosu na razdoblje (1961. – 1990.). Nadalje, tijekom srpnja (2000. – 2015.) prosječna je temperatura bila 22,7°C, dok je u razdoblju (1961. – 1990.) temperatura iznosila 21,1°C tijekom istog mjeseca. U spomenutim razdobljima najveća se razlika srednjih mjesečnih temperatura zraka može uočiti u kolovozu, a iznosi približno 2°C. Kao posljedica toga, treba istaknuti da su u našoj državi sušne godine sve češće, a u posljednjih petnaestak godina bilo ih je čak osam (2000.; 2003.; 2007.; 2009.; 2011.; 2012.; 2013.; 2015.). U takvim uvjetima ostvaruju se niži prinosi uzgajanih kultura.

4. SUŠA

Premda je suša prirodna pojava, često je promatrana kao podmukla opasnost kojom nam prijete priroda. Uz lavine, potrese, poplave, požare, klizišta, uragane te vulkanske erupcije, suša predstavlja jednu od najvećih prirodnih katastrofa koja utječe na ekonomski i društveni razvoj. Jedan je od čimbenika sredine koji uvelike ograničava poljoprivrednu proizvodnju i negativno utječe na prinos kultiviranih biljaka. Učinak suše razlikuje se od područja do područja. Općenito, pojam suše vrlo je teško definirati jer, primjerice, ono što se smatra sušom na otočju Bali (šest dana bez kiše), ne može se smatrati sušom u Libiji, u kojoj je to godišnja količina oborina manja od 180 mm. Posljedica je prirodnog smanjenja oborina tijekom dužeg vremenskog razdoblja, obično sezonskog karaktera. Svjetska meteorološka organizacija (World Meteorological Organisation, WMO) je 1992. godine sušu definirala kroz tri pojave:

1. produljeni izostanak ili naglašeni deficit oborina
2. razdoblje neočekivano suhog vremena u kojem nedostatak oborina uzrokuje ozbiljnu hidrološku neravnotežu
3. deficit oborina koji uzrokuje manjak vode za određenu ljudsku djelatnost

Sa stajališta poljoprivredne proizvodnje suša ima ogromnu važnost i definira se kao nedovoljna opskrbljenost biljaka vodom, odnosno kada je stvarna potrošnja vode, tj. stvarna evapotranspiracija veća od potencijalne, bez obzira na njene uzroke (Dragović, 1995.). A uzroci joj mogu biti: nedostatak vode u tlu – zemljišna suša; visoka temperatura i niska relativna vlaga zraka – atmosferska suša; visoka koncentracija soli u tlu – fiziološka suša. Prema Miloševu (2000.; 2002.) za uzgoj kultiviranih biljaka najopasnija je zemljišna suša jer uzrokuje privremeni ili trajni gubitak vode koji otežava rast i razvoj istih, smanjuje produkciju organske tvari i kao posljedica toga dolazi do smanjenja prinosa pojedinih kultura.

Pojam suše ne bi se trebao poistovjetiti s pojmom suhoće (engleska riječ "aridity") koja se odnosi na svojstvo suhe (aridne) klime. Suho područje (engleska riječ "dryland") predstavlja područje privremeno ili stalno podvrgnuto značajnom nedostatku vlage. Bonacci (2015.) navodi kako se približno 36% kontinentalne površine naše planete, što je ekvivalentno površini od 45 milijuna km², može svrstati u sušno područje. Procjenjuje se da na tom prostoru živi između 15% i 21% stanovništva Zemlje.

4.1. Tipovi suše

Američko meteorološko društvo definiralo je 1997. godine četiri tipa suše (Heim, 2002.):

1. meteorološka ili klimatološka
2. hidrološka
3. agronomska
4. socio-ekonomska

4.1.1. Meteorološka suša

Meteorološka suša uzrokovana je smanjenom količinom oborina u odnosu na višegodišnji prosjek ili potpunim izostankom oborina u određenom vremenskom razdoblju. Definicija meteorološke suše veže se za pojedino područje s obzirom da se atmosferski uvjeti koji dovode do deficita oborina drastično razlikuju od regije do regije. Primjerice, neke se definicije meteorološke suše zasnivaju na utvrđivanju razdoblja u kojem je količina oborina manja od neke donje granične vrijednosti. Takvo shvaćanje primjenjuje se samo za oblasti za koje je karakterističan određeni oborinski režim tijekom cijele godine kao što je slučaj u tropskim kišnim šumama te u vlažnim suptropskim klimatima. U drugim klimatskim tipovima za koje je karakterističan manjak oborina u dužem vremenskom razdoblju, definicija suše na temelju broja sušnih dana je neprimjenjiva. Neke druge definicije meteorološke suše obično su povezane s odstupanjem količine oborina od srednjih vrijednosti za mjesec, sezonu ili godinu. Ova se suša može naglo razviti i isto tako prestati, a može biti uzrok hidrološkoj ili agronomskoj suši.

4.1.2. Hidrološka suša

Ova suša povezana je s pojavom i efektima manjka oborina u podzemnim i nadzemnim akumulacijama, tj. zalihama vode. Utječe na protok vode u rijekama i potocima, razinu vode u jezerima te na razinu podzemnih voda. Kada se protoci i razine vode smanje govori se o hidrološkoj suši. Njezina učestalost i intenzitet često se određuju na razini nekog sliva. Iako uzrok ove suše uvijek leži u manjku oborina, hidrologe puno više zanima kako će se ovaj manjak odraziti na cjelokupni hidrološki sustav. Pojava hidrološke suše često se javlja sa značajnim kašnjenjem u odnosu na meteorološku. Naime, potrebno je duže vrijeme da se posljedice nedostatka oborina ispolje u okviru elemenata hidrološkog sustava kao npr. u vidu smanjenja razine vode u rijekama i podzemnim i nadzemnim akumulacijama. Iz tog

se razloga i ekonomski efekti hidrološke suše u svim poljima osjete nakon onih koje izaziva meteorološka. Primjerice, voda iz vodnih akumulacija koristi se za različite potrebe (navodnjavanje, turizam, proizvodnja električne energije) čime se analiza posljedica hidrološke suše dodatno može zakomplicirati. Tijekom suše, potrebe za vodom iz akumulacija rastu što dovodi do sukoba među korisnicima tih zaliha. Hidrološka suša može trajati i nakon završetka meteorološke.

4.1.3. Agronomska suša

Ovaj tip suše povezuje različite karakteristike meteorološke (ili hidrološke) suše s njihovim utjecajem na poljoprivrednu proizvodnju, fokusirajući se na manjak oborina, razlike između stvarne i potencijalne evapotranspiracije, deficit vode u tlu itd. Zahtjevi biljaka za vodom ovise o vremenskim uvjetima, fazama njihova razvoja, kao i o karakteristikama tala. Definicija ove suše treba uzeti u obzir i promjenjivu osjetljivost biljaka na sušu u različitim fazama razvoja, od nicanja do pune zrelosti. Kratkoročan manjak vode u razdoblju od nekoliko tjedana u površinskom sloju tla koji se događa u kritično vrijeme za razvoj biljaka naziva se agronomska suša. Nedostatak vode u površinskom sloju tla u vrijeme sjetve može otežati klijanje dovodeći do smanjenog broja biljaka po jedinici površine, a time i do smanjenja prinosa. Ipak, ukoliko je sadržaj vode u površinskom sloju tla dovoljan za normalan rast i razvoj biljke u početnim fazama vegetacije, nedostatak vode u dubljim slojevima u tim fazama neće utjecati na prinos ako se zalihe vode u tlu nadoknađuju tijekom vegetacije. Visoke temperature, niska relativna vlažnost zraka i vjetar čimbenici su koji pojačavaju negativne posljedice ove suše.

4.1.4. Socio-ekonomska suša

Socio-ekonomska suša povezuje ponudu i potražnju određenog ekonomskog dobra s elementima meteorološke, hidrološke i agronomske suše, a nastaje kada je potražnja za ekonomskim dobrima veća od ponude.

5. UTJECAJ SUŠE NA POLJOPRIVREDNU PROIZVODNJU

Utjecaj suše na poljoprivrednu proizvodnju ovisi o intenzitetu i dužini trajanja, fazi razvoja biljaka, temperaturi, karakteristikama tala te o tolerantnosti kultiviranih biljaka. Nepovoljne posljedice suše naročito dolaze do izražaja kada se suša pojavi u kritičnim razdobljima ili fenofazama razvoja uzgajanih biljaka kada su njihove potrebe za vodom najveće. Međutim, vrlo često čitavo vegetacijsko razdoblje može se smatrati kritičnim razdobljem zato što je biljkama neophodan stalni priljev lakopristupačne vode u sloju aktivne rizosfere tla (Bošnjak, 1993.; Dragović, 1995.).

Deficit oborina može uništiti cijeli urod ili dovesti do vrlo malog uroda, čak i u slučajevima kada poljoprivrednici primjenjuju sustav navodnjavanja. Nizak prinos uzgajanih kultura dovodi do gubitaka u ostalim industrijama koje se u svom poslovanju oslanjaju na poljoprivredne proizvode. Kako bi se takvi gubitci kompenzirali, rastu cijene i ljudske i stočne hrane.

Posljedice suše ovise o potrebama svakog pojedinog usjeva za vodom i temperaturom. U nekim područjima, visoke temperature mogu pozitivno djelovati na vrste usjeva koje su prilagođene takvim uvjetima, odnosno mogu dopustiti poljoprivrednicima da se baziraju na takve kulture. No, ukoliko visoke temperature prekorače optimalnu temperaturu za usjev, prinos će se postupno smanjivati.

Globalno zagrijavanje dovodi do povećanja koncentracije CO₂ u atmosferi što ostavlja posljedice na prinose usjeva. Neka istraživanja pokazala su da povišena razina CO₂ može poboljšati rast biljaka. No, u kombinaciji s drugim čimbenicima kao što su npr. povišenje temperature, utjecaj ozona te deficit vode i hraniva, može izazvati potpuno suprotne efekte koji uzrokuju smanjenje prinosa. Također, uslijed suše dolazi i do isušivanja tala, a takve uvjete dobro podnose različiti korovi koji konkuriraju kulturama i za ono malo vode koja je ostala u tlu.

Kovačević (2015.) navodi kako se u Hrvatskoj suša u prosjeku javlja svakih tri do pet godina te u prosjeku može smanjiti prinose raznih kultura 20-80%. Kad je u pitanju kukuruz vrlo je važno u kojem stadiju razvoja se pojavljuje suša. Tako smanjenje prinosa uzrokovano sušom tijekom vegetacije iznosi do 25%, u cvatnji do 50% te do 21% u vrijeme formiranja zrna (Kozic i sur., 2013.). U posljednjih petnaestak godina klimatski su ekstremi u našoj državi sve češći te su godine 2000., 2003., 2007., 2011., 2012., 2013. i 2014. bile ekstremno tople s ekstremnim temperaturama u ljetnim mjesecima.

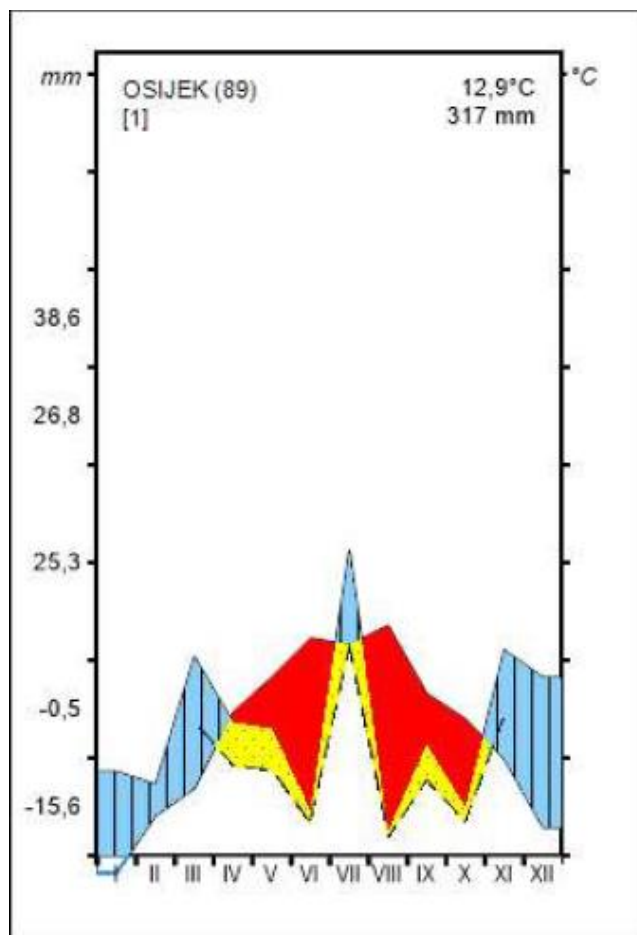
Prema Kovačević i sur. (2009.) na području Osijeka u razdoblju od svibnja do kolovoza bilo je za 61% (2000.), 39% (2003.) i 40% (2007.) manje oborina od prosjeka, a temperature zraka bile su za 2.3°C (2000. i 2007.) i za 3.2°C (2003.) više. U takvim uvjetima su u istočnoj Hrvatskoj ostvareni niži prinosi kukuruza za 28% (2000.), 25% (2003.) i 18% (2007.) prema prosjeku od 6.01 t/ha.

Cindrić i sur. (2010.) su u svom radu analizirali pojavu suše za razdoblje 2011. – 2012. godine koja je imala ozbiljne posljedice na teritoriju Republike Hrvatske. Pojava suše promatrana je s obzirom na intenzitet i dugotrajnost, a ocjenjena je za pet klimatoloških postaja. Suša je u tom razdoblju okarakterizirana kao iznimno dugotrajna u kontinentalnom dijelu naše domovine s naznakom najozbiljnije suše od početka 20. stoljeća. Autori navode početak suše u veljači 2011. koja se kasnije intenzivirala nedostatkom oborina u studenom 2011. i ožujku 2012. godine. U spomenutom je razdoblju suša uzrokovala 80% ekonomskog gubitka. Kao rezultat toga većina ljetnih usjeva je uništena, razine vodostaja u rijekama bile su minimalne te je u većem broju županija proglašena elementarna nepogoda.

Ublažavanju posljedica od suše mogu doprinijeti mjere poput: povećanja otpornosti biljaka prema nedostatku vode u tlu procesom oplemenjivanja, rajonizacija biljnih vrsta na razini sorata i hibrida, primjena odgovarajućih agrotehničkih mjera u cilju poboljšanja vodnog režima tla te navodnjavanje koje je ujedno i najefikasnija mjera borbe protiv suše, ali i najskuplja.

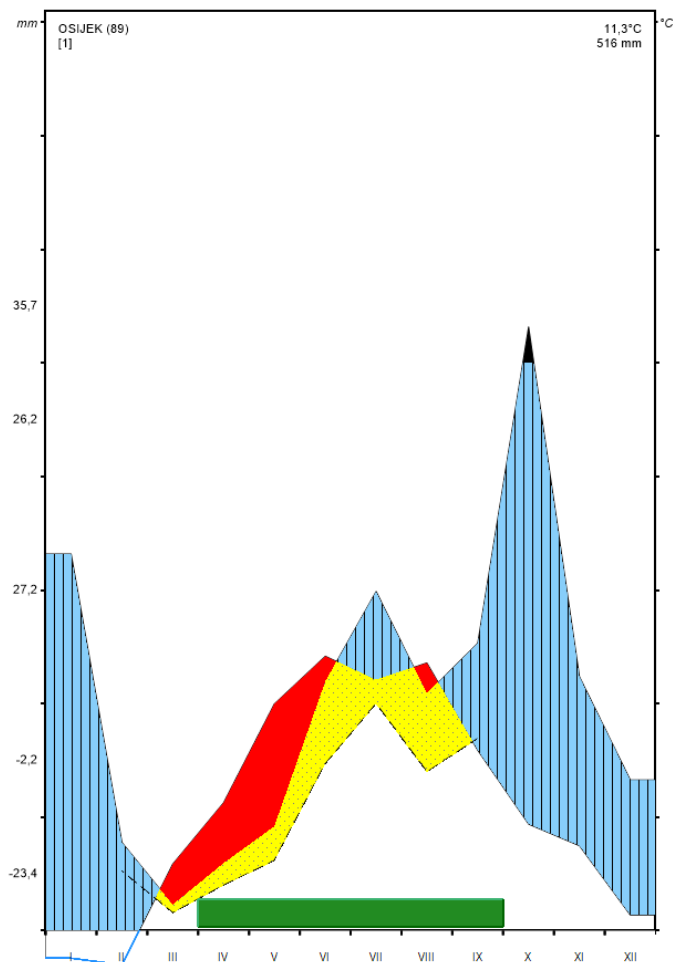
5.1. Sušne godine na području Osijeka u razdoblju (2000. – 2015.)

Prva godina koja je u razdoblju od 2000. do 2015. okarakterizirana kao sušna je 2000. Analiza toplinskog karaktera klime (T.K.) prema M. Gračaninu pokazuje da je bilo toplo od travnja do listopada 2000. godine, a umjereno toplo tijekom studenog iste. Najtopliji mjesec u toj godini bio je kolovoz, a apsolutno maksimalna temperatura zraka iznosila je vrtohlavih 38,6 °C. Analiza ukupne količine oborina (mm) pokazuje da je tijekom vegetacijskog razdoblja (4. – 9. mj.) 2000. godine palo svega 154,5 mm oborina, a mjesec s najmanje oborina bio je kolovoz tijekom kojeg je palo samo 5,3 mm oborina. Grafikon 3. prikazuje klimatski dijagram po H. Walteru za 2000. godinu iz kojeg je vidljivo da se sušno razdoblje (na grafikonu označeno crvenom bojom) protezalo od travnja do srpnja te od kolovoza do studenog iste.



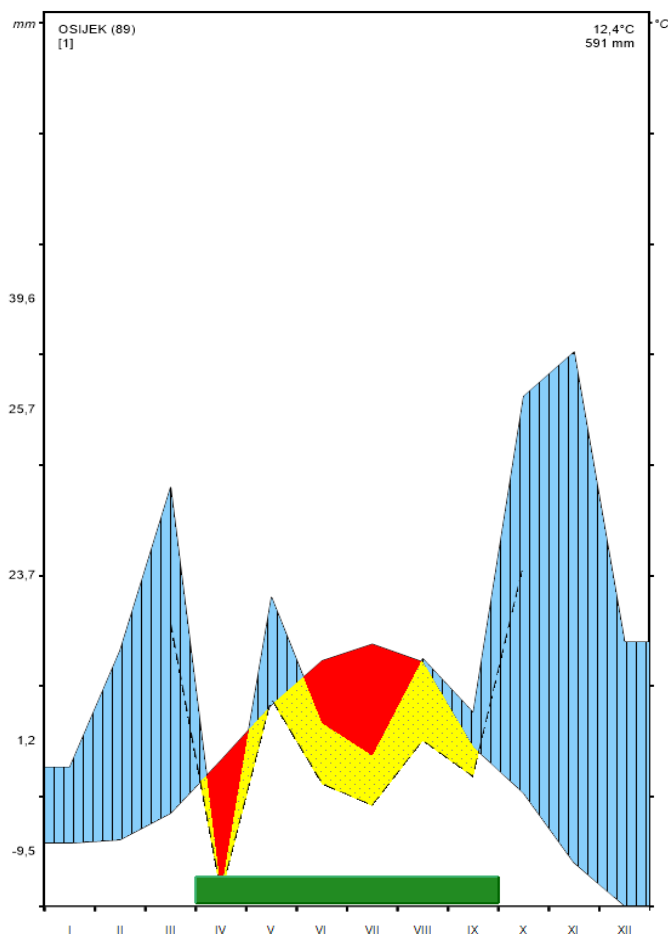
Grafikon 3. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2000. godina)

Iduća godina okarakterizirana kao sušna u razdoblju od 2000. do 2015. je 2003. Analiza toplinskog karaktera klime (T.K.) prema M. Gračaninu pokazuje da je bilo umjereno toplo tijekom travnja i listopada, toplo tijekom rujna te vruće od svibnja do listopada 2003. godine. Najtopliji mjesec u toj godini bio je lipanj, a apsolutno maksimalna temperatura zraka iznosila je 35,7 °C. Analiza ukupne količine oborina (mm) pokazuje da je tijekom vegetacijskog razdoblja (4. – 9. mj.) 2003. godine ukupno palo 226,5 mm oborina, a mjesec s najmanje oborina bio je ožujak tijekom kojeg je palo samo 4,6 mm oborina. Grafikon 4. prikazuje klimatski dijagram po H. Walteru za 2003. godinu iz kojeg je vidljivo da se sušno razdoblje (na grafikonu označeno crvenom bojom) protezalo od ožujka do pred kraj lipnja te kratko tijekom kolovoza iste.



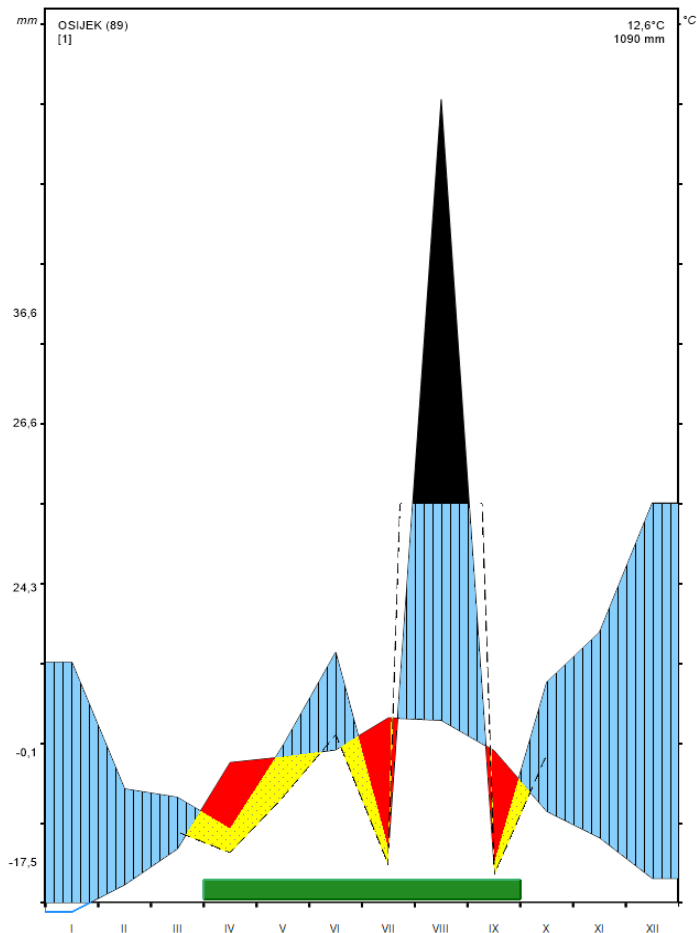
Grafikon 4. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2003. godina)

Slijedi 2007. godina koja je također u razdoblju od 2000. do 2015. okarakterizirana kao sušna. Analiza toplinskog karaktera klime (T.K.) prema M. Gračaninu pokazuje da je bilo umjereno toplo tijekom ožujka i listopada, toplo u travnju, svibnju i rujnu te vruće od lipnja do kolovoza 2007. godine. Najtopliji mjesec u toj godini bio je srpanj, a apsolutno maksimalna temperatura zraka iznosila je vrtoglavih 39,6 °C. Analiza ukupne količine oborina (mm) pokazuje da je tijekom vegetacijskog razdoblja (4. – 9. mj.) 2007. godine palo 199,9 mm oborina, a mjesec s najmanje oborina bio je travnja tijekom kojeg je palo mizernih 2,9 mm oborina. Grafikon 5. prikazuje klimatski dijagram po H. Walteru za 2007. godinu iz kojeg je vidljivo da je sušno razdoblje (na grafikonu označeno crvenom bojom) bilo tijekom travnja te od lipnja do rujna iste.



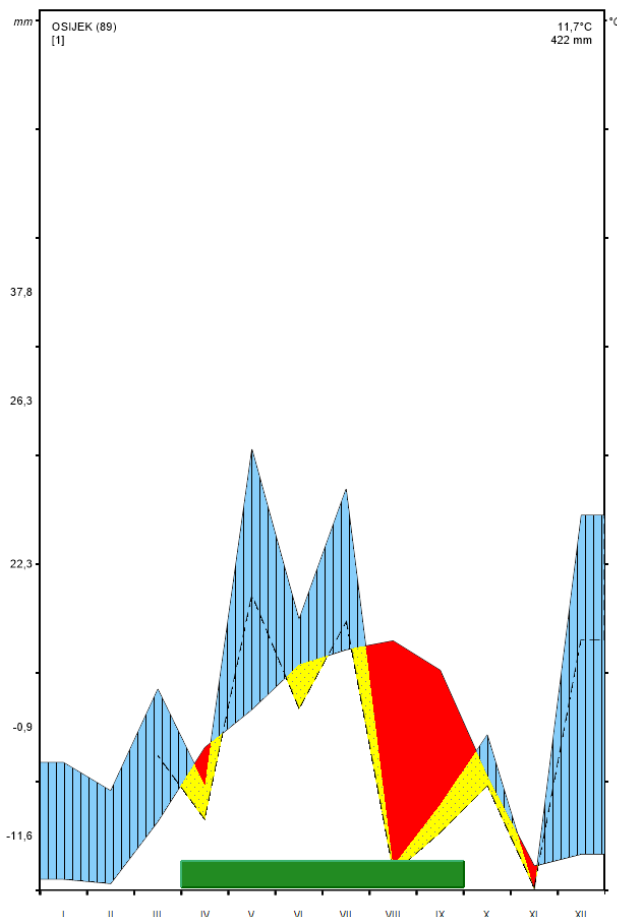
Grafikon 5. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2007. godina)

U 2009. godini ukupno su bila tri kraća sušna razdoblja. Analiza toplinskog karaktera klime (T.K.) prema M. Gračaninu pokazuje da je bilo umjereno toplo u listopadu i studenom, toplo tijekom travnja, svibnja, lipnja i rujna, a vruće tijekom srpnja i kolovoza 2009. godine. Najtopliji mjesec u toj godini bio je srpanj, a apsolutno maksimalna temperatura zraka iznosila 36,6 °C. Analiza ukupne količine oborina (mm) pokazuje da je tijekom vegetacijskog razdoblja (4. – 9. mj.) 2009. godine palo 750,7 mm oborina, a mjesec s najmanje oborina bio je rujna tijekom kojeg je 10 mm oborina. Grafikon 6. prikazuje klimatski dijagram po H. Walteru za 2009. godinu iz kojeg je vidljivo da su sušna razdoblja (na grafikonu označeno crvenom bojom) bila tijekom travnja, kolovoza i rujna iste.



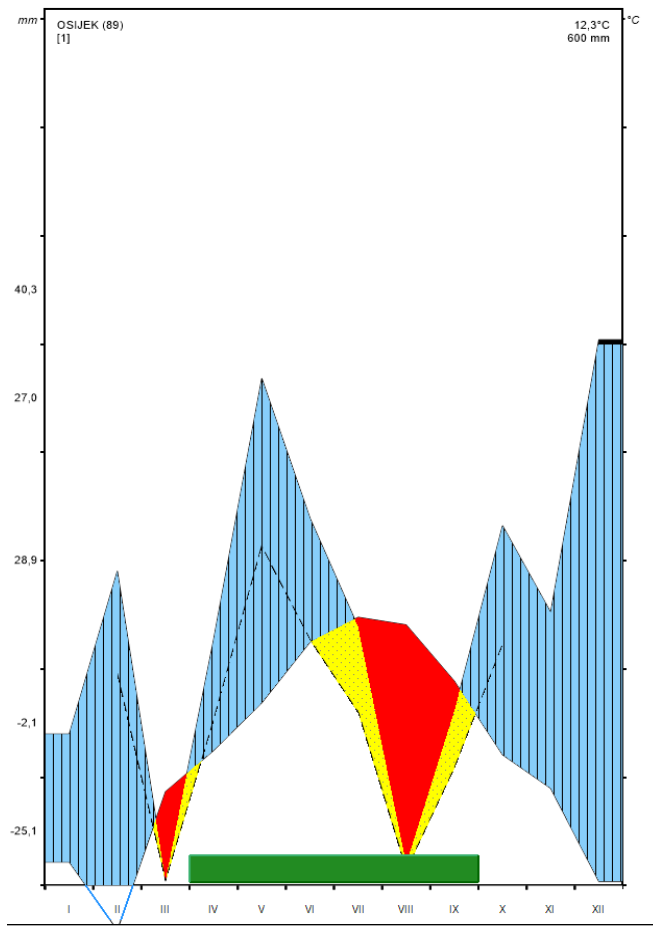
Grafikon 6. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2009. godina)

Godina 2011. također je bila sušna. Analiza toplinskog karaktera klime (T.K.) prema M. Gračaninu pokazuje da je bilo umjereno toplo u listopadu, toplo tijekom travnja i svibnja te vruće od lipnja do rujna. Najtopliji mjesec u toj godini bio je kolovoz, a apsolutno maksimalna temperatura zraka iznosila je 37,8°C. Analiza ukupne količine oborina (mm) pokazuje da je tijekom vegetacijskog razdoblja (4. – 9. mj.) 2011. godine palo 244,9 mm oborina, a mjesec s najmanje oborina bio je studeni tijekom kojeg je palo samo 0,4 mm oborina. Grafikon 7. prikazuje klimatski dijagram po H. Walteru za 2011. godinu iz kojeg je vidljivo da su kraća sušna razdoblja (na grafikonu označeno crvenom bojom) bila tijekom travnja i studenog, a glavno sušno razdoblje protezalo se od kolovoza do listopada iste.



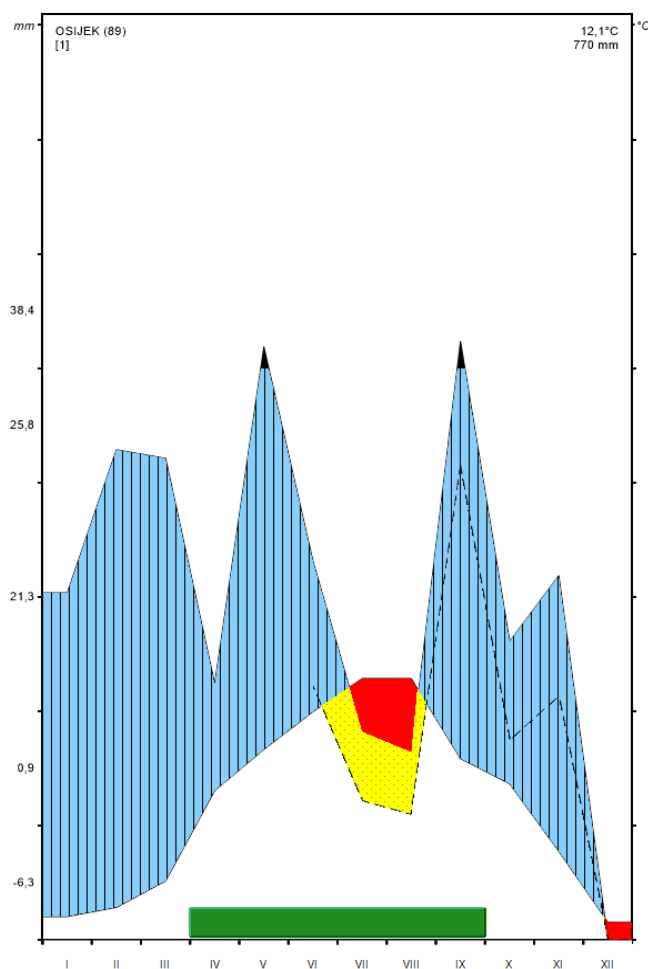
Grafikon 7. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2011. godina)

Godina poslije, 2012., imala je jedno kraće i jedno duže sušno razdoblje. Analiza toplinskog karaktera klime (T.K.) prema M. Gračaninu pokazuje da je bilo umjereno toplo ožujku i studenom, toplo tijekom travnja, svibnja, rujna i listopada te vruće od lipnja do kolovoza. Najtopliji mjesec u toj godini bio je srpanj, a apsolutno maksimalna temperatura zraka iznosila je čak 40,3°C. Analiza ukupne količine oborina (mm) pokazuje da je tijekom vegetacijskog razdoblja (4. – 9. mj.) 2012. godine palo 291,2 mm oborina, a mjesec s najmanje oborina bio je ožujak tijekom kojeg je palo samo 0,9 mm oborina. Grafikon 8. prikazuje klimatski dijagram po H. Walteru za 2012. godinu iz kojeg je vidljivo da je kraće sušno razdoblje (na grafikonu označeno crvenom bojom) bilo u ožujku, a duže tijekom kolovoza iste.



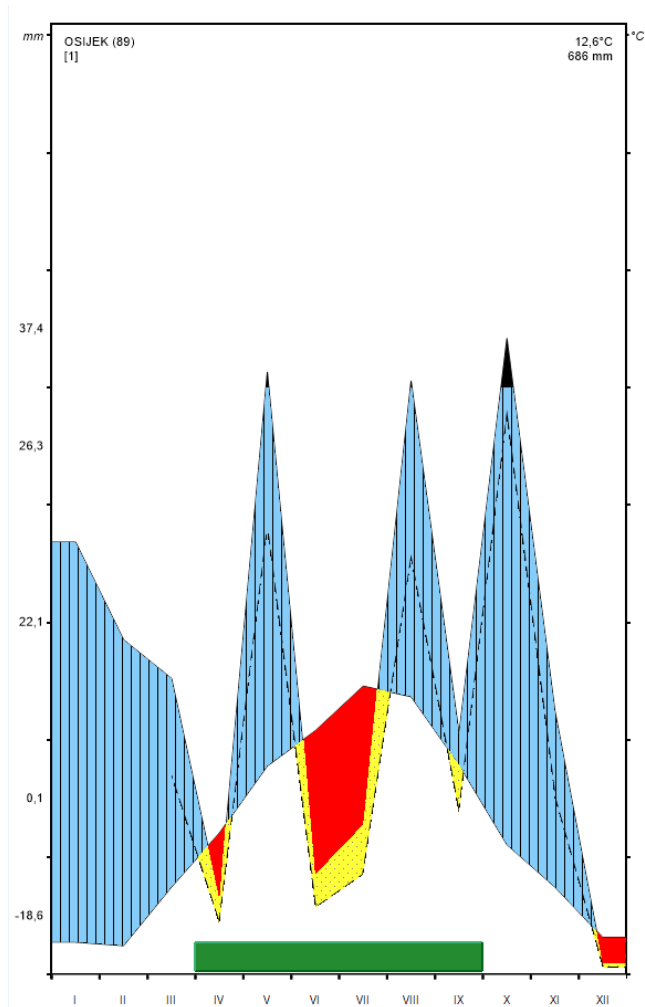
Grafikon 8. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2012. godina)

U 2013. godini bila su dva kraća sušna razdoblja. Analiza toplinskog karaktera klime (T.K.) prema M. Gračaninu pokazuje da je bilo toplo tijekom travnja, svibnja, rujna i listopada te vruće od lipnja do kolovoza, isto kao i prethodne godine. Najtopliji mjesec u toj godini bio je kolovoz, a apsolutno maksimalna temperatura zraka iznosila je 38,4°C. Analiza ukupne količine oborina (mm) pokazuje da je tijekom vegetacijskog razdoblja (4. – 9. mj.) 2013. godine palo 423,3 mm oborina, a mjesec s najmanje oborina bio je prosinac koji je bio bez oborina. Grafikon 9. prikazuje klimatski dijagram po H. Walteru za 2013. godinu iz kojeg je vidljivo da je prvo sušno razdoblje (na grafikonu označeno crvenom bojom) bilo od sredine srpnja do sredine kolovoza, a drugo tijekom druge polovice prosinca iste.



Grafikon 9. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2013. godina)

U zadnjoj godini, 2015. kojom završava razdoblje istraživanja ovog rada, bila su tri sušna razdoblja. Analiza toplinskog karaktera klime (T.K.) prema M. Gračaninu pokazuje da je bilo umjereno toplo tijekom listopada, toplo u travnju, svibnju i rujnu, a vruće od lipnja do kolovoza 2015. godine. Najtopliji mjesec u toj godini bio je srpanj, a apsolutno maksimalna temperatura zraka iznosila je 37,4°C. Analiza ukupne količine oborina (mm) pokazuje da je tijekom vegetacijskog razdoblja (4. – 9. mj.) 2015. godine palo 315,9 mm oborina, a mjesec s najmanje oborina bio je prosinac s 1,9 mm oborina. Grafikon 10. prikazuje klimatski dijagram po H. Walteru za 2015. godinu iz kojeg je vidljivo da su sušna razdoblja (na grafikonu označena crvenom bojom) bila tijekom travnja, zatim od sredine lipnja do sredine srpnja te u drugoj polovici prosinca iste.



Grafikon 10. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2015. godina)

Grafikoni i temperaturni te oborinski izračuni i analize izrađeni su pomoću računalnog programa Klimasoft.

6. HIDROTERMIČKI KOEFICIJENT (Ks) PREMA SELJANINOVU

Za uspješnu poljoprivrednu proizvodnju posebno je važan raspored oborina u toku vegetacijskog razdoblja, iako značajnu ulogu imaju i oborine koje padaju izvan tog razdoblja.

Cilj ovog rada je istražiti pojavnost suše na području Osijeka za razdoblje od 2000. do 2015. godine pomoću hidrotermičkog koeficijenta (Ks) prema Seljaninovu. Uz kišni faktor (KF) prema Langu te indeks suše (ariditeta) "Is" prema de Martonneu, Ks se svrstava u agroklimatske pokazatelje na bazi oborina i temperatura. Drugim riječima, za izračun Ks u obzir se uzimaju suma oborina i suma srednjih dnevnih temperatura zraka tijekom vegetacijskog razdoblja.

Seljaninova metoda nastoji utvrditi povezanost isparavanja i atmosferskih prilika pod pretpostavkom da je utrošak vode na isparavanje u toplim mjesecima približno jednak temperaturnoj sumi umanjenoj za deset puta. Uzme li se odnos oborina za toplo razdoblje prema sumi isparavanja vode iz tla za to isto razdoblje, ovom metodom dobije se hidrotermički koeficijent ili uvjetna bilanca vlage koja nam govori o opskrbljenosti nekog mjesta vlagom (Butorac, 1978.).

Dakle, hidrotermički koeficijent (Ks) može se definirati kao omjer sume oborina za određeno razdoblje i sume temperatura za to isto vremensko razdoblje umanjene za 10. Ova definicija može se prikazati formulom:

$$K_s = \frac{\sum O}{\sum t^{\circ}C} \times 10$$

gdje je

$\sum O$ = suma oborina (mm) za određeno razdoblje;

$\sum t^{\circ}C$ = suma temperatura za to isto razdoblje;

Za izračunavanje hidrotermičkog koeficijenta, kao i za Seljaninovu podjelu na klimatske zone treba uzimati razdoblje kada je srednja dnevna temperatura zraka iznad 10°C. Iz tog razloga koriste se temperaturni pragovi u proljeće i jesen. Prema tome, početkom vegetacije smatra se trenutak kada u proljeće temperatura naraste iznad 10°C, a krajem vegetacije kada u jesen temperatura zraka padne ispod 10°C. Taj razdoblje naziva se "toplim" razdobljem ili razdobljem aktivnog porasta biljaka.

U tablici 4. prikazano je 5 zona opskrbljenosti vlagom prema vrijednosti Ks.

Tablica 4. Zone opskrbljenosti vlagom prema vrijednosti Ks

OZNAKA		RASPON	KLASIFIKACIJA
EV	I.	> 1.3	Zona ekscesivne vlažnosti
UV	II.	1.0 – 1.3	Zona dovoljne vlažnosti
SZ	III.	0.7 – 1.0	Sušna zona
SR	IV.	0.5 – 0.7	Zona suhog ratarenja
ZN	V.	< 0.5	Zona navodnjavanja

6.1. Izračun hidrotermičkog koeficijenta (Ks) prema Seljaninovu

Da bismo pravilno izračunali vrijednost hidrotermičkog koeficijenta, najprije moramo pravilno odrediti granične datume početka i kraja vegetacijskog razdoblja, tj. datume u proljeće i jesen kada su srednje dnevne temperature zraka iznad 10°C. Početak "toplog" razdoblja naziva se još i "uzlaz", dok se kraj tog razdoblja naziva "silaz".

Izračunavanje datuma "uzlaza" vrši se pomoću ovih dvaju formula:

1)

$$n = \frac{b - a}{30 \text{ (ili 31)}}$$

2)

$$x = \frac{(\text{temperaturni prag} - a)}{n}$$

gdje je:

a = srednja mjesečna temperatura koja je najbliža vrijednosti temperaturnog praga (10°C),
a manja je od njega;

b = srednja mjesečna temperatura koja je najbliža vrijednosti temperaturnog praga (10°C), a veća je od njega;

x = broj dana koji se treba dodati srednjem danu mjeseca s temperaturom "a", da bi se dobio datum nastupanja temperaturnog praga. Srednji dan u mjesecu s 30 dana je 15, a za 31 dan je 15.5;

n = koeficijent na tri decimale;

S druge pak strane, datum "silaza" računa se pomoću formule:

$$x = \frac{(b - \text{temperaturni prag})}{n}$$

gdje je

x = broj dana koji se treba dodati srednjem danu mjeseca s temperaturom "b";

Prema hidrotermičkom koeficijentu, koji je precizniji od kišnog faktora prema Langu i indeksa suše prema de Martonneu, područje Osijeka prosječno pripada zoni dovoljne vlažnosti, iako varijacije Ks pokazuju prisutnost i vlažnih i sušnih godina.

6.2. Analiza vremenskih uvjeta promatranog razdoblja (2000. – 2015.) prema hidrotermičkom koeficijentu (Ks)

Radi lakše preglednosti vrijednosti hidrotermičkog koeficijenta razvrstane su dekadno, od 2000. do 2010. godine te od 2011. do 2015. godine. U tablici 5. prikazani su rezultati analize vremenskih uvjeta na području Osijeka u razdoblju od 2000. do 2010. godine.

Tablica 5. Hidrotermički koeficijent (Ks) te odstupanja u količini oborine i srednjih mjesečnih temperatura zraka u razdoblju vegetacije (2000. – 2010.)

GODINA	Ks	Odstupanje u količini oborine u vegetaciji (%)	Odstupanje u srednjim mjesečnim temperaturama zraka u vegetaciji (%)
2000.	0,5	-58,0	+11,4
2001.	1,8	+76,9	+1,1
2002.	1,4	+25,3	+4,0
2003.	0,8	-38,4	+10,8
2004.	1,5	+28,7	-1,7
2005.	2,0	+90,0	+0,6
2006.	1,1	+9,4	+4,0
2007.	0,8	-37,5	+8,5
2008.	1,1	+5,6	+5,7
2009.	0,7	-44,2	+14,2
KLASIFIKACIJA			
Zona ekscesivne vlažnosti			
Zona dovoljne vlažnosti			
Sušna zona			
Zona suhog ratarenja			
Zona navodnjavanja			

Prema dobivenim rezultatima u desetogodišnjem razdoblju (2000. do 2010.) na području Osijeka zastupljeno je svih 5 zona opskrbljenosti vlagom premda je za uočiti kako je učestalija pojava razdoblja vegetacije s prekomjernom količinom oborine (zone ekscesivne vlažnosti, 2001.; 2002.; 2004.; 2005. i 2008.). Nadalje, tri godine (2003.; 2007. i 2009.) su okarakterizirane kao sušne zone. Vegetacijsko razdoblje 2000. godine okarakterizirano je kao zona navodnjavanja, dok je vegetacijsko razdoblje 2006. godine okarakterizirano kao zona dovoljne vlažnosti.

U tablici 6. prikazani su rezultati izračuna hidrotermičkog koeficijenta (Ks) za razdoblje od 2010. do 2015. godine.

Tablica 6. Hidrotermički koeficijent (Ks) te odstupanja u količini oborine i srednjih mjesečnih temperatura zraka u razdoblju vegetacije (2010. – 2015.)

GODINA	Ks	Odstupanje u količini oborine u vegetaciji (%)	Odstupanje u srednjim mjesečnim temperaturama zraka u vegetaciji (%)
2010.	2,0	+ 83,9	+4,0
2011.	0,7	-33,4	+10,2
2012.	0,9	-20,9	+13,6
2013.	2,8	+177,3	+5,7
2014.	3,4	+42,2	+4,0
2015.	1,1	-14,1	+10,8
KLASIFIKACIJA			
Zona ekscesivne vlažnosti			
Zona dovoljne vlažnosti			
Sušna zona			
Zona suhog ratarenja			
Zona navodnjavanja			

Slično kao u i prethodnom desetljeću u razdoblju od 2010. do 2015. godine zamjetna je učestalija pojava zona ekscesivne vlažnosti. Naime od 6 promatranih vegetacijskih razdoblja 3 su razdoblja okarakterizirana kao zone ekscesivne vlažnosti (2010.; 2013. i 2014.). Nadalje dva vegetacijska razdoblja okarakterizirana su kao sušne zone (2011. i 2012.) i naposljetku jedna zona kao zona dovoljne vlažnosti (2015.).

7. INDEKS SUŠE (ARIDITETA) (Is) PREMA DE MARTONNEU

Indeks suše (Is) prema de Martonne-u računa se prema sljedećoj formuli:

$$Is = \frac{Q}{T + 10}$$

gdje je

Q = godišnja količina oborina (mm);

T = srednja godišnja temperatura zraka (°C);

Broj 10 uveden je u nazivniku da bi se izbjegle negativne vrijednosti indeksa Is jer se pretpostavlja da i na većim geografskim širinama srednja godišnja temperatura neće biti niža od 10°C. Također, pretpostavlja se da temperature ispod -10°C nemaju značaj jer je tada tlo smrznuto, a oborine su isključivo u obliku snijega (Žugec i sur., 1996.).

De Martonne je klimatsku podjelu izvršio tako što je uzeo tri vrste oblasti:

1. oblast egzoreizma
2. oblast endoreizma
3. oblast areizma

Oblast egzoreizma je ona u kojoj voda, koja otječe rijekama, ne dostiže oceane. S druge strane, oblast endoreizma je ona u kojoj voda, koja otječe, ne dostiže do oceana, a oblast areizma ona u kojoj uopće nema pravilnog otjecanja vode.

Oblasti s indeksom suše manjim od 5 su areične ili suhe oblasti.

Oblasti s indeksom suše između 5 i 10 su endoreične oblasti,

Kod oblasti sa Is između 10 i 30 umjereno otjecanje vode. U ovakvim oblastima navodnjavanje je korisno, a ponegdje i neophodno za kulture kojima je potrebna veća vlažnost. Oblasti u kojima je Is manji od 20 su areične.

Oblasti sa Is od 20 do 30 pripadaju egzoreičnom tipu. Ukoliko se indeks suše približava broju 30, navodnjavanje nije neophodno.

Oblasti sa Is od 30 do 40 imaju stalno otjecanje vode.

Oblasti sa Is većim od 40 također imaju stalno i obilno otjecanje vode. Dakle, oblasti sa indeksom suše većim od 30 pripadaju egzoreičnom tipu.

7.1. Rezultati analize Is prema de Martonneu za razdoblje (2000. – 2015.)

Radi lakše preglednosti vrijednosti indeksa suše razvrstane su dekadno, od 2000. do 2010. godine te od 2011. do 2015. godine. U tablici 7. prikazani su rezultati analize vremenskih uvjeta na području Osijeka u razdoblju od 2000. do 2010. godine.

Tablica 7. Indeks suše (Is) prema de Martonneu u razdoblju (2000. – 2010.)

GODINA	Is	Odstupanje u količini oborine u vegetaciji (%)	Odstupanje u srednjim mjesečnim temperaturama zraka u vegetaciji (%)
2000.	13,8	- 58,0	+11,4
2001.	44,1	+ 76,9	+1,1
2002.	29,6	+ 25,3	+4,0
2003.	24,2	- 38,4	+10,8
2004.	41,2	+ 28,7	-1,7
2005.	47,7	+ 90,0	+0,6
2006.	29,4	+ 9,4	+4,0
2007.	27,7	- 37,5	+8,5
2008.	27,9	+ 5,6	+5,7
2009.	24,1	- 44,2	+14,2
KLASIFIKACIJA			
Oblast egzoreizma			
Oblast endoreizma			
Oblast areizma			

Prema dobivenim rezultatima u desetogodišnjem razdoblju (2000. do 2010.) na području Osijeka zastupljene su 2 oblasti premda je za uočiti kako dominiraju godine s prekomjernom količinom oborine (oblasti egzoreizma, 2001.; 2002.; 2003.; 2004.; 2005.; 2006.; 2007.; 2008. i 2009.). U ovom razdoblju samo je 2000. godina okarakterizirana kao oblast areizma, tj. sušna godina.

U tablici 8. prikazani su rezultati izračuna indeksa suše (Is) za razdoblje od 2010. do 2015. godine.

Tablica 8. Indeks suše (Is) prema de Martonneu u razdoblju (2010. – 2015.)

GODINA	Is	Odstupanje u količini oborine u vegetaciji (%)	Odstupanje u srednjim mjesečnim temperaturama zraka u vegetaciji (%)
2010.	48,7	+ 83,9	+4,0
2011.	19,5	-33,4	+10,2
2012.	26,9	-20,9	+13,6
2013.	34,7	+177,3	+5,7
2014.	35,5	+42,2	+4,0
2015.	30,4	-14,1	+10,8
KLASIFIKACIJA			
Oblast egzoreizma			
Oblast endoreizma			
Oblast areizma			

Poput prethodnog desetljeća, u razdoblju od 2010. do 2015. godine dominantna je pojava oblasti egzoreizma. Čak pet godina u ovom razdoblju (2010.; 2012.; 2013.; 2014. i 2015.) su godine s prekomjernom količinom oborine. Jedina godina u ovom razdoblju označena kao sušna (oblast areizma) je 2011. Kao niti u prethodnom desetljeću, oblasti endoreizma se ne pojavljuju.

8. ZAKLJUČAK

Prema analiziranim godišnjim količinama oborine te količinama oborine koje su pale tijekom razdoblja vegetacije na području Osijeka može se zaključiti slijedeće:

- rezultati izračuna hidrotermičkog koeficijenta prema Seljaninovu i indeksa suše prema de Martonneu se ne podudaraju u svim godinama u razdoblju od 2000. – 2015. jer se kod izračuna hidrotermičkog koeficijenta prema Seljaninovu uzimaju u obzir oborine i temperature zraka iz vegetacijskog razdoblja, dok se kod indeksa suše u obzir uzimaju godišnje količine oborine i srednje godišnje temperature zraka.
- za analizu vremenskih uvjeta u biljnoj proizvodnji preporuka je koristiti hidrotermički koeficijent prema Seljaninovu radi boljeg uvida u vremenske uvjete tijekom razdoblja vegetacije.
- zamijećena je pojava ekstremnih vremenskih uvjeta u pogledu izmjene sušnih i nadprosječno vlažnih godina.
- zamijećen je nepravilan raspored oborine te pojava prekomjerne količine oborine u kratkom vremenskom razdoblju.
- zamijećena je brza izmjena kišnih i sušnih razdoblja tijekom vegetacije što otežava biljnu proizvodnju te narušava visinu i kvalitetu uroda.

9. POPIS LITERATURE

1. Bonacci, O. (2015). Drought-in times past and today. *Hrvatske vode: časopis za vodno gospodarstvo*, 23(92), 133-141.
2. Bošnjak, Đ. (1993). Stanje, posledice i predviđanja suše u Vojvodini. Zbornik radova, Sv. 21, str. 85–94. Naučni Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
3. Butorac, A. (1978.): Opća proizvodnja – vježbe, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb
4. Cindrić, K., Pasarić, Z., & Gajić-Čapka, M. (2010). Spatial and temporal analysis of dry spells in Croatia. *Theoretical and applied climatology*, 102(1-2), 171-184.
5. Dragović, S. (1995). Suša–elementarna nepogoda ili prirodna pojava. Zbornik radova, Sv. 23, str. 59–73. Naučni Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
6. Gajić-Čapka, M., Cindrić, K., & Pasarić, Z. (2015). Trends in precipitation indices in Croatia, 1961–2010. *Theoretical and applied climatology*, 121(1-2), 167-177.
7. Iljkić, D., Kovačević, V., Kovačević, J., Lalić, A., & Drezner, G. (2010). Weather impacts on yields of wheat and barley. 45. *hrvatski i 5. Međunarodni simpozij agronoma, 15-19 veljače 2010, Opatija, Hrvatska. Zbornik Radova*, 737-740.
8. Kovačević, J. (2015). *Utjecaj vremenskih prilika na prinos sjemenskog kukuruza* (Doctoral dissertation, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Faculty of agriculture. DEPARTMENT FOR PLANT PRODUCTION.).
9. Kovačević, V. (2008). Vremenske prilike sa stajališta uzgoja kukuruza u Hrvatskoj 2007. godine. *Agroznanje (1512-6412)*, 9(4), 43-50.
10. Kovačević, V., Jolankai, M., Birkas, M., Lončarić, Z., & Šoštarić, J. (2009). Influences of precipitation and temperature trend on maize yields.
11. Kovačević, V., Šoštarić, J., Josipović, M., Iljkić, D., & Marković, M. (2009). Precipitation and temperature regime impacts on maize yields in Eastern Croatia. *Research Journal of Agricultural Science*, 41(1), 49-53.
12. Kovačević, V., Rastija, M., Brkić, J., & Iljkić, D. (2012). Uticaj specifičnosti vremenskih prilika u Hrvatskoj 2010. i 2011. na prinos kukuruza. *Агрознање*, 13(2), 199-208.
13. Kovačević, V., Kovačević, D., Pepo, P., & Marković, M. (2013). Climate change in Croatia, Serbia, Hungary and Bosnia and Herzegovina: comparison the 2010 and 2012 maize growing seasons. *Poljoprivreda*, 19(2), 16-22.

14. Kozić Z., Jukić M., Buhiniček I., Živković I., Vragolović A. (2013.). Reakcija na sušu novih BC hibrida kukuruza FAO grupe 600, BC Institut Zagreb, 6. Međunarodni kongres Sv. Martin na Muri; Zbornik radova oplemenjivanje bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo 2013., 36.
15. Maklenović, V., Vučković, S., Kovačević, V., Prodanović, S., & Živanović, Lj. (2009). Precipitation and temperature regimes impacts on maize yields.
16. Markulj, A., Marijanović, M., Tkalec, M., Jozić, A., & Kovačević, V. (2010). Effects of precipitation and temperature regimes on maize (*Zea mays* L.) yields in northwestern Croatia. *Acta Agriculturae Serbica*, 15(29), 39-45.
17. Milošev, D. (2000). Izbor sistema ratarenja u proizvodnji pšenice. Monografija. „Zadužbina Andrejević“, str. 1–166. Beograd.
18. Milošev, D. (2002). Uticaj temperature na formiranje zrna pšenice. Monografija. „Zadužbina Andrejević“, str. 1–112. Beograd.
19. Pavičić, M., Stipešević, B., Jambrović, A., Jug, D., Mikić, B., Jug, I., Stošić, M., & Teodorović, B. (2009). Weather condition impact at grain yield of different vegetation group maize hybrids. *Zbornik Radova 44. Hrvatski i 4 Medunarodni Simpozij Agronoma, Opatija, Hrvatska, 16-20 Veljače 2009*, 614-618.
20. Vučetić, V. (2013). Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivrednu proizvodnju. *Hrvatsko agrometeorološko društvo–Zbornik radova. AGROMETEOROLOGIJA U SLUŽBI KORISNIKA: „Klimatske promjene i poljoprivreda “, Zagreb.*
21. Žugec, I., Bertić, B., Jurić, I., Šamota, D., Stipešević, B. (1996). Agroklimatski pokazatelji. Vježbe i skripta, Sveučilište J.J. Strossmayera - Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

Jedinice s interneta:

1. <http://drought.unl.edu/Home.aspx> (14.03.2017.; 15:39)
2. Hrvatski zavod za statistiku, HZS (2013.): Statistički ljetopis. Biljna proizvodnja u 2012. godini. Dostupno na: http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2013/01-01-14_01_2013.htm, (13.05.2017.; 13:12)
3. Klimasoft 2.2.3. (2017.) – dostupno na: <http://www.monachus-informatika.hr/Work/Project/18> (15.05.17.; 16:56)

10. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Oborine (mm) u razdoblju vegetacije za promatrano razdoblje (2000. – 2015.) i višegodišnje prosjeke (1961. – 1990. i 1980. – 2011.); str.6

Grafikon 2. Srednje mjesečne temperature zraka (°C) u razdoblju vegetacije za promatrano razdoblje (2000. – 2015.) i višegodišnje prosjeke (1961. – 1990. i 1980. – 2011.); str.8

Grafikon 3. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2000. godina); str.14

Grafikon 4. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2003. godina); str.15

Grafikon 5. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2007. godina); str.16

Grafikon 6. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2009. godina); str.17

Grafikon 7. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2011. godina); str.18

Grafikon 8. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2012. godina); str.19

Grafikon 9. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2013. godina); str.20

Grafikon 10. Klimatski dijagram po H. Walteru za Osijek (2015. godina); str.21

11. POPIS TABLICA

Tablica 1. Thornthwaiteova klasifikacija klime; str.4

Tablica 2. Oborine na području Osijeka u razdoblju od 2000. do 2015. godine, odstupanja te višegodišnji prosjeci (1961. – 1990.; 1980. – 2011.); str.5

Tablica 3. Srednje mjesečne temperature zraka na području Osijeka u razdoblju od 2000. do 2015. godine i višegodišnji prosjeci (1961. – 1990.; 1980. – 2011.); str.7

Tablica 4. Zone opskrbljenosti vlagom prema vrijednosti Ks; str.23

Tablica 5. Hidrotermički koeficijent (Ks) te odstupanja u količini oborine i srednjih mjesečnih temperatura zraka u razdoblju vegetacije (2000. – 2010.); str.25

Tablica 6. Hidrotermički koeficijent (Ks) te odstupanja u količini oborine i srednjih mjesečnih temperatura zraka u razdoblju vegetacije (2010. – 2015.); str.26

Tablica 7. Indeks suše (Is) prema de Martonneu u razdoblju (2000. – 2010.); str.28

Tablica 8. Indeks suše (Is) prema de Martonneu u razdoblju (2010. – 2015.); str.29