

REŽIM VLAŽNOSTI HIDROMELIORIRANOG VERTIČNOG AMFIGLEJA U SREDNJOJ POSAVINI*

SOIL MOISTURE REGIME OF HYDROAMELIORATED AMPHIGLEY VERTIC IN THE CENTRAL SAVA RIVER BASIN

S. Husnjak

SAŽETAK

Istraživanja režima vlažnosti provedena su na dreniranom i nedreniranom vertičnom amfiglejnom tlu u razdoblju od 1989. do 1991. s ciljem utvrđivanja funkcionalnosti izvedenih drenažnih sustava u Srednjoj Posavini. U sklopu istraživanja dekadno je praćena dinamika trenutačne vlage, razine podzemne vode, pojave stagnirajuće vode u tlu te ukupnog drenažnog isteka, dok je trenutni istek mjeren nakon obilnijih kiša.

Rezultati istraživanja režima vlažnosti dreniranog i nedreniranog vertičnog amfigleja, ukazuju na kretanje trenutačne vlažnosti unutar vlažne i mokre faze, dok suha faza nije utvrđena. U vegetacijskom razdoblju (IV. - IX. mj.) utvrđeno je prosječno trajanje mokre faze od 66 dana godišnje na dubini od 15 cm, 100 dana godišnje na dubini od 30 cm te 53 dana na dubini tla od 60 cm na nedreniranom tlu, dok je trajanje mokre faze na dreniranom tlu nešto kraće i iznosi 50 dana na dubini od 15 cm, 80 dana na 30 cm i 45 dana na dubini od 60 cm. U izvanvegetacijskom razdoblju (X. - III. mj.) utvrđeno je prosječno godišnje trajanje mokre faze od 101 dana na dubini od 15 cm, 154 dana na dubini od 30 cm te 105 dana na dubini od 60 cm na nedreniranom tlu. Trajanje mokre faze na dreniranom tlu slično je trajanju na nedreniranom tlu ili je čak i malo duže. Tako na dubini od 15 cm iznosi 104 dana, na 30 cm 158 dana te na 60 cm 103 dana.

* Tehničkom omaškom članak je nepotpuno otisnut u broju 1-2/200 pa ga u cijelosti ponavljamo.

Razina podzemne vode na nedreniranom tlu varira između 0.1 do 1.3 m dubine a na dreniranom između 0.4 do 1.4 m dubine. Nije utvrđena bitna razlika u dužini trajanja pojave stagnirajuće vode u plitkim pjezometrima na dreniranom i nedreniranom tlu. Maksimalne izmjerene vrijednosti trenutnog drenažnog isteka koje iznose oko 0.0034 m/dan, su za preko 3.5 puta manje od predviđenog projektnog modula odvodnje drenažom. Utvrđene razlike u visini prinosa uzgajanih kultura na nedreniranom i dreniranom tlu nisu statistički opravdane.

Istraživanja režima vlažnosti, te praćenja razine podzemne i stagnirajuće vode dreniranog i nedreniranog vertičnog amfiglejnog tla pokazuju da je kod dreniranih tala i dalje ostao problem pravovremene evakuacije viška vode u rizosfernom sloju tla, prije svega kao posljedica neizvedenih agrotehničkih mjera. U takvim uvjetima izvedeni drenažni sustavi imaju ograničene efekte.

Ključne riječi: režim vlažnosti, stagnirajuća voda, podzemna voda, drenirano tlo, nedrenirano tlo, vertični amfiglej

ABSTRACT

Investigations into the humidity regime were carried out in drained and undrained vertic amphigley soil in the period from 1989 to 1991, with the purpose determine whether the existing drainage systems in the Central Sava Basin were functioning. The investigations included in ten-day periods the dynamics of momentary soil moisture, monitoring of ground levels, occurrence of stagnant water and total drain discharge, while momentary discharges were measured after heavier rains.

The results of investigations into the humidity regime in drained and undrained vertic amphigley indicate the changes of momentary soil moisture within the humid and the wet phase, while the dry phase has not been determined. In the vegetation period April-September the average duration of the wet phase of 66 days per annum was determined at the depth of 15 cm, 100 days per annum at the depth of 30 cm, and 55 days at the depth of 60 cm in undrained soil, while the duration of the wet phase in drained soil was shorter, i.e. 50 days at the depth of 15 cm, 80 days at 30 cm, and 45 days at 60 cm. In the non-vegetation period October-March in undrained soil the average annual duration of the wet phase was 101 days at 15 cm, 154 days at 30 cm, and 105

days at the depth of 60 cm. In drained soil the duration of the wet phase was similar to that in undrained soil, or even slightly longer. Thus, at the depth of 15 cm it was 104 days, at 30 cm it was 158 days, and at 60 cm 103 days.

The ground water level in undrained soil varied from 0.1 to 1.3 m depth, and in drained soil from 0.4 to 1.4 m. No significant difference was noticed regarding the duration of occurrence of stagnant water in shallow piezometers in drained and undrained soil. The maximum measured values of momentary drain discharge of 0.0034 m/day were by 3.5 times lower than the design module.

The determined differences in crop yields on drained and undrained soils have no statistical justification. Investigations into the soil moisture regime and monitoring of the ground water level and stagnant water in drained and undrained vertic amphigley soil show that in drained soil the problem still remains regarding the timely removal of excess water in the rhizosphere layer, first of all as the result of the fact that agrotechnical measures were not carried out. In such conditions, the performance of drainage system remains limited.

Key words: soil moisture regime, stagnant water, ground water, drained soil, undrained soil, amphigley vertic

UVOD

Na većem dijelu poljoprivrednih površina u Hrvatskoj, otežani su uvjeti za intenzivnu biljnu proizvodnju. Prisustvo suvišnih voda u rizosfernom sloju tla predstavlja jedan od značajnijih faktora ograničenja. Kako bi se i na takvim tlima mogla organizirati intenzivna poljoprivredna proizvodnja izvedene su hidromelioracije na mnogim obradivim površinama. Međutim, poznato je da neki hidromelioracijski sustavi ne funkcioniraju u potpunosti odnosno onako kako bi to trebali prema projektnim rješenjima.

Istraživanja funkcioniranja hidromelioracijskih zahvata u Hrvatskoj, započinju krajem sedamdesetih godina. Brojni su autori, među kojima Pušić i sur. (1971. a i b), Škorić i sur. (1971.), Mayer (1976.), Škorić i sur. (1986.), Šimunić (1986.), Racz (1990.), Bogunović (1991.) i Vidaček i sur. (1991.) utvrdili nepotpunost funkcioniranja izvedenih drenažnih sustava u postmelioracijskoj fazi.

Temeljem poznavanja režima vlažnosti hidromelioriranog tla može se doći do saznanja da li je i s kolikim uspjehom došlo do reguliranja suvišne vode, odnosno da li izvedeni drenažni sustav funkcionira i s kojim intenzitetom. Režim vlažnosti, koji predstavlja periodične promjene vlažnosti tla po dubini profila, Rode (1969., 1972.) karakterizira stanje odnosno dinamiku vlage u tlu. Perspektiva razvoja biljne proizvodnje, usko je vezana s režimom vlažnosti tla čijim dovođenjem u optimum osiguravamo osnovne uvjete za intenzivno korištenje hidromelioriranih tala. Upravo radi toga je cilj ovih istraživanja bio da se na temelju višegodišnjih stacionarnih istraživanja režima vlažnosti dreniranih vertičnih amfiglejnih tala, dođe do saznanja da li funkcioniraju i s kojim intenzitetom izvedeni drenažni sustavi na području Srednje Posavine, te kako bi se na temelju rezultata istraživanja mogli preporučiti potrebni daljnji melioracijski zahvati u svrhu intenzivnog korištenja takvih tala. Ovi rezultati predstavljaju dio rezultata istraživanja šireg projekta kontrole efikasnosti drenažnih sustava na području Šašne Grede i Mahova, Vidaček i sur. (1988.).

METODIKA ISTRAŽIVANJA

Na nedreniranom i dreniranom (u uvjetima bez izvedene krtične drenaže) vertičnom amfiglejnom tlu na stacionaru Mahovo (s kontrolnim poljima T-53 i T-6) provedena su višegodišnja stacionarna istraživanja režima vlažnosti. Kontrolno polje T-53 postavljeno je na nedreniranoj proizvodnoj tabli, odnosno na tlu s izvedenom samo osnovnom odvodnjom otvorenim kanalima. Na tom kontrolnom polju postavljena je baterija od šest pjezometra. Za praćenje razine podzemne vode postavljeni su po dva pjezometra od 2.0 i 4.0 m duljine te za kontrolu stagnirajuće vode dva pjezometra od 1.0 m duljine, prema Dieleman i Trafford (1976.). Kontrolno polje T-6, organizirano je na dreniranom tlu. Istraživanjima su obuhvaćeni drenovi br. 51, 52 i 53 koji su obloženi s mehaničkim šljunčanim materijalom, razmaka 15 m i dubine 0.9 m. Na tom kontrolnom polju postavljena su 4 pjezometra od 1.0 m duljine za kontrolu stagnirajuće (viseće) vode, te 4 pjezometra od 2.0 i 4.0 m duljine za praćenje razine podzemne vode. Na izljevima drenažnih cijevi u kanal postavljeni su poluautomatski mjerači za mjerenje isteka vode.

Dinamika momentalne vlage u tlu određivana je u rizosfernom sloju tla, gravimetrijskom metodom u dva ponavljanja, na dubini od 15, 30 i 60 cm.

Dinamika razine podzemne vode kao i pojava stagnirajuće vode mjerena je u pjezometrima, plastične izvedbe (promjera 32 mm), s perforacijom od dna u visini 25 cm obloženo najlonskom mrežicom. Sva mjerenja obavljala su se dekadno i u sklopu redovite biljne proizvodnje, i to u plodoredu jare zobi (1989.), kukuruza (1990.) i jare pšenice (1991.).

Osnovna pedofizikalna svojstva tla određena su prema standardnim metodama, Škorić (1982.). Retencija vlage kod 1500 kPa određena je na tlačnoj membrani.

Statistička analiza trenutačne vlage tla i prinosa uzgajanih kultura izvršena je prema metodi ANOVA, Little i Hills (1978.).

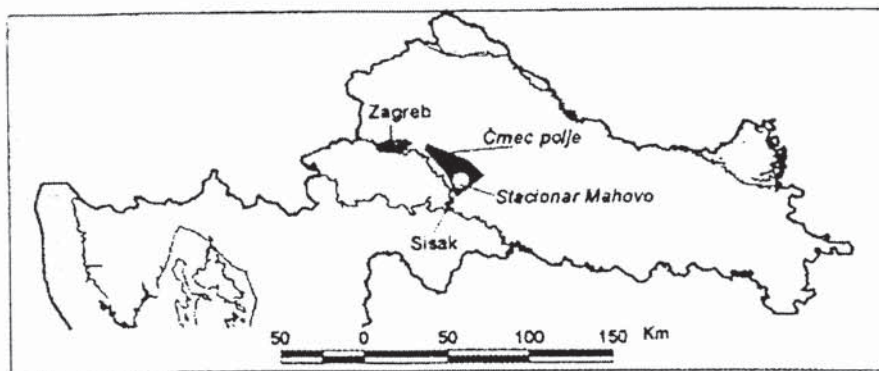
REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Pedofizikalna svojstva

Višegodišnja stacionarna istraživanja dreniranog i nedreniranog vertičnog amfiglejnog tla provedena su na kontrolnim poljima T-53 i T-6 stacionara Mahovo od veljače 1989. do rujna 1991. godine. Područje istraživanja pripada kazeti 10 Črnec polja na kojem je zastupljenost amfiglejnih tala najveća na cijelom projektnom području Črnec polja, Marinčić i sur. (1980.), slika 1.

Slika 1. Položaj stacionara Mahovo u Republici Hrvatskoj

Figure 1. Situation of experimental field Mahovo in Republic of Croatia



S. Husnjak: Režim vlažnosti hidromelioriranog vertičnog amfigleja u Srednjoj Posavini

Prema mehaničkom sastavu tlo na nedreniranom kontrolnom polju je praškasto glinaste ili praškasto glinasto ilovaste teksture u gornjem dijelu profila, a u donjem dijelu je praškasto glinaste i glinaste teksture. Tlo na dreniranom kontrolnom polju je nešto težeg mehaničkog sastava te ima praškasto glinastu i glinastu teksturu do 2.2 m dubine dok su niži slojevi lakšeg mehaničkog sastava te imaju praškasto ilovastu teksturu, tablica 1.

Tablica 1. Mehanički sastav tla na stacionaru Mahovo

Table 1. Mechanical composition of soil of experimental field Mahovo

Polje Field	Dubina Depth cm	Horizont Horizon	Promjer (mm) i %-ni sadržaj čestica Diameter (mm) and percent of particles content					Tekstura Texture
			2-0.2	0.2-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002	
T-53 Nedrenirano Undrained	0-25	P	1.5	1.7	16.4	40.0	40.4	PrG
	25-82	Gr/Gso	1.9	2.2	7.3	49.4	39.2	PrGI
	82-160	Gr	1.0	1.0	8.7	31.8	58.4	PrG
	160-220	Gr	2.3	1.1	14.8	22.4	59.4	G
	220-280	Gr	0.2	1.5	22.5	38.2	37.6	PrGI
	280-330	Gr	3.8	1.7	25.3	39.6	29.6	PrGI
T-5 Drenirano Drained	0-25	P	0.3	1.8	12.9	29.2	55.8	PrG
	25-110	Gr	0.6	1.8	10.2	25.2	62.2	G
	110-150	Gr	3.5	1.1	13.6	32.4	48.4	PrG
	150-220	Gr	2.5	1.3	26.6	26.0	43.6	PrG
	220-350	Gr	1.5	1.2	40.7	36.0	18.6	PrI

Tumač: PRGI - praškasto glinasta ilovača; PrI - praškasta ilovača; I - ilovača; PI - pjeskovita ilovača; P - pijesak

Explanation: PrGI - silty clay loam; PrI - silty loam; I - loam; PI - sandy loam; P - sand

Ostala fizikalna svojstva su u vezi s teškim mehaničkim sastavom. Tako su to tla s velikim ukupnim porozitetom i velikim kapacitetom tla za vodu, ali i s izrazito malim kapacitetom tla za zrak. Retencija vlage kod 15 bara varira od 28.2-32.4% vol. u površinskom i potpovršinskom sloju što ukazuje i na visoki sadržaj nepokretne vlage u tlu, tablica 2.

Tablica 2. Fizikalna svojstva tla na stacionaru Mahovo

Table 2. Pedophysical properties of soil of experimental field Mahovo

Polje Field	Dubina Depth cm	Horizont Horizon	Kapacitet tla za Water capacity for		Ukupni porozitet Total porosity Vol %	Gustoća tla Density of soil		Retencija vlage kod 1500 kPa Water retention at 1500 kPa % Vol
			vodu water Vol %	zrak air Vol %		Volumna Bulk	Prava Specific	
T-53	0-25	P	55.4	4.2	59.6	1.01	2.50	32.1
	25-82	Gr/Gso	53.3	4.1	57.4	1.06	2.49	29.9
	82-120	Gr	47.4	2.6	50.0	1.30	2.60	32.5
T-6	0-25	P	57.1	1.4	58.5	1.06	2.56	28.2
	25-110	Gr	56.5	1.7	58.2	1.07	2.56	30.6

Režim vlažnosti

Hidropedološka svojstva su u izravnoj vezi s matičnim supstratom, kojeg predstavljaju riječni nanosi teškog mehaničkog sastava. Prije izvođenja hidromelioracija dominantan je bio amfiglejni način vlaženja, koji podrazumijeva vlaženje vrlo plitkim (0-50 cm) i plitkim (50-100 cm) podzemnim vodama u kombinaciji sa površinskim stagnirajućim vodama.

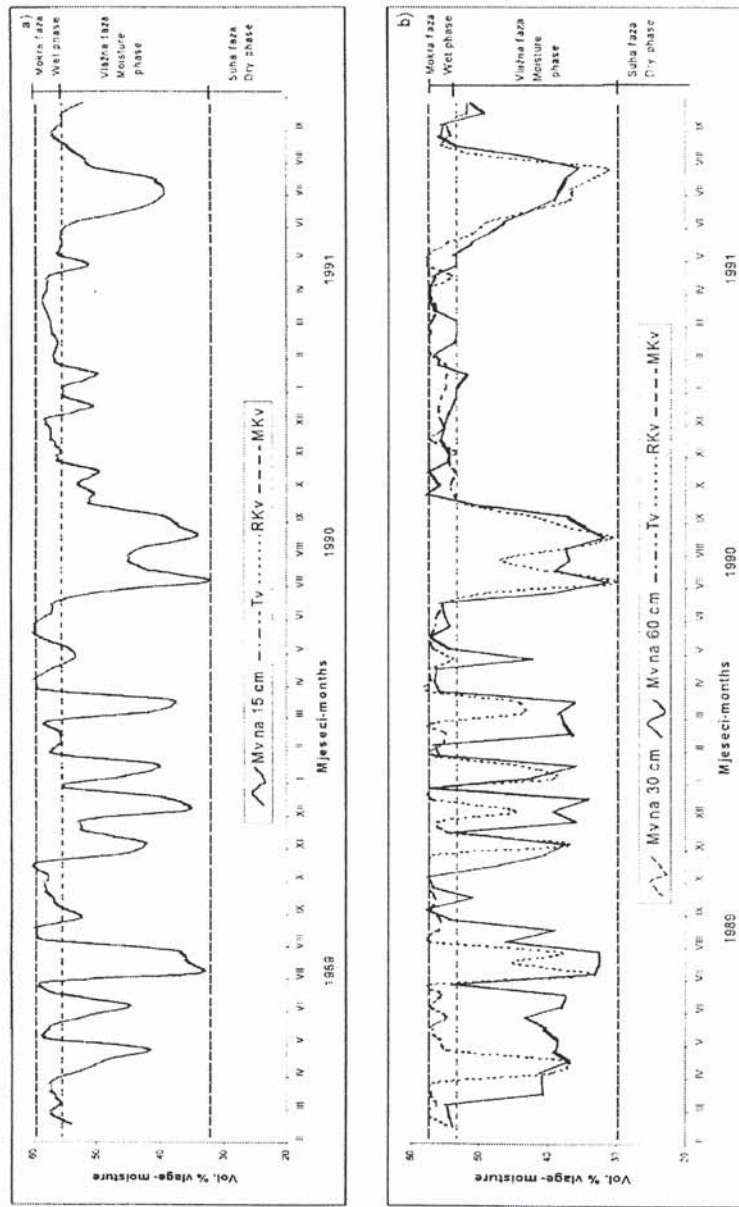
Težak mehanički sastav razlog je vrlo slabe profilne dreniranosti a visoka podzemna voda u profilu je uvjetovana pliće položenim akviferim slojem.

Pod režimom vlažnosti Rode (1969., 1972.) podrazumijeva periodične promjene vlažnosti tla po dubini profila, što odgovara pojmu dinamike vlage. Burulica (1987.) smatra da je momentalna vlažnost tla količina vode koju tlo sadrži u određenom trenutku i koja se mijenja a ima vrlo veliku prostornu varijabilnost, dok Husnjak (1993.) smatra da se analizom dinamike trenutačne vlage može definirati režim vlažnosti nekog tla.

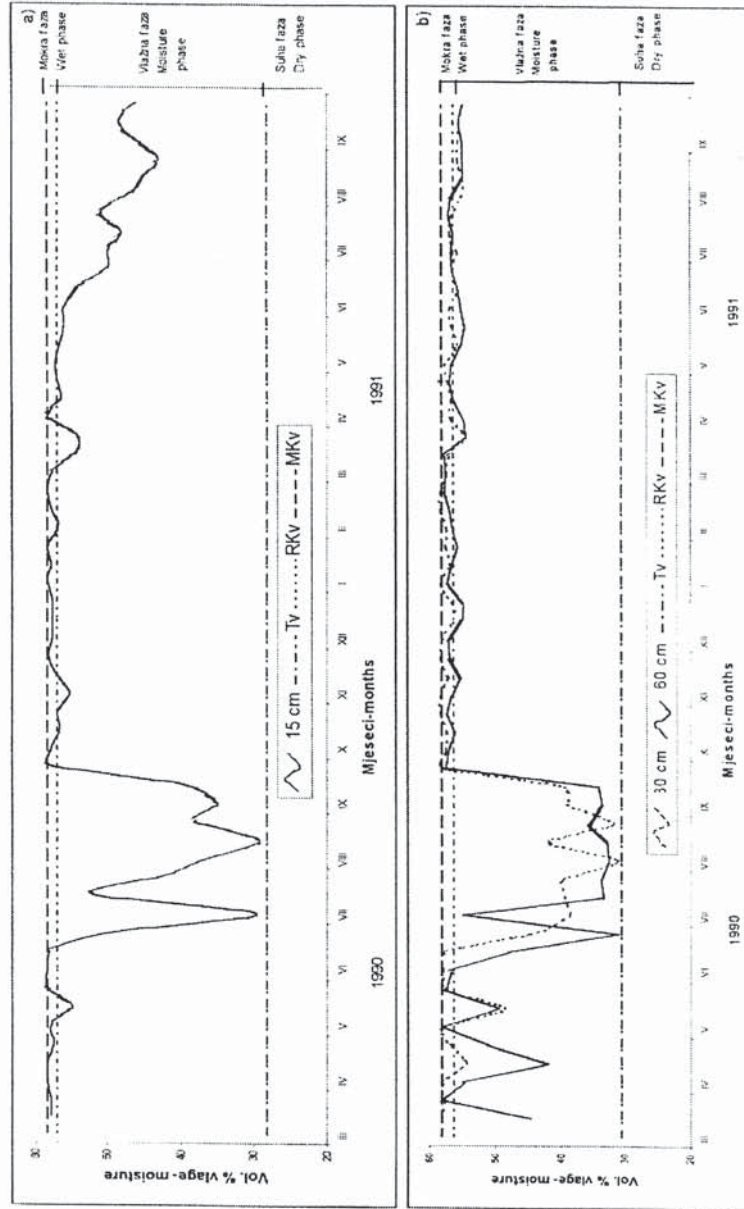
Kretanje dinamike momentalne vlage u odnosu na ukupni porozitet, retencioni kapacitet tla za vodu i točku venuća prikazano je na grafikonima 1 i 2 (a = na 15 cm dubine; b = na 30 i 60 cm dubine). Kao granična vrijednost između mokre i vlažne faze uzeta je vrijednost retencionog kapaciteta tla za vodu a retencija vlage kod 1500 kPa uzeta je kao granična vrijednost između vlažne i suhe faze.

Grafikon 1. Dinamika momentalne vlage (Mv) u tlu na nedreniranom vertičnom amfigleju u odnosu na točku venuća (Tv), retencijski kapacitet (RKv) i ukupno porozitet (MKv)

Graph. 1. Dynamics of momentary soil moisture (Mv) on undrained vertic amphigley with connection on wilting point (Tv), water holding capacity (RKv) and total porosity (MKv)



Grafikon 2. Dinamika momentalne vlage (Mv) u tlu na dreniranom vertičnom amfikleju u odnosu na točku venuća (Tv), retencijski kapacitet (RKv) i ukupno porozitet (MKv)
 Graph. 2. Dynamics of momentary soil moisture (Mv) on drained vertic amphigley with connection on wilting point (Tv), water holding capacity (RKv) and total porosity (MKv)

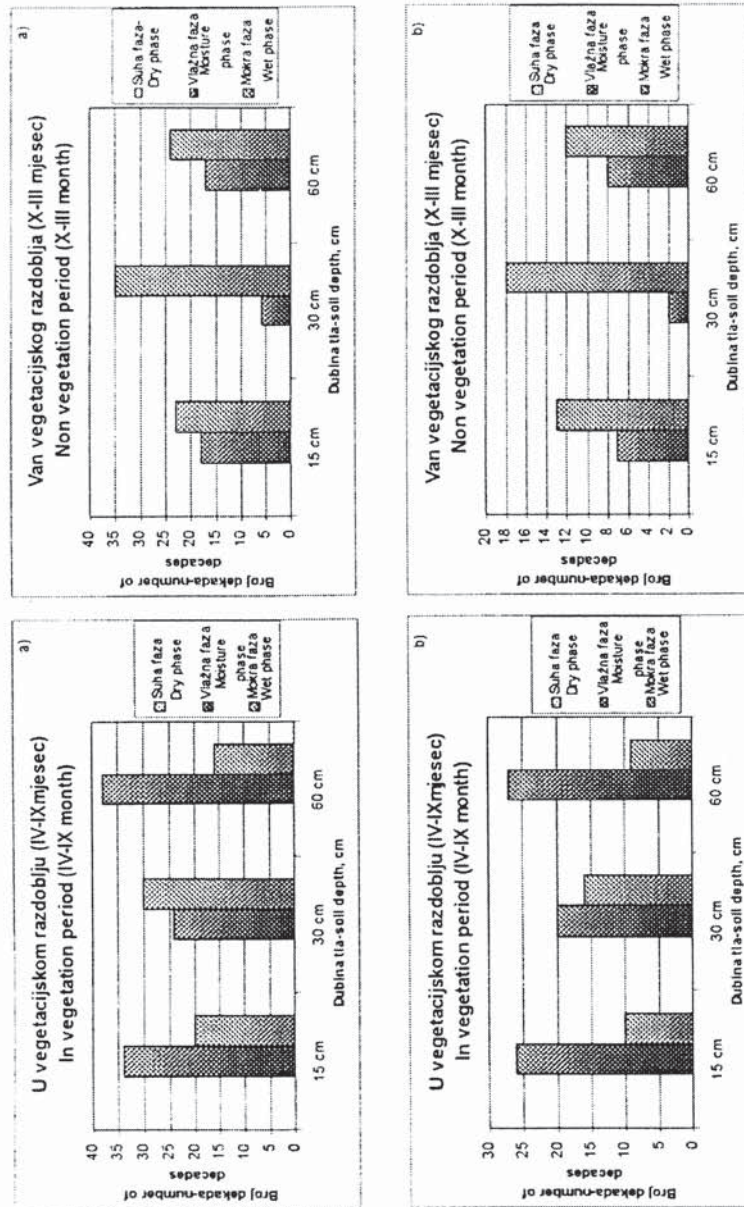


Analizirajući dinamiku kretanja trenutačne vlage na nedreniranom i dreniranom tlu kroz istraživano razdoblje, uočljivo je da se vlaga na sve tri dubine kretala unutar mokre i vlažne faze, dok suha faza nije zabilježena. Na dubini tla od 15 i 60 cm dubine utvrđen je veći broj mjerenja s vrijednostima trenutačne vlage unutar ekološki povoljne vlažne faze dok je na dubini od 30 cm utvrđen veći broj mjerenja s vrijednostima trenutačne vlage unutar ekološki nepovoljne mokre faze. Naime, u odnosu na ukupan broj mjerenja tijekom istraživanja, vlažna faza je na dubini od 15 cm zabilježena u 54.7% mjerenja na nedreniranom te u 58.9% mjerenja na dreniranom tlu, a na dubini od 60 cm u 57.9% mjerenja na nedreniranom te u 62.5% mjerenja na dreniranom tlu. Trenutačna vlaga na dubini od 30 cm se u odnosu na ostale dvije dubine znatno rijede kreće unutar vlažne faze. Tako je vlažna faza na nedreniranom tlu utvrđena u svega 31.6% mjerenja a na dreniranom u 39.3% mjerenja što ukazuje i na postojanje manjih razlika u dinamici kretanja trenutačne vlage na toj dubini između dreniranog i nedreniranog tla. Analizirajući kretanje trenutačne vlage unutar nepovoljne mokre faze, također nisu utvrđene značajnije razlike na dubinama od 15 i 60 cm između nedreniranog i dreniranog tla. Na dubini od 15 cm mokra faza se javlja u 45.3% mjerenja na nedreniranom te u 41.1% mjerenja na dreniranom tlu, dok na dubini od 60 cm te vrijednosti variraju od 42.1% mjerenja na nedreniranom do 37.5% mjerenja na dreniranom tlu. Najveći broj mjerenja mokre faze zabilježen je na dubini od 30 cm, i to u 68.4% mjerenja na nedreniranom te u 60.7% mjerenja na dreniranom tlu, što potvrđuje spomenuto postojanje određenih razlika u dinamici kretanja vlage na toj dubini između spomenutih kontrolnih polja. Slične rezultate utvrdio je i Šimunić (1995.) u trogodišnjim istraživanjima funkcionalnosti kombinirane detaljne odvodnje ali na pseudoglej-glejnom tlu. On je utvrdio pojavu mokre faze na 30 cm dubine tla u 32% mjerenja u odnosu na ukupan broj mjerenja za razmak cijevne drenaže od 15 m te u 41% mjerenja za razmak od 30 m. Na temelju analize podataka o kretanju trenutačne vlage na pojedinim dubinama za vegetacijsko i vanvegetacijsko razdoblje, utvrđeno je postojanje nešto većih razlika između nedreniranog i dreniranog tla tijekom vegetacijskog u odnosu na vanvegetacijsko razdoblje kada su te razlike bile manje.

Ocjena o intenzitetu funkcionalnosti drenažnog sustava može se procijeniti na temelju razlike u dužini trajanja mokre faze između nedreniranog i dreniranog tla. Ukupno trajanje pojedine faze u istraživanom razdoblju, prema dekadnom mjerenju u vegetacijskom (IV-IX mj.) i vanvegetacijskom razdoblju (X-III mj.) prikazano je na grafikonu 3.

Grafikon 3. Trajanje suhe, vlažne i mokre faze prema dekadnom mjerenju na nedreniranom (a) i dreniranom (b) vertičnom amfigleju

Graph. 3. Duration of dry, moisture and wet phase according to measurement at decades on drained (a) and undrained (b) vertic amphigley



Prosječno trajanje mokre faze na nedreniranom tlu (kontrolnom polju T-53) u vegetacijskom razdoblju iznosi 66 dana godišnje na dubini od 15 cm, 100 dana na dubini od 30 cm te 53 dana na dubini od 60 cm. Trajanje mokre faze u dreniranom tlu za isto razdoblje nešto je kraće i iznosi 50 dana godišnje na dubini od 15 cm, zatim 80 dana na 30 cm i 45 dana na 60 cm dubine tla. To ukazuje na nepotpuno funkcioniranje drenažnog sustava tijekom navedenog razdoblja.

Trajanje mokre faze u vanvegetacijskom razdoblju je znatno duže. Na nedreniranom tlu iznosi prosječno 101 dan godišnje na dubini tla od 15 cm, 154 dana na 30 cm te 10 dana na 60 cm dubine, dok je to trajanje na dreniranom tlu podjednako ili čak i nešto duže u odnosu na nedrenirano tlo. Tako na dubini od 15 cm iznosi prosječno 104 dana godišnje, na 30 cm 158 dana te na 60 cm dubine iznosi 103 dana. Ovi podaci upućuju na vrlo slabo ili nikakvo funkcioniranje drenažnog sustava tijekom vanvegetacijskog razdoblja na vertičnim amfiglejn timerima u uvjetima bez izvedenih dodatnih agrotehničkih mjera. Vrlo slične rezultate navode i Petošić i sur. (1993. i 1998.) te Petošić (1994.) koji su utvrdili trajanje mokre faze od 50 do 180 dana godišnje na dreniranom vertičnom amfigleju.

Iako je kontrolno polje T-53 na nedreniranoj tabli, a kontrolno polje T-6 na dreniranoj tabli, potrebno je naglasiti da generalno nema većih razlika u režimu vlažnosti. Značajnija razlika je jedino u tome što se mokra faza u vegetacijskom razdoblju javlja u značajnije većem broju dekada na nedreniranom u odnosu na drenirano tlo. Ove tvrdnje potvrđuju i rezultati statističke analize. Utvrđene razlike u dinamici trenutačne vlage tla, između nedreniranog i dreniranog vertičnog amfiglejn timer tla za dubinu od 15 i 60 cm, nisu statistički opravdane, kako u vegetacijskom, tako i u van vegetacijskom razdoblju. Postojeće razlike nisu statistički opravdane niti za dubinu od 30 cm u vanvegetacijskom razdoblju dok su za dubinu od 30 cm opravdane jedino u vegetacijskom razdoblju, tablica 3.

Tablica 3. Prosječne vrijednosti trenutačne vlage u tlu
Table 3. Average value momentary moisture in soil

Polje - Field	Dubina tla - Soil depth, cm					
	U vegetaciji - Vegetation period			Van vegetacije - Non vegetation period		
	15	30	60	15	30	60
Nedrenirano Undrained T-53	51.70	57.61	49.8	54.91	51.49	56.1
Drenirano Drained T- 6	52.56	55.17	48.7	57.21	49.37	53.9
(P 0.05)	2.31	2.41	2.01	2.58	2.43	2.32

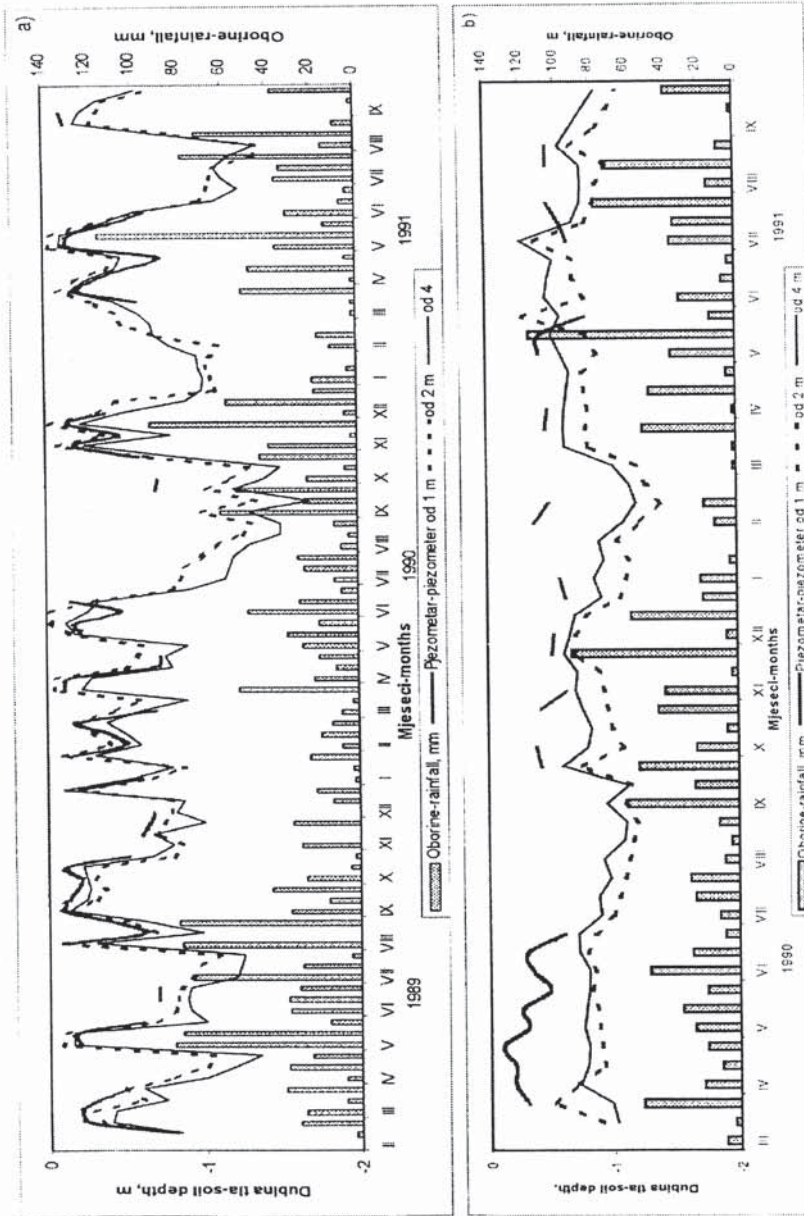
Dinamika podzemne i stagnirajuće vode

Podzemna voda na nedreniranom amfiglejnemu tlu u pjezometrima 2.0 i 4.0 m uglavnom varira između površine tla i 1.0 m dubine, a rijetko, pretežno samo u ljetnim mjesecima pada i ispod 1.0 m dubine tla. Utvrđena je i voda u plitkim pjezometrima od 1.0 m, koja se javlja istovremeno s višim razinama vode u dubljim pjezometrima ili kada je ta razina vode niža, grafikon 4a. Razina podzemne vode u pjezometrima 2.0 i 4.0 m na dreniranom tlu najčešće oscilira unutar 0.5 do 1.5 m dubine tla. Kao i na nedreniranom tlu, ni ovdje nema razlike u visini podzemne vode između ovih pjezometara. Također je više puta utvrđena i pojava vode u plitkim pjezometrima od 1.0 m i to onda kad je razina vode u pjezometrima 2.0 i 4.0 m niža pa se prema tome i ovdje javlja stagnirajuća (viseća) voda kao posljedica slabe profilne dreniranosti. Samo kod više razine vode u pjezometrima 2.0 i 4.0 m visina vode u pjezometru 1.0 m je jednaka visini vode u navedenim dubljim pjezometrima, slika 4b.

Značajnije razlike u trajanju prisustva stagnirajuće vode u plitkim pjezometrima između kontrolnih polja utvrđene su samo u vanvegetacijskom razdoblju. Naime, na temelju dekadnih mjerenja, u vegetacijskom razdoblju je utvrđeno prisustvo stagnirajuće vode u plitkim pjezometrima u trajanju od 93 dana godišnje na nedreniranom te 95 dana godišnje na dreniranom tlu. U vanvegetacijskom razdoblju prisustvo stagnirajuće vode utvrđeno je u trajanju 116 dana godišnje na nedreniranom te 94 dana na dreniranom tlu.

Prema tome, na nedreniranom tlu, odnosno kontrolnom polju T-53, i dalje je prisutno vlaženje vrlo plitkim (0-50 cm) i plitkim podzemnim vodama (50-100 cm) te povremeno i stagnirajućim oborinskim vodama. Na dreniranom tlu, u uvjetima bez izvedenih agromelioracija, utvrđeno je i dalje prisutno kombinirano vlaženje pretežno plitkim a ponekad i vrlo plitkim podzemnim vodama, te povremeno u dužem ili kraćem trajanju i stagnirajućom ili visećom oborinskom vodom kao i na nedreniranom tlu.

Grafikon 4. Dinamika razine podzemne vode na nedreniranom (a) i dreniranom (b) vertičnom amfigleju
 Graph. 4. Dynamics of ground water level on undrained (a) and drained (b) vertic amfigley



Modul odvodnje koji je korišten u projektiranju detaljne odvodnje iznosi 0.013 m/dan a maksimalni istek koji je utvrđen iznosi svega 0.0034 m/dan što je za oko 3.8 puta manje od projektiranog. Osnovni razlog slabe funkcionalnosti drenažnog sustava je neizvođenje dodatnih agrotehničkih zahvata, prije svega kritične drenaže u fazi eksploatacije dreniranih vertičnih amfigleja na području Srednje Posavine te stoga cijevna drenaža ima ograničene efekte. Ova tumačenja potvrđuju Vidaček i sur. (1994.), Husnjak (1993.), Tomić i sur. (1996.) te Husnjak i sur. (1998.), koji su na temelju istraživanja režima vlažnosti hidromelioriranih tala u Posavini i slivu Karašica-Vučica također utvrdili nepotpunu funkcionalnost drenažnih sustava podzemne odvodnje. Kao temeljni razlog su naveli neizvođenje predviđenih agrotehničkih mjera u eksploataciji dreniranih tala. Slične rezultate je utvrdio i Trafford (1972. i 1974.), koji ističe da klasični sustavi podzemne odvodnje bez izvedenih dodatnih mjera kritične drenaže ili podrivanja ima vrlo slabo djelovanje na vodni režim tla težeg mehaničkog sastava. Forgač (1977. i 1985.) također ističe da sama cijevna drenaža ima ograničene efekte na vodni režim tla te preporuča redovito izvođenje kombiniranih sustava detaljne odvodnje u Češkoj i Slovačkoj. De Jong (1977.) ističe da drenažni sustav podzemne odvodnje može zadovoljavajuće funkcionirati bez dodatnih agrotehničkih zahvata samo na dobro propusnim tlima lakšeg mehaničkog sastava.

Analiza prinosa uzgajanih kultura

Temeljem rezultata o prosječnim visinama prinosa uzgajanih kultura općenito se može zaključiti da su na dreniranom vertičnom amfigleju postignuti nešto viši prinosi u odnosu na nedrenirano tlo. Međutim, na temelju podataka o utvrđenom višem prinosu jare zobi koji iznosi 4.2%, zatim kukuruza 2.1% te jare pšenice 3.4% na dreniranom tlu u odnosu na postignute prinose na nedreniranom tlu, može se zaključiti da utvrđene razlike nisu značajne. Naime, prema projektnim rješenjima, nakon izvođenja mjera detaljne odvodnje moglo se očekivati minimalno povećanje prinosa u odnosu na dosadašnje za 10-15%, Tomić i Petošić (1989.). Ove tvrdnje potvrđuju i rezultati statističke analize prinosa temeljem čega je utvrđeno da postojeće razlike u visini prinosa za navedene kulture nisu statistički opravdane, tablica 4.

Tablica 4. Prosječna visina prinosa, dt/ha

Table 4. Average value of yields

Kontrolno polje	Jara zob vegetacije 1989.	Kukuruz vegetacije 1990.	Jara pšenica vegetacije 1991.
Nedrenirano	11.60	56.70	31.70
Drenirano	12.10	57.90	32.80
(P 0.05)	0.87	1.14	1.26

Spomenute male razlike u visini prinosa uzgajanih kultura, također ukazuju na nepotpunu funkcionalnost drenažnog sustava koja je već ranije potvrđena na temelju analize režima vlažnosti i dinamike podzemnih i stagnirajućih voda.

ZAKLJUČCI

Istraživanje dreniranog i nedreniranog vertičnog amfiglejnog tla na stacionaru Mahovo, potvrđuje prvobitnu ujednačenost pedofizikalnih i hidropedoloških svojstava tla.

Temeljem režima vlažnosti, utvrđeno je da nema bitnih razlika u trajanju mokre i vlažne faze između dreniranog i nedreniranog tla iako je utvrđeno nešto duže trajanje mokre faze na nedreniranom tlu u vegetacijskom razdoblju. U vanvegetacijskom razdoblju utvrđene razlike u trajanju mokre faze su znatno manje u odnosu na vegetacijsko razdoblje. Najveće razlike u trajanju mokre faze koje su i statistički opravdane, utvrđene su u vegetacijskom razdoblju na dubini tla od 30 cm.

Temeljem dinamike podzemne i stagnirajuće vode u tlu i dalje je utvrđeno javljanje kombiniranog načina vlaženja, kako na nedreniranom tako i na dreniranom tlu, i to pretežno vrlo plitkim (0-50 cm) i plitkim (50-100 cm) podzemnim vodama, te povremeno stagnirajućim ili visećim oborinskim vodama, dužeg ili kraćeg trajanja u gornjem dijelu profila. Veće razlike u trajanju prisustva stagnirajuće vode u plitkim pjezometrima između istraživanih kontrolnih polja uočene su samo u vanvegetacijskom razdoblju, kada je utvrđeno prisustvo stagnirajuće vode u trajanju 116 dana godišnje na nedreniranom te 94 dana godišnje na dreniranom tlu. Utvrđeni maksimalni drenažni istek od 0.0034 m/dan je za oko 3.8 puta manji u odnosu na projektom predviđeni modul odvodnje drenažom.

Visina prinosa uzgajanih kultura nešto je veća na dreniranom tlu u odnosu na visinu prinosa na nedreniranom tlu, ali te razlike nisu statistički opravdane. Povećanje prinosa na dreniranom tlu je znatno manje od predviđenog povećanja projektnim rješenjem.

Istraživanja režima vlažnosti i dinamike razine podzemnih i stagnirajućih voda na hidromelioriranom vertičnom amfiglejnem tlu, ukazuju da je i dalje ostao problem pravovremene evakuacije viška oborinske vode koja stagnira u gornjem dijelu profila kao i visokih razina podzemnih voda i to na oba kontrolna polja, uzrokujući duže trajanje mokre faze. Iako je na T-6 izvedena detaljna odvodnja cijevnom drenažom, bez izvedenih dodatnih agrotehničkih mjera, takav sistem će imati ograničene efekte na razinu podzemnih voda te vrlo male efekte na prisustvo stagnirajućih voda.

LITERATURA

- Bogunović, M., A. Škorić, Z. Racz, Ž. Vidaček** (1991): Vertic Hydromorphic Soils of the Sava River Valley and Problems of their Utilization. Zemljište i biljka, Vol. 40, No 1, 13-28, Beograd.
- Burulica, Č.** (1987.): Fizikalna svojstva tla. Šumarska enciklopedija, sv. III, 479-481, Zagreb.
- De Jong, M. H.** (1977.): Sistemi drenaže s obzirom na svojstva zemljišta, Vodoprivreda br. 56, Beograd.
- Dieleman, P. J., B. D. Trafford** (1976): Drainage testing, Irrigation and Drainage Paper, No. 28, FAO, Rome.
- Forgač, K.** (1977.): Problemi i iskustva sa odvodnjavanjem na teškom tlu. Vodoprivreda br. 56, Zagreb.
- Forgač, K.** (1985.): Iskustva sa drenažom teških zemljišta u ČSSR. Vodoprivreda br. 17, Zagreb.
- Husnjak, S.** (1993.): Stacionarna istraživanja režima vlažnosti i pedomehaničkih svojstava hidromelioriranih tala dijela Srednje Posavine. Magistarski rad, 81 str. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju.
- Husnjak, S., Ž. Vidaček, M. Bogunović, M. Sraka** (1998.): Hidropedološke i pedomehaničke značajke dreniranog amfigleja u srednjoj Posavini. Zbornik radova sa međunarodnog simpozija "Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede", Opatija 3.-6. veljače 1998., str. 203-212.

- Little, T. M., J. Hills** (1978): Agricultural experimentation design and analysis: John Wiley and Sons, New York, Santa Barbara, Chichester, Brisbane, Toronto, 350 str.
- Marinčić, I., I. Stričević, D. Petošić** (1980.): Hidropedološka studija s normativima detaljne odvodnje Kazete 10. Institut za agroekologiju, Zagreb.
- Mayer, B.** (1976.): Režim vlažnosti pseudogleja pod raznim načinima šumskog gospodarenja. Magistarski rad, Zagreb.
- Petošić, D., Ž. Vidaček, D. Dolanjski, S. Husnjak, M. Sraka** (1993.): Stanje i kontrola cijevne drenaže na pokusnom objektu Oborovo u Posavini. Poljoprivredne aktualnosti 29 (93) 3-4.
- Petošić, D.** (1994.): Funkcionalnost sustava detaljne odvodnje u Posavini. Poljoprivredna znanstvena smotra 59 (94) 1.
- Petošić, D., D. Dolanjski, S. Husnjak** (1998): Functionality of Pipe Drainage at the Trial Field Oborovo in the Sava River Valley. Poljoprivredna znanstvena smotra, Vol 66, br.4, str. 353-360.
- Pušić, B., B. Đaković** (1971., a): Pokusna stanica za odvodnju Jasinje, program rad i rezultati. Savjetovanje o Posavini, posebna publikacija, str. 171-178. Poljoprivredni fakultet, Zagreb.
- Pušić, B., S. Vukušić** (1971., b): Učinak cijevne drenaže na odvodnju teških glejnih tala eksperimentalnog objekta Rugvica-Ježevo. Savjetovanje o Posavini, posebna publikacija, str. 171-178. Poljoprivredni fakultet, Zagreb.
- Racz, Z.** (1990.): Hidropedološka problematika stacionarnih istraživanja za potrebe intenzivne ratarske proizvodnje, referat stručnog sastanka VP "Karašica-Vučica" u Donjem Miholjcu.
- Rode, A. A.** (1969.): Osnovi učenja o počvenoj vlage, Tom II. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Rode, A. A., V. N. Smirnov** (1972): Počvovedenje, Vissaja škola, 1-480, Moskva.
- Šimunić, I.** (1986.): Karakteristike promjena (dinamike) mokre, vlažne i suhe faze u pseudogleju u ovisnosti od izvedenih meliorativnih zahvata, magistarski rad. Poljoprivredni fakultet, Sarajevo.
- Šimunić, I.** (1995.): Reguliranje suvišnih voda tla kombiniranom detaljnom odvodnjom u Lonjskom polju. Poljoprivredna znanstvena smotra 60, 3-4, str. 279-306.

- Škorić, A., Z. Racz, D. Srebrenović** (1971.): Hidromorfna tla na području donjeg Limana i prijedlozi za melioracijska rješenja. Savjetovanje o Posavini, posebna publikacija, str. 213-221. Poljoprivredni fakultet, Zagreb.
- Škorić, A.** (1982.): Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.
- Škorić, A., Z. Racz, M. Bogunović** (1986.): Pedosfera i vodni režim Posavlja, Poljoprivredna znanstvena smotra br. 75: 403-435, Zagreb.
- Tomić, F., D. Petošić** (1989.): Dosadašnja iskustva i potrebe detaljnijeg uređenja zemljišta u Posavini. Zbornik radova sa znanstvenog skupa JAZU (Rijeka Sava - zaštita i korištenje voda), Zagreb.
- Tomić, F., I. Šimunić, M. Bogunović** (1996): Water regime of drained pseudogley-gley soil in the Central Sava basin. International commission on irrigation and drainage. Proceeding of 6th Drainage workshop on drainage and the environment, 242-250, Ljubljana, Slovenija.
- Traford, B. D.** (1972): Field drainage experiments in England and Wales. Field Drainage Experimental Units, Austay Holl, Cambridge.
- Traford, B. D.** (1974): Soil water regime - What is known the work which in land and suggestion for progress, MAAF, FDEN, No 73/13, Cambridge.
- Vidaček, Ž., S. Čamdžić, Z. Racz, J. Marušić** (1991.): Iskustva i preporuke za racionalno korištenje dreniranih površina. Priručnik za hidrotehničke melioracije, knjiga 6, Zagreb.
- Vidaček, Ž., Z. Racz, T. Žgur, I. Crnčan, S. Husnjak** (1994.): Stanje i efekti cijevne drenaže na pokusnom polju Kapelna u slivu Karašica-Vučica. Zbornik radova sa znanstvenog skupa "Poljoprivreda i gospodarenje vodama", Bizovačke toplice 94, str. 379-390.
- Vidaček, Ž. i sur.** (1988.): Kontrola efikasnosti drenažnog sistema na području Šašna Greda-Razdjeli. Izvještaj za 1987 godinu. Institut za agroekologiju, Poljoprivredni fakultet, Zagreb.

Adresa autora – Author's address:

Dr. sc. Stjepan Husnjak
Zavod za pedologiju
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25
10000 Zagreb

Primljeno: 1. 8. 2000.