

POTREBA I MOGUĆNOST NAVODNJAVANJA
POLJOPRIVREDNIH KULTURA U SJEVERNOM DIJELU
REPUBLIKE HRVATSKE

IRRIGATION REQUIREMENTS AND POTENTIALS OF
AGRICULTURAL CROPS IN NORTHERN CROATIA

I. Šimunić, Ankica Senta, F. Tomić

SAŽETAK

U Republici Hrvatskoj navodnjava se oko 11.700 ha poljoprivrednih površina i nalazi se na jednom od posljednjih mjesta u Europi. Učestalost pojave suša posljednjih godina utjecala je na mišljenje javnosti o potrebi navodnjavanja. Stoga je Vlada pokrenula projekt navodnjavanja pod naslovom «Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u RH», koji bi se trebao realizirati u tri etape. U dio navedenog projekta uključen je i ovaj rad, koji je imao cilj za dva vremenska razdoblja (1961-2003 i 1994-2003) utvrditi sljedeće:

Utvrditi evapotranspiraciju kultura (potrebnu količinu vode), utvrditi manjak vode u tlu i odrediti kakvoću vode za navodnjavanje.

U radu su korišteni klimatski podaci meteorološke postaje Đurđevac, za razdoblje od 1961. do 2003., osim insolacije, koja je korištena s meteorološke postaje Osijek. Referentna evapotranspiracija (ET_o) izračunata je metodom Penman-Montheitha, efektivne oborine metodom USBR (US Berau Reclamation), a evapotranspiracija kulture (ET_c) izračunata je iz odnosa ET_o i koeficijenta kulture (kc), uvažavajući različite stadije razvoja kulture. Bilanca vode u lesiviranom tlu za svaku kulturu izračunata je prema metodi Palmera (korigiranoj i kalibriranoj prema Vidačeku, 1981) za dvije različite dubine (do 0.1 m i 0.1-1,0 m). Istraživano tlo je imalo sljedeće značajke: praškasto glinasto ilovasta tekstura, poljski vodni kapacitet (P_{kv})=360 mm i točka venuća (T_v)=160 mm.

U razmatranju su bile sljedeće kulture: duhan, soja, suncokret, šćerna repa, kupus, kelj, paprika krastavci i rajčica. Za obradu podataka korišten je kompjutorski program «Cropwat».

Kakvoća vode za navodnjavanje određivana je za vodotok Županijski kanal, uzorci vode su uzimani na vodomjernoj postaji Kapinci (područje Virovitičko-podravske županije), u razdoblju od 1983. do 2003. godine. Ocjena kakvoće vode načinjena je za svaku godinu prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98). U pojedinačnim pokazateljima kakvoće vodotoka obrađivani su koncentracija kisika, zasićenje kisikom, KPK (kemijska potrošnja kisika), BPK₅ (biokemijska potrošnja kisika). Od hranjivih tvari obrađeni su amonij i nitriti, od mikrobioloških pokazatelja ocjena kakvoće obavljena je prema ukupnim koliformnim bakterijama i broju aerobnih bakterija, te prema PB (Pantle-Buck) indeksu saprobnosti.

Utvrđeni rezultati pokazuju da se kod svih kultura povećala potreba za vodom (evapotranspiracija) u posljednjem razdoblju istraživanja (1994 do 2003 godine), u odnosu na razdoblje od 1961 do 2003 godine. Prosječno povećana potreba za vodom svih praćenih kultura iznosila je 22 mm. Isto tako je utvrđen povećani manjak vode u tlu, koji je prosječno iznosio 8.9 mm. Kakvoća vode u vodotoku Županijski kanal od 21 godine praćenja, 11 godina je bila iznad treće vrste po skupnim pokazateljima.

Temeljem utvrđenih rezultata može se zaključiti da su klimatske promjene u posljednjem razdoblju istraživanja prouzročile povećanu potrebu uzgajanih kultura za vodom, a time i povećani manjak vode u tlu, odnosno potrebu osiguranja veće količine zadovoljavajuće vode za navodnjavanje.

Ključne riječi: Klimatske promjene, potreba navodnjavanja, kakvoća i klasifikacija voda, režim kisika, hranjive tvari, mikrobiološki pokazatelji

ABSTRACT

With only 11,700 ha of irrigated agricultural areas, the Republic of Croatia holds one of the last positions in Europe. Frequent droughts in recent years influenced the public opinion regarding irrigation demands. For this reason, the Government started the «National project of irrigation and management of agricultural land and waters», which will be implemented in three stages. This study was included into a part of the said project. The aims of the study were to determine crop evapotranspiration (required amount of water), soil water deficit and quality of irrigation water for two time periods (1961-2003 and 1994-2003).

Climatic data of the meteorological station Đurđevac for the period 1961-2003 were used, except for insolation data, which were taken from the meteorological station Osijek. Reference evapotranspiration (ET_0) was calculated by the Penman-Monteith method, effective precipitation by the USBR method, while crop evapotranspiration (ET_c) was calculated from the relation of ET_0 and the crop coefficient (cc), taking account of different stages of crop development. Soil water balance (water deficit) for each crop was calculated using the Palmer method (corrected and calibrated according to Vidaček, 1981) for two depth (till 0.1 m and 0.1 m-1.0 m). The studied soil had the following characteristics: silty clay-loam texture, field water capacity (Fwc)=360 mm and wilting point (Wp)=160 mm.

The following crops were studied: tobacco, soybean, sunflower, sugar beet, cabbage kale, pepper, cucumber and tomato. Data were processed with the aid of the «Cropwat» computer program.

Quality of irrigation water for the County Canal watercourse was assessed; water samples were taken at the water gauge station Kapinci in the period from 1983 to 2003. Water quality score was calculated for each year pursuant to the Water Classification Directive. The following individual watercourse quality indicators were analyzed: oxygen concentration, oxygen saturation, COD and BOD_5 . Of nutritious substances ammonium and nitrites were analyzed, while among microbiological indicators quality score was based on total coliform bacteria and the number of aerobic bacteria, as well as on the Pantle-Buck saporbic index.

The results show increased water requirements (evapotranspiration) of all crops in the last investigation period (1994 to 2003) compared to the period from 1961 to 2003. Average increase in water requirement of all monitored crops was 22 mm. Increased soil water deficit was also recorded, amounting on average to 8.9 mm. Water quality in the County Canal watercourse was monitored for 21 years, in 11 years of which it exceeded the third quality class according to group indicators.

The results allow the conclusion that climatic changes in the last investigation period caused increased water requirements of the crops grown, and thereby also higher water deficit in soil and the demand for providing larger quantities of suitable irrigation water.

Keywords: climatic changes, irrigation requirement, water quality and classification, oxygen regimen, nutritious substances, microbiological indicators

1. UVOD

U Republici Hrvatskoj navodnjava se oko 11.700 ha poljoprivrednih površina i nalazi se na jednom od posljednjih mjesta u Europi. Učestalost pojave suša posljednjig godina utjecala je na mišljenje javnosti o potrebi navodnjavanja. Stoga je Vlada pokrenula projekt navodnjavanja pod naslovom «Projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama», koji bi se trebao realizirati u tri etape. Prva etapa je izrada planske dokumentacije i prilagodba zakonodavstvu, druga etapa je izrada pilot projekata i treća izgradnja sustava za navodnjavanje.

Prirodni čimbenici o kojima ovisi navodnjavanje su tlo, voda i klima. Republika Hrvatska raspolaže s oko 2.100.000 ha obradivog poljoprivrednog zemljišta, od toga je 244.000 ha pogodno za navodnjavanje i 500.000 ha je s manjim ograničenjima (Tomić et al., 1993) i raspolaže s količinom od 35.000 m³ obnovljive vode godišnje po stanovniku (Kos, 2004). Klimatske značajke i režim voda u tlu, te njihov međusobni odnos koji je vrlo promjenjiv i složen definiraju uspješnost biljne proizvodnje, jer je veliki dio naše biljne proizvodnje koncentriran na području gdje se povremeno pojavljuje suša. Taj problem bi se mogao djelomično riješiti dovođenjem potrebne, deficitarne vode primjenom navodnjavanja. Navodnjavanjem bi se kao melioracijskom mjerom održavala optimalna vlažnost tla tijekom vegetacijskog razdoblja, a time bi se osigurala stabilnija i viša poljoprivredna proizvodnja. Prema Beltrão i sur. (1996) najviši prinosi se postižu kada je najpovoljniji odnos zraka i vode u tlu, a poglavito u kritičnim razdobljima svake kulture. Nadalje, uspješno navodnjavanje zahtijeva poznavanje zalihe voda u tlu i kapacitet tla za vodu (Gerakis i Zalidis, 1998). Navodnjavanje, odnosno planiranje navodnjavanja je zahtjevna zadaća, koja uključuje multidisciplinarnost struka za utvrđivanje i izračunavanje svih relevantnih čimbenika i parametara.

Svaki klimatski element ima većeg ili manjeg udjela u biljnoj proizvodnji. Međutim, stanje voda i temperatura su dominantni, pri čemu stanje voda u tlu značajno određuju oborine i isparavanje, te površinske i podzemne vode.

Za navodnjavanje poljoprivrednih površina (kultura) osim ekonomskih mogućnosti, blizine vodotoka, dovoljne količine vode, vrlo je važna i kakvoća te vode. Kakvoću vode za navodnjavanje određuju fizikalna, kemijska i biološka svojstva. Od fizikalnih svojstava to su boja, mutnoća, temperatura vode, suspendirane čestice, a od kemijskih svojstava su pH vode, anioni i kationi,

ukupne otopljene soli, teški metali, i toksični ioni. Također za ocjenu kakvoće vode odnosno, dokaz organskog onečišćenja je kemijska potrošnja kisika (KPK) i biokemijska potrošnja kisika (BPK₅) kroz pet dana. Od mikrobioloških analiza bitne su koliformne bakterije i patogeni mikroorganizmi.

Voda se u prirodi najčešće onečišćuje ispuštanjem otpadnih voda iz industrije ili naselja, ali se ne smije zanemariti utjecaj oborinske vode, koja se ispire s poljoprivrednih i prometnih površina kao i odlagališta krutog otpada. Otpadna voda na taj način onečišćuje ne samo površinske vode nego i podzemnu i morsku vodu. U razvijenim zemljama pod kontrolom su najvećim dijelom točkasti izvori onečišćenja. Kontrola raspršenih izvora onečišćenja je najveći izazov, ako se želi održati željena kakvoća prijemnika. Poljoprivreda je ipak glavni izvor raspršenih onečišćenja (hranjive tvari i sredstva zaštite bilja), zatim promet pa energetika (Šimunić i sur., 2002a: 2002b).

Prema Svjetskoj komisiji za okoliš i razvoj, te održivom razvoju imamo obvezu unapređenja i očuvanja kakvoće vode. Pitanje voda u Republici Hrvatskoj regulirano je zakonskim i podzakonskim aktima od kojih su posebno važni: Zakon o vodama (NN 107/95), Uredba o klasifikaciji voda (NN 77/98), te Državni plan za zaštitu voda (NN 8/99). Uredba o klasifikaciji voda zakonska je podloga kojom se propisuju kriteriji, o uvjetno rečeno, čistoći površinskih i podzemnih voda u RH. Hrvatske vode su zakonom zadužene za gospodarenje vodama, a to se postiže redovnim monitoringom kakvoće vode (Vega i sur., 1998; Šimunić i sur., 1993).

Zbog smanjenja industrijske proizvodnje od 1990. godine vidljiv je trend poboljšanja kakvoće površinskih voda.

Uredbom o klasifikaciji voda sve površinske i podzemne vode i more razvrstavaju se u pet vrsta u smislu njihove opće ekološke funkcije kao i uvjetima uporabe voda.

Prema ovoj Uredbi po procjeni čistoće vode proizlazi da je čista i nezagađena voda ona koja se svrstava u I vrstu, a već II vrsta pretpostavlja da je uključen i antropogeni utjecaj.

2. MATERIJAL I METODE RADA

U radu su korišteni klimatski podaci meteorološke postaje Đurđevac, za razdoblje od 1961. do 2003., dok su podaci za insolaciju korišteni s meteorološke

postaje Osijek. Referentna evapotranspiracija (ET_o) izračunata je metodom Penman-Montheitha, efektivne oborine metodom USBR, a evapotranspiracija kulture (ET_c) izračunata je iz odnosa ET_o i koeficijenta kulture (k_c), uvažavajući različite stadije razvoja kulture. Bilanca vode u tlu (manjak vode) za svaku kulturu izračunata je prema metodi Palmera (korigiranoj i kalibriranoj prema Vidačeku, 1981). Promatrano tlo je imalo sljedeće značajke: praškasto glinasto ilovasta tekstura, poljski vodni kapacitet (P_{kv})=360 mm i točka venuća (T_v)=160 mm.

U razmatranju su bile sljedeće kulture: duhan, soja, suncokret, šećerna repa, kupus, kelj, paprika krastavci i rajčica. Za obradu podataka korišten je kompjutorski program «Cropwat».

Kakvoća vode za navodnjavanje određivana je za vodotok Županijski kanal, uzorci vode uzimani su na vodomjernoj postaji Kapinci, u dva navrata tijekom godine, u razdoblju od 1983. do 2003. godine. Ocjena kakvoće vode načinjena je za svaku godinu prema Uredbi o klasifikaciji voda. U pojedinačnim pokazateljima kakvoće vodotoka obrađivani su koncentracija kisika, zasićenje kisikom, KPK, BPK₅. Od hranjivih tvari obrađeni su amonij i nitriti, od mikrobioloških pokazatelja ocjena kakvoće obavljena je prema ukupnim koliformnim bakterijama i broju aerobnih bakterija, te prema PB-indeksu saprobnosti.

Ocjena kavoće vode načinjena je za svaku godinu prema Uredbi o klasifikaciji voda i uputama za njezinu primjenu. Prema broju ispitivanja, mjerodavnu vrijednost za klasifikaciju svih pokazatelja dao je medijan, koji je izračunat pomoću računalnog programa EXCELL 97.

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. Klimatske značajke

Klimatske i hidrološke značajke područja istraživanja dio su neophodnih pokazatelja kod planiranja navodnjavanja nekog područja. Prema Langovu kišnom faktoru područje ima semihumidnu do humidnu klimu.

Klimatski elementi potrebni za izračunavanje referentne evapotranspiracije (E_{to}) prikazani su na tablicama od 1 do 5.

I. Šimunić i sur.: Potreba i mogućnost navodnjavanja poljoprivrednih kultura u sjevernom dijelu Republike Hrvatske

Tablica 1. Srednje mjesečne i godišnje količine oborina (mm)

Table 1. Mean monthly and annual precipitation (mm)

	Mjeseci												God
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1961-2003	48,7	46,3	51,2	64,4	72,2	86,9	84,5	78,7	77,6	65,4	87,1	67,0	830,0
1994-2003	48,8	42,7	40,1	71,2	61,0	84,6	92,6	82,5	121,6	61,6	73,5	69,8	850,0
Min. 61-03	2,4	3,5	11,8	12,2	11,6	26,3	19,9	0,0	7,4	0,0	8,5	11,2	540,5
Max 61-03	151,9	107,2	125,1	140,5	139,2	161,7	275,7	243,5	222,2	197,2	167,4	156,6	1041,1

Tablica 2. Srednje mjesečne i godišnje temperature zraka (°C)

Table 2. Mean monthly and annual air temperatures (°C)

	Mjeseci												God
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1961-03	-0,9	1,3	5,6	10,2	15,3	18,7	20,0	19,3	15,2	10,0	5,1	0,5	10,0
1994-03	0,5	3,0	6,6	10,9	16,7	20,0	21,0	20,7	15,3	10,7	6,0	0,4	11,0
Min.61-03	-8,2	-5,3	-0,1	7,3	12,1	16,3	18,0	16,1	12,3	6,8	0,4	-5,1	8,8
Max.61-03	3,5	7,0	9,6	13,7	18,4	23,1	22,4	23,3	18,2	14,3	10,5	5,1	11,9

Tablica 3. Srednje mjesečne i godišnje relativne vlage zraka (%)

Table 3. Mean monthly and annual relative humidity (%)

	Mjeseci												God
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1961-03	86	82	79	76	76	76	77	80	83	85	87	88	81
1994-03	87	81	78	77	75	76	77	79	84	85	87	89	81
Min. 61-03	75	73	71	66	66	69	68	70	77	80	79	80	76
Max 61-03	93	90	91	82	84	81	82	86	88	90	94	93	86

I. Šimunić i sur.: Potreba i mogućnost navodnjavanja poljoprivrednih kultura u sjevernom dijelu Republike Hrvatske

Tablica 4. Srednje mjesečne i godišnje brzine vjetra (m/s)

Table 4. Mean monthly and annual wind speed (m/s)

	Mjeseci												Sred.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1961-03	2.3	2.4	2.6	2.6	2.7	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4
1994-03	2.3	2.3	2.5	2.6	2.7	2.4	2.5	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.4

Tablica 5. Srednje mjesečne i godišnje sume sijanja sunca (sati)

Table 5. Mean monthly and annual sums of insolation (hours)

	Mjeseci												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1961-03	55,5	90,2	143,5	175,3	220,1	238,0	265,3	253,3	189,0	150,0	71,3	48,7	1900,2
1994-03	55,2	95,4	136,3	176,8	235,8	251,4	275,3	261,4	190,3	152,4	65,7	52,9	1948,9

Godišnja količina oborina, njihova razdioba po mjesecima i godišnjim dobima ili pak maksimalne jednodnevne oborine određuju bitnu značajku klime. Iz tablice 1 razvidno je da je u posljednjem razdoblju istraživanja (1994-2003) u prosjeku palo više oborina, nego u razdoblju 1961-2003. god. Povećanje oborina iznosilo je 20 mm. U vegetacijskom razdoblju (travanj-rujan) palo je u razdoblju 1961-2003. godine na čitavom području oko 56% oborina, dok je u posljednjem razdoblju palo 60,5%. Dakle, uočava se porast oborina zadnjih godina. Registrirana je povećana količina oborina u toplijem dijelu godine, što je značajka kontinentalnog oborinskog režima. Mjesečni oborinski maksimumi na cijelom su području u ljetnom dijelu godine. Na temelju višegodišnjeg prosjeka i rasporeda količine oborina može se zaključiti, da je on povoljan za uzgoj kultura, ali u ekstremno sušnim godinama proizvodnja je vrlo rizična bez melioracijske mjere navodnjavanja.

Temperatura zraka, odnosno temperaturni pragovi su bitan klimatski element u biljnoj proizvodnji.

Područje istraživanja pripada umjereno toploj klimi (Gračanin, 1950). U posljednjem razdoblju praćenja (1994-2003), zabilježeno je prosječno povećanje temperature zraka za 1°C, što može upućivati na opće zatopljenje, a time i na sušu (Stanciu, 2004). Temperatura zraka (s kojom je povezana) i temperatura tla utječu na izbor kultura i rokove agrotehničkih zahvata. U proljetnim kasnim i jesenskim ranim danima za poljoprivredne kulture vrlo je opasna temperatura zraka ispod 0 °C, odnosno pojava mraza. Na ovom

području pojava mraza seže sve do svibnja (prva polovica svibnja), a najranija pojava moguća je već u rujnu (druga polovica rujna).

Srednja višegodišnja relativna vlaga zraka bila je u oba istraživana razdoblja 81% (tablica 3), te označava da područje ima srednju do visoku vlažnost zraka. Najniže vrijednosti relativne vlage zraka zabilježene su u ljetnim mjesecima, a najviše u zimskim. Niska relativna vlaga zraka u kombinaciji s visokim temperaturama zraka može izazvati nepoželjne posljedice na nekim kulturama.

Na tablici 5 je razvidno da na području prevladavaju srednje brzine vjetra, koje ne mogu imati štetne posljedice na izbor kultura i izbor sustava navodnjavanja.

U razdoblju od 1961 do 2003 broj sati sijanja sunca iznosio je 1900,2 sata, dok je u posljednjem razdoblju istraživanja broj sati sijanja sunca povećan za 48.9 sati (tablica 5). Najveće mjesečne vrijednosti sijanja sunca zabilježene su u mjesecima srpnju i kolovožu.

Raščlambom klimatskih elemenata u navedenim razdobljima, vidljiva je promjena kod oborina i temperature zraka, dok su ostali klimatski elementi ostali nepromijenjeni.

3.2. Referentna evapotranspiracija (ET_o), efektivne oborine i evapotranspiracija kultura (ET_k) - potreba kultura za vodom

Rezultati referentne evapotranspiracije, te odnos referentne evapotranspiracije i efektivnih oborina za oba razdoblja istraživanja prikazani su na tablici 6, dok je evapotranspiracija kultura prikazana na tablici 7.

Analizirajući godišnje vrijednosti referentne evapotranspiracije i efektivnih oborina (Dastone, 1975) vidljivo je da su efektivne oborine bile više od referentne evapotranspiracije za oba razdoblja istraživanja. U razdoblju od 1961-2003 efektivne oborine bile su više za 41.4 mm, dok su u razdoblju od 1994-2003 bile više za 14.6 mm. U vegetacijskom razdoblju (na tablici 6. podebljane vrijednosti) evidentna je viša referentna evapotranspiracija nego što su efektivne oborine. Navedena je razlika za prvo razdoblje istraživanja iznosila 149,6 mm, a za drugo 147,3 mm. Navedene činjenice upućuju na konstataciju da nije bilo bitne razlike u referentnoj evapotranspiraciji u vegetacijskim razdobljima u navedenim razdobljima istraživanja, ali se uočava blagi porast evapotranspiracije u posljednjem razdoblju istraživanja. Budući da je referentna evapotranspiracija bila veća od oborina, postoji opravdana potreba za navodnjavanjem.

I. Šimunić i sur.: Potreba i mogućnost navodnjavanja poljoprivrednih kultura u sjevernom dijelu Republike Hrvatske

Tablica 6. Referentna evapotranspiracija, oborine i efektivne oborine, za razdoblja (1961-2003 i 1994-2003)

Table 6. Reference evapotranspiration, precipitation and effective precipitation, for periods 1961-200 and 1994-2003

Mjesec	1961-2003			1994-2003		
	ETo (mm/mj)	Oborine (mm/mj)	Efektivne oborine (mm/mj)	ETo (mm/mj)	Oborine (mm/mj)	Efektivne oborine (mm/mj)
I	12,4	48,7	44,9	12,4	48,7	45,0
II	19,6	46,3	42,9	19,6	42,7	39,8
III	37,2	51,2	47,0	40,0	40,1	37,5
IV	63,0	64,4	57,8	66,0	71,2	63,1
V	93,0	72,2	63,9	102,3	61,0	55,0
VI	111,0	86,9	74,8	117,0	84,6	73,1
VII	120,9	84,5	73,1	127,1	92,6	78,9
VIII	102,3	78,7	68,8	108,5	82,5	71,6
IX	66,0	77,6	68,0	66,0	121,6	97,9
X	37,2	65,4	58,6	37,2	61,6	55,5
XI	18,0	87,1	75,0	21,0	73,5	64,9
XII	12,4	67,0	59,8	12,4	69,8	62,0
Godišnje	693,0	830,0	734,4	729,8	850,0	744,4

Efektivne oborine izračunate su prema metodi USBR

Tablica 7. Potreba kultura za vodom-evapotranspiracija kultura (mm)

Table 7. Crop water requirements-crop evapotranspiration (mm)

Kultura	Evapotranspiracija kultura, 1961-2003 (mm)	Evapotranspiracija kultura, 1994-2003 (mm)	Razlika u evapotranspiraciji kultura (mm)
Duhan	433,2	456,6	23,4
Soja	378,9	399,8	20,9
Suncokret	386,7	408,3	21,6
Šećerna repa	583,9	614,3	30,4
Kupus i kelj	342,9	356,8	13,9
Paprika i krastavci	339,4	359,6	20,2
Rajčica	433,2	456,6	23,4
Srednjak	414,0	436,0	22,0

Na tablici 7. razvidno je da različite kulture imaju različitu potrebu za vodom. U razdoblju od 1994-2003 godine kod svih je kultura utvrđena povećana evapotranspiracija (potreba za vodom), što je u korelaciji s referentnom evapotranspiracijom. Srednja vrijednost povećanja potrebe vode iznosila je 22 mm.

3.3. Bilanca vode u tlu

Tablica 8. Kulture i manjak vode (mm)

Table 8. Crops and water deficit (mm)

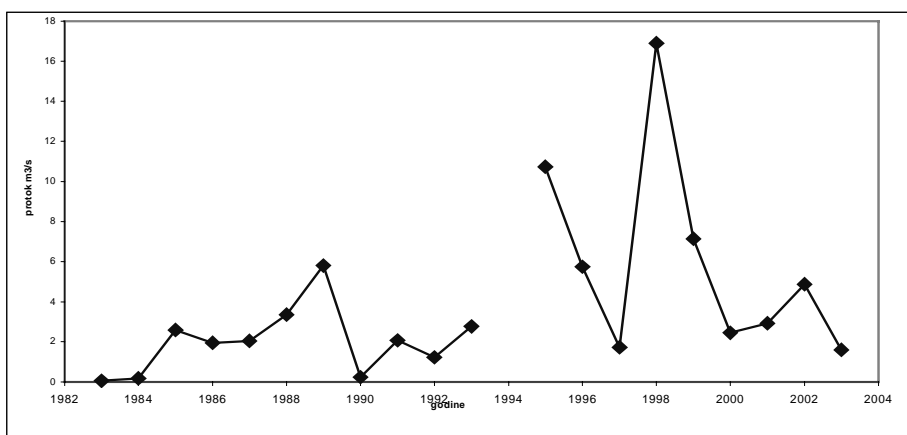
Kultura	Manjak vode, 1961-2003 (mm)	Manjak vode, 1994-2003 (mm)	Razlika u manjku vode (mm)
Duhan	42,6	47,8	5,2
Soja	39,6	45,3	5,7
Suncokret	45,8	52,0	6,2
Šećerna repa	79,4	98,7	19,3
Kupus i kelj	29,8	42,0	12,2
Paprika i krastavci	34,3	39,8	5,5
Rajčica	66,1	73,9	7,8
Srednjak	48,2	57,1	8,9

Iz tablice 8 razvidno je da je kod svih kultura u oba razdoblja istraživanja izračunat manjak vode u tlu, što je u podudarnosti s potrebama biljaka za vodom (evapotranspiracijom kultura). U posljednjem razdoblju istraživanja izračunat je veći nedostatak vode u tlu, koji je u prosjeku za sve kulture bio veći za 8.9 mm.

Na temelju navedenog može se zaključiti da su klimatske promjene u posljednjim godinama prouzročile povećanu potrebu kultura za vodom, a time i povećani manjak vode u tlu, odnosno potrebu osiguranja veće količine vode za navodnjavanje.

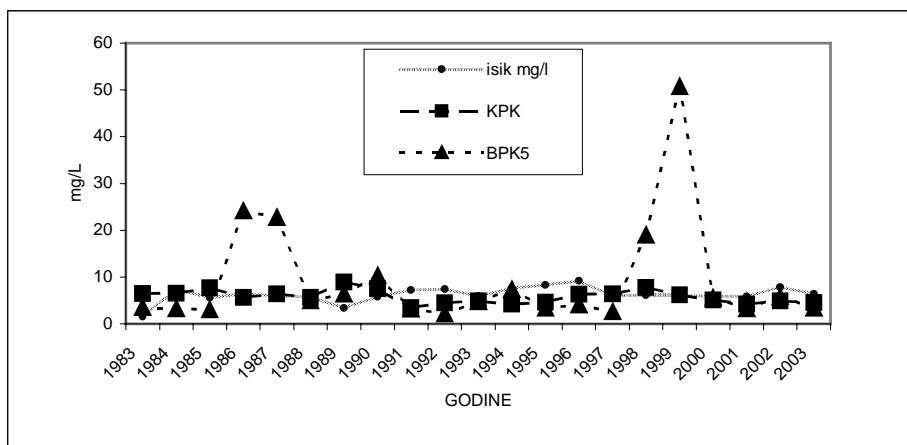
3.4. Kakvoća vode

Protok vode po godinama istraživanja za vodotok Županijski kanal prikazan je na slici 1., dok su koncentracija kisika, KPK kao i BPK₅ prikazane na slici 2.



Slika 1. Protok vodotoka Županijski kanal na vodomjernoj postaji Kapinci u ispitivanim godinama

Figure 1. Discharge of the County Canal watercourse at water gauge station in studied years



Slika 2. Vrijednosti KPK, BPK5 i koncentracija kisika u vodotoku Županijski kanal na vodomjernoj postaji Kapinci u ispitivanim godinama

Figure 2. Values of COD, BOD5 and oxygen concentrations in the County Canal watercourse at water gauge station Kapinci in studied years

Vrijednosti za KPK kretale su se od 3,48 mg/l O₂ do 9,00, a BPK₅ od 2,16 do 24,17 mg/L O₂.

Otopljeni kisik se kretao od vrlo nepovoljnih 1,63 mg/l (1983.) do 9,2 mgO₂/l (1996.)

U monitoring je obično uključen veliki broj parametara koji bez obrade teško mogu dati uvid u kakvoću vode. Za klasifikaciju voda bitne su dvije skupine pokazatelja: obvezni (fizikalno-kemijski parametri, režim kisika, hranjive tvari, mikrobiološki i biološki i dodatni (metali, organski spojevi i radioaktivnost).

Prema Uredbi o kategorizaciji vodotoka Županijski kanal je svrstan u drugu vrstu.

U obradu pojedinačnih pokazatelja uzeti su u obzir: koncentracija kisika, zasićenje kisikom, KPK i BPK₅. Od hranjivih tvari razmatrani su amonij i nitriti, PB indeks saprobnosti od bioloških pokazatelja, a ukupne koliformne bakterije i broj aerobnih bakterija od mikrobioloških pokazatelja. Za pojedine skupine pokazatelja data je ocjena kakvoće prema Uredbi za svaku godinu (Tablica 9).

Klasifikacija vodotoka prema odabranim pokazateljima po režimu kisika se od 1991. godine ustalila na trećoj vrsti, dok je do 1989. godine bila čak tri godine u petoj vrsti i tri godine u četvrtoj vrsti. Po hranjivim tvarima je dosta oscilirala. Do 1990. godine vodotok je bio tri puta u petoj dva puta u četvrtoj i tri puta u trećoj vrsti. Od 1991. godine samo je tri puta kakvoća vode bila lošija od treće vrste. Po mikrobiološkim pokazateljima do 1989 godine voda je bila u trećoj vrsti, a od 1989. godine dva je puta bila u trećoj vrsti, a u svim ostalim godinama u drugoj vrsti. Biološki pokazatelji kao što je i za očekivati daju ujednačeniju kakvoću po vrsti vode, tako da je voda u vodotoku bila u drugoj ili trećoj vrsti, osim u 1983. i 1991. godini, kad je voda u vodotoku bila četvrte vrste. Do sličnih rezultata su došli Marijanović-Rajčić i sur., 2003 i 2005.; Petersen i sur., 2001.

Vidljivo je da je voda po svim pokazateljima prelazila propisanu drugu vrstu. Prema Uredbi o klasifikaciji voda, vode treće vrste mogu se koristiti za navodnjavanje, dok se vode IV vrste mogu koristiti isključivo uz pročišćavanje. Vode V vrste ne mogu se koristiti ni za kakve namjene.

Tablica 9. Prikaz ocjene kakvoće vode vodotoka Županijski kanal na vodomjernoj postaji Kapinci
 Table 9. Water quality scores for the County Canal watercourse at water gauge station Kapinci

GODINA	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03
REŽIM KISIKA - ocjena po pojedinom pokazatelju																					
otopljeni kisik (mg O ₂ /l)	V	I	III	II	II	II	IV	III	I	I	III	I	I	I	II	II	II	III	III	I	II
zasićenje kisikom (%)	V	III	III	III	III	IV	IV	III	III	II	III	III	I	I	III	III	III	III	III	I	III
KPK - Mn (mg O ₂ /l)	II	II	II	II	II	II	III	II	I	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
BPK5 (mg O ₂ /l)	II	II	II	V	V	II	II	IV	II	II	III	III	II	III	II	V	V	III	II	III	II
REŽIM KISIKA - ocjena po skupini pokazatelja	V	III	III	V	V	IV	IV	IV	III	II	III	III	II	III	III	III	IV	III	III	III	III
HRANJIVE TVARI - ocjena po pojedinom pokazatelju																					
amonij (mg N/l)	III	IV	III	IV	III	III	V	III	III	III	III	II	II	III	III	II	III	III	II	III	II
nitriti (mg N/l)	I	I	I	II	IV	II	II	II	II	II	IV	II	II	II	II	II	II	II	I	I	II
HRANJIVE TVARI - ocjena po skupini pokazatelja	III	IV	III	V	V	III	V	IV	III	III	IV	III	II	III	III	IV	V	III	II	III	II
MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI - ocjena po pojedinom pokazatelju																					
broj koliformnih bakterija (NBK/100 ml)	III	II	III	II	III	II	II	II	I	II	II	II	II	II	II	III	III	II	I	I	II
broj aerobnih bakterija (BK/ml 22 °C)	III	III	II	II	I	III	I	I	II	I	I	I	II	II	II	II	II	I	I	II	II
MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI - ocjena po skupini pokazatelja	III	III	III	II	III	III	II	II	II	II	II	II	II	II	II	III	III	II	I	II	II
BIOLOŠKI POKAZATELJI ocjena po pojedinom pokazatelju																					
P - B indeks saprobnosti	IV	III	III	III	III	III	III	II	IV	III	III	III	II	III	III	II	III	III	II	II	II
BIOLOŠKI POKAZATELJI - ocjena po skupini pokazatelja	IV	III	III	III	III	III	III	II	IV	III	III	III	II	III	III	II	III	III	II	II	II

4. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata istraživanja evapotranspiracije kultura, bilance vode u tlu i kakvoće vode za navodnjavanje, za razdoblja (1961-2003 i 1994-2003) može se zaključiti sljedeće:

1. Raščlambom klimatskih elemenata u navedenim razdobljima, utvrđeno je povećanje i oborina i temperature zraka, dok su ostali klimatski elementi ostali nepromijenjeni.

2. Referentna evapotranspiracija bila je veća od oborina (u oba razdoblja), s tim da je u posljednjem razdoblju referentna transpiracija imala trend porasta.

3. Evapotranspiracija kultura je u korelaciji s referentnom evapotranspiracijom, kao i manjkom vode u tlu.

4. Prema dvadesetjednogodišnjem prikazu kakvoće vodotoka, Županjski kanal na vodomjernoj postaji Kapinci, u 12 je godina po režimu kisika bio u trećoj vrsti, tri puta u petoj, četiri puta u četvrtoj vrsti i dva puta u drugoj vrsti.

5. Glede hranjivih tvari, deset puta je bio u trećoj, tri puta u drugoj i po četiri puta u petoj i četvrtoj vrsti.

6. Prema mikrobiološkim pokazateljima vodotok nije prelazio treću vrstu, dok je po biološkim pokazateljima dva puta bio u četvrtoj vrsti a većinom u drugoj i trećoj vrsti.

7. Utvrđeni rezultati ukazuju na nedostatak vode u tlu u vegetacijskom razdoblju a time i na potrebu navodnjavanja, s tim da bi prema Uredbi o kategorizaciji vodotoka većina voda u Hrvatskoj trebala biti u prvoj, drugoj vrsti ili trećoj vrsti.

5. LITERATURA

Beltrão, J., Antunes da Silva, A., Asher, J. B. (1996): Modeling the effect of capillary water rise in corn yield in Portugal. *Irrigation and Drainage Systems*, 10: 179-186.

Dastone, N. G. (1975): Effective rainfall. *FAO Irrigation and drainage paper*, No. 25, Rome.

Doorenbos, J., Pruitt, N. O. (1977): Crop water requirements. *FAO Irrigation and drainage paper*, No. 24, Rome.

- Gerakis, A., Zalidis, G.** (1998): Estimating field-measured, plant extractable water from soil properties: beyond statistical models. *Irrigation and Drainage Systems*, 12: 311-322.
- Gračanin, M.** (1950): Mjesečni kišni faktori i njihovo značenje u pedološkim istraživanjima. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, br.12, Zagreb.
- Kos, Z.** (2004): Hrvatska i navodnjavanje. *Hrvatska vodoprivreda*, 142: 30-41, Zagreb.
- Marijanović Rajčić, M., Jakovčić, T., Vitale, K., Senta, A.** (2003): Vremenske serije i klaster analiza u ocjeni kvalitete vode rijeke Drave. 3. Hrvatska konferencija o vodama. *Zbornik radova*, 351-592, Osijek.
- Marijanović Rajčić, M., Senta, A., Andabaka, D.** (2005): Ocjena kakvoće voda akumulacijskih jezera Bukovnika i Sabljaka. *Hrvatske vode*, 53: 369-372.
- Petersen, W., Bertino, L., Callies, U., Zorita, E.** (2001): Process identification by principal component analysis of river water-quality data. *Ecological Modelling*, 138: 193-213.
- Smith, M.** (1992): *Cropwat-A computer program for irrigation planning and management*. FAO Irrigation and Drainage paper, No. 46, Rome.
- Stanciu, P.** (2004): Drought in 2003 on the Danube River and on the internal rivers in Romania. XXII Conference of Danubian countries on Hydrological forecasting and Hydrological bases of water management. Conference abstracts, 201-202, Brno.
- Šimunić, I., Tomić, F., Pecina, M., Romić, M.** (1993): Djelovanje drenaže na koncentraciju dušika u drenažnoj vodi. *Hrvatske vode* 1(1): 107-110, Zagreb.
- Šimunić, I., Tomić, F., Ostojić, Z.** (2002a): Concentration and leaching of atrazine into drainage water in Gleyic Podzoluvisol. *Rostlinna Vyroba*, 48 (4): 167-174
- Šimunić, I., Tomić, F., Kisić, I., Romić, M.** (2002b): The content of Pb, Zn and Cd in Hydromeliorated soil and drainage Water and their uptake by plants. *Rostlinna Vyroba*, 48 (9): 401-406.
- Tomić, F., Marušić, J., Buntić, Z.** (1993): Uređenje poljoprivrednih površina u Hrvatskoj. *Hrvatske vode*, 1: 51-60, Zagreb.

Vega, M., Pardo, R., Barrado, E., Deban, L. (1998): Assessment of seasonal and polluting effects on the river water by exploratory data analysis. *Water research*, 32 (12): 3581-3592.

Vidaček, Ž. (1981): Procjena proizvodnog prostora i prikladnosti tla za natapanje u Istočnoj Slavoniji Baranji. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 57: 471-502, Zagreb.

*Zakon o vodama NN 107/95

*Uredba o klasifikaciji voda NN 77/98

*Državni plan za zaštitu voda. NN 8/99

*Zaštita voda od onečišćenja u integralnom upravljanju vodama, hrvatska vodoprivreda, posebno izdanje, 2002

Adrese autora – Authors addresses:

Prof. dr. sc. Ivan Šimunić,

Prof. dr. sc. Franjo Tomić

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Primljeno - Received:

22. 02. 2006.

Dr. sc. Ankica Senta,

Škola narodnog zdravlja»Andrija Štampar«, Zagreb