

PUTNA MREŽA U SISTEMU ZA NAVODNJAVANJE I NJEN UTICAJ NA IZBOR OPTIMALNOG REŠENJA ZA NAVODNJAVANJE

Marko GOSTOVIĆ — Subotica*

1. UVOD

U okviru mera za povećanje poljoprivredne proizvodnje, u narednom periodu predviđa se rast navodnjavanih površina. Kada se radi o navodnjavanju većih površina, od nekoliko hiljada hektara, neophodno je analizirati različita rešenja u cilju dobijanja optimalnih rešenja.

Analiza treba da obuhvati troškove isporuke određene količine vode, koji u prvom redu zavise od razvodne mreže, opreme — mašina za zalivanje i oblika površina za navodnjavanje. Posebno mesto u ovoj analizi ima putna mreža, jer:

- poljske puteve treba izgraditi zbog povećanja prinosa, a time i transporta, i potrebe da se obezbedi nesmetani saobraćaj u većem delu godine,
- troškovi gradnje puteva čine značajan deo ukupnih ulaganja.

Imajući ovo u vidu, ukazaće se na principe određivanja gustine putne mreže, izbora puteva koje treba izgraditi i njihove širine kao i na uticaj puteva na izbor optimalnog rešenja za navodnjavanje.

2. GUSTINA PUTNE MREŽE I IZBOR PUTEVA KOJE TREBA IZGRADITI

Gustina putne mreže zavisi od više činilaca (posedovni odnosi, način korišćenja zemljišta, zemljišni oblici, veštački objekti i dr.). Najveći uticaj ima dužina parcele. Problem optimalne dužine velikih parcela kod nas još nije dovoljno izučen [1], [6]. Ipak, polazeći od sledećih činjenica:

- da se troškovi mehanizacije smanjuju sa rastom dužine parcele, ali se tada povećavaju troškovi transporta po parceli, te se optimalna dužina dobija uzimajući u obzir, pored ostalih ova dva osnovna faktora i
- da je obim transporta na navodnjavanim površinama veći, prihvatljive su dužine parcela koje daje Švehla [4] — u tab. 1.

* Adresa autora: Prof. dr Marko Gostović, Građevinski fakultet, Subotica, Kozaračka br. 2/a.

Tab. 1. — Dužine i odnos strana za parcele različite veličine

P (ha)	2	5	10	50	90
min.	200	300	400	500	550
L _{max.}	300	450	500	850	950
m	4.5—4	4—2.5	2.5—2	2—1	1

L — dužina parcele,

m — odnos između dužine i širine parcele.

Izbor puteva koje treba izgraditi zavisi od njihove funkcije u odnosu na površinu koju opslužuju, odnosno od količine tereta koji treba da se preveze po njima, a koji je srazmeran veličini površine [2].

Orijentacione vrednosti širine kolovoza zavisno od kategorije puta, date su u tab. 2.

Tab. 2. — Širine poljskih puteva [2]

Vrsta puteva	Površina koju opslužuje (ha)		ŠIRINA (m)	
			kolovoza	planuma
Sabirni put	preko	300	4.5—5.0	6.0—7.0
Povezni put	150	—300	4.5	6.0
Pristupni put	oko	300	2.5—3.0	4.0—5.0

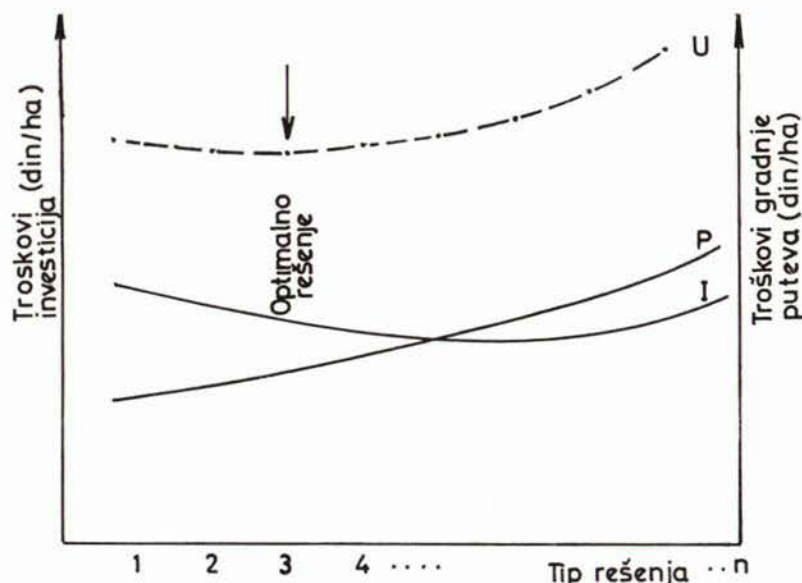
Za svako analizirano rešenje sistema za navodnjavanje, pridržavajući se gravitacionog modela i pravila najkraćih pravaca, treba rešiti saobraćaj na datom području, imajući u vidu osnovni pravac prevoza (skladište, silos, pre-rađivački kapacitet i sl.). Ovim se dobija za svaki put u mreži, i za svaku deonicu puta, površina koja gravitira ka njemu — na osnovu koje se određuje širina kolovoza, a zatim troškovi gradnje puteva.

Za pojedina rešenja sistema za navodnjavanje izračunaju se troškovi investicija (svrsishodno je uzimati u obzir samo troškove koji potiču od parametara koji se mogu menjati) — kriva I na slici 1, i troškovi gradnje puteva — kriva P; sabiranjem ove dve grupe troškova dobijaju se ukupni troškovi — kriva U, koji ukazuju na optimalna rešenja.

Uticaj na ukupne troškove ima i oblik zalivnog polja (vidi sl. 5), od kojeg zavisi dužina razvodne mreže i puteva. Zbog toga treba obratiti pažnju na oblik navodnjavane površine i težiti da se izabere najpovoljniji oblik. Ukoliko je izbor površine za navodnjavanje moguć u postupku komasacije zemljišta — o tome treba voditi računa. Inače, može se koristiti postupak arondacije.

3. PRIMER ANALIZE PUTNE MREŽE

Radi ilustracije navedenog postupka, obradiće se jedan primer koji će ujedno omogućiti da se donesu još neki zaključci u vezi ovog problema. Za prikaz će se iskoristiti iscrpna Studija generalnog navodnjavanja područja oko H. S. Tisa—Palić na površini 20.000 ha [4].



Sl. 1. Grafički prikaz izbora optimalnog rešenja sistema za navodnjavanje

3.1. Prikaz rešenja iz Studije

Pojedini podsistemi i zalivne površine snabdevaju se vodom iz kanala H. S. Tisa — Palić. Prema prethodno urađenoj poljoprivrednoj osnovi, jedinač- na površina za zalivanje je 200 ha (parcela), a analizom je obuhvaćena povr- šina $8 \times 200 \text{ ha} = 1.600 \text{ ha}$ (zalivno polje).

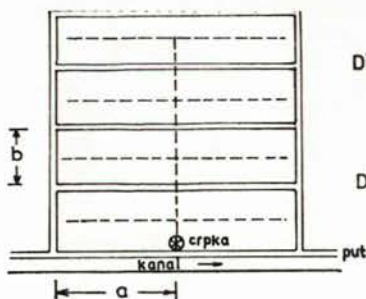
Troškovi su analizirani u vidu početnih investicija po 1 ha (troškovi op- reme, razvodne mreže i zauzetog zemljišta) i godišnjih troškova (troškovi am- ortizacije, održavanja opreme i razvodne mreže, gubitaka prihoda sa zauzetog ili ne navodnjavanog zemljišta, energije i radne snage).

Razmotrene su cevne i kanalske razvodne mreže; dispozicija razvoda vode je uvek po sredini zalivnog polja i parcele. Analizirane su velike linearne i ro- tacione mašine:*

- »Linear I«: napajanje preko creva iz hidranta sa krilima od $2 \times 500 \text{ m}$, $2 \times 450 \text{ m}$, $2 \times 400 \text{ m}$, $2 \times 350 \text{ m}$, $2 \times 300 \text{ m}$ i $2 \times 250 \text{ m}$; rad 24 časa,
- »Rainger«: napajanje iz kanala, sa istom dužinom krila kao i »Linear I«; rad 24 časa,
- »Center — Pivota«: sa krilima od 800, 750, 700, 650 i 500 m; rad 24 časa.

Analizirani su troškovi početnih investicija po 1 ha i godišnjih troškova za rešenja prikazana na slici 2. Za ovaj rad će se iskoristiti samo dispozicije

* Zemljišni oblici utiču na izbor opreme jer na terenu sa padovima manjim od 5% može se koristiti svaka oprema, a na terenu sa padovima 5—15% samo određena oprema. Ovaj podatak je značajan jer upućuje na potrebu formiranja odgovarajućeg modela terena i analize automatskim postupkom (kao što je na primer crtanje podužnog profila za trag svakog točka mašine).

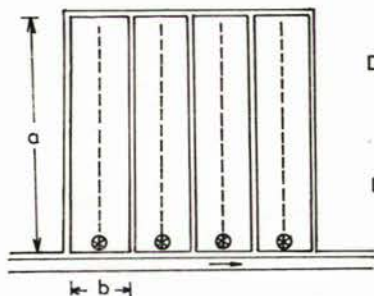


Dispozicija: „LINEARI“ Sever-Walmart
Razvodna mreža: cevovodi
Tipovi: 1,2,3,4,5 i 6.

A_{cev}

Dispozicija: „RAINER“
Razvodna mreža: kanali
Tipovi: 13,14,15,16,17 i 18.

A_{kan}

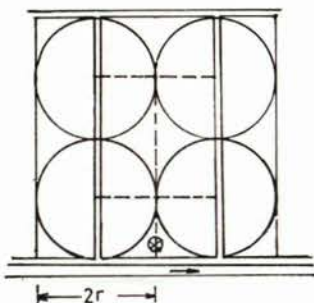


Dispozicija: LINEAR — upravno na kanal
Razvodna mreža: cevovodi
Tipovi: 7/I, 7/II, 7/III, 7/IV, 7/V; 7/VI

B_{cev}

Dispozicija: „RAINER“ — upravno na kanal
Razvodna mreža: kanali
Tipovi: 19/I 19/II 19/III
19/IV 19/V 19/VI

B_{kan}



Dispozicija: „CENTER PIVOT“ Sever-Walmart
Razvodna mreža: cevovodi
Tipovi: 8,9,10,11 i 12.

C

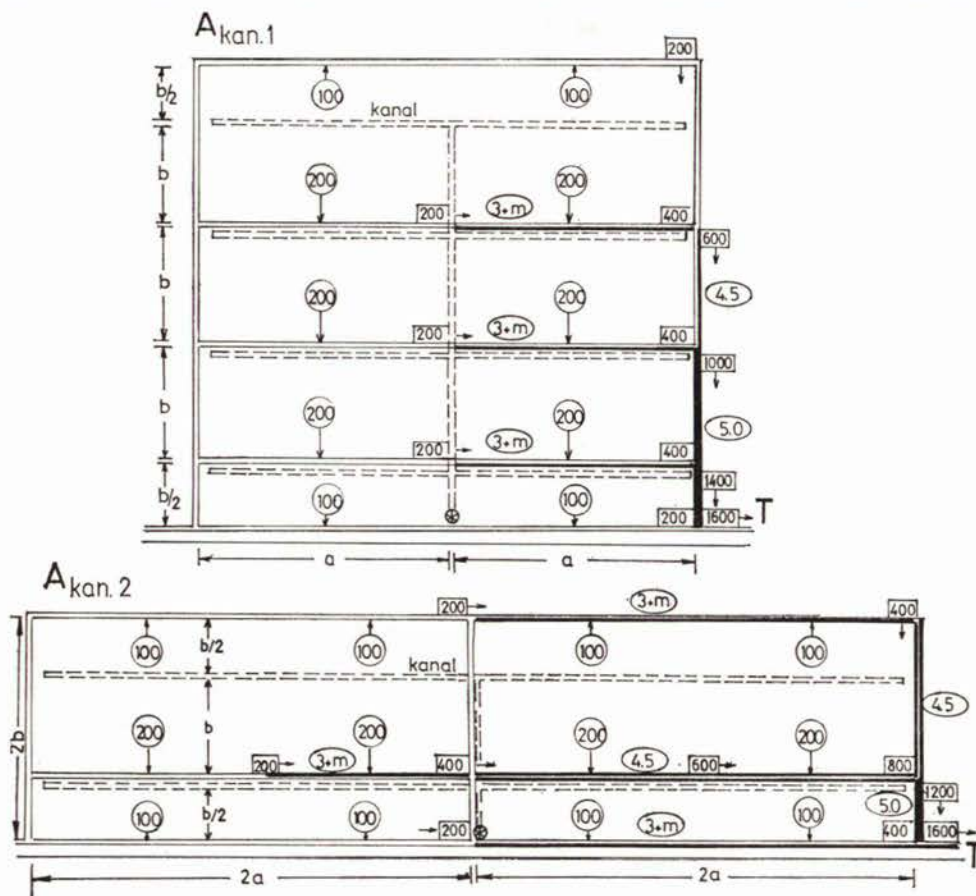
DIMENZIJE PARCELA

a (m)	b (m)	P = a · b (ha)	r (m)	P = r ² π (ha)
2 000	1 000	200	800	201
2 222	900	200	750	163
2 500	800	200	700	154
2 857	700	200	650	133
3 300	600	200	500	79
4 000	500	200	—	—

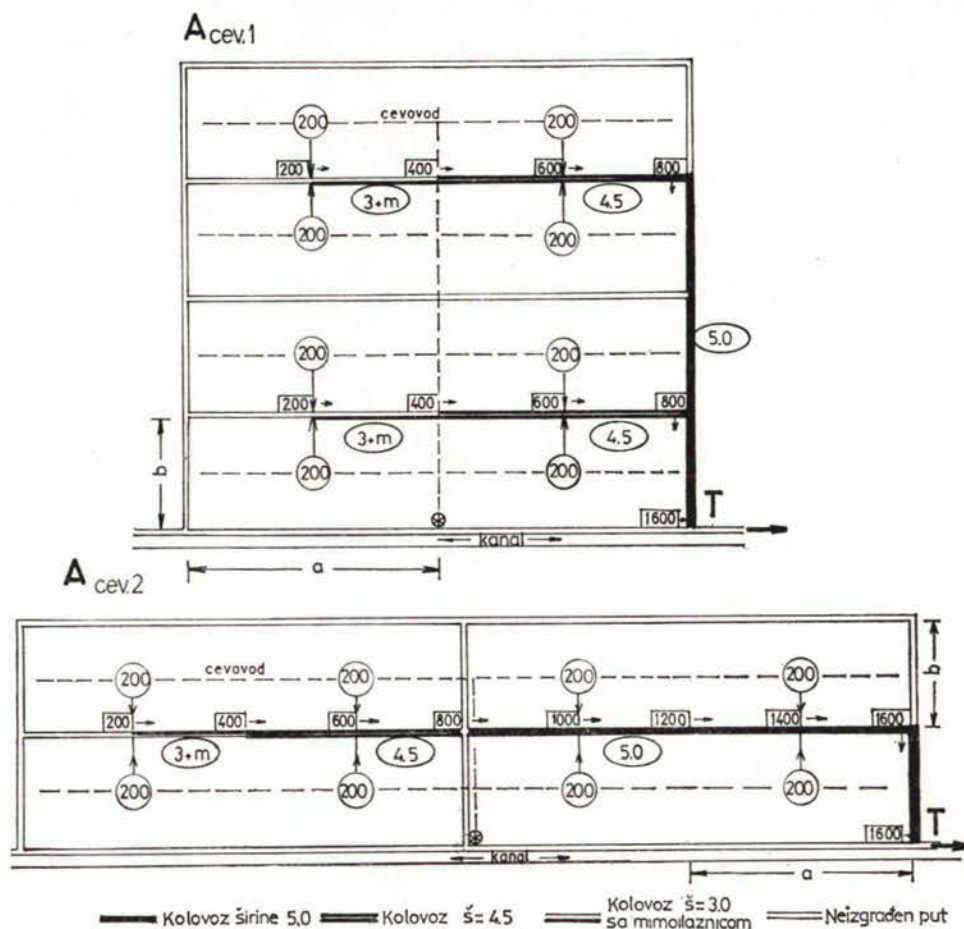
označene sa A_{cev} i A_{kan} , uzimajući u obzir samo troškove početnih investicija — vezane za sredinu 1985. godine. Ovim troškovima dodaće se troškovi gradnje puteva, prema cenama iz 1985. godine.

3.2. Analize pravaca transporta i određivanje širine kolovoza

Saobraćaj na zalivnom polju je usmeren ka tački T (Sl. 3 i 4). Prevoz sa parcele polazi od njenog težišta, odnosno, pošto je parcela veličine 200 ha, od



Tip	Dimenzije parcela m		Površina parcela ha	Investicije din/ha (u 000)		Ukupna dužina puteva - km		Dužina izgrađenih puteva km		Troškovi izgradnje puteva din/ha (u 000)		Ukupni troškovi din/ha (u 000)	
	a	b		$P=a \cdot b$	$A_{kan.1}$	$A_{kan.2}$	$A_{kan.1}$	$A_{kan.2}$	$A_{kan.1}$	$A_{kan.2}$	$A_{kan.1}$	$A_{kan.2}$	$A_{kan.1}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
13	2000	1000	200	528	522	28.0	28.0	8.5	16.00	300	572	828	1094
14	2222	900	200	504	499	29.4	30.3	8.91	17.35	308	616	812	1115
15	2500	800	200	482	479	31.4	33.2	9.50	19.10	321	674	803	1153
16	2857	700	200	462	461	34.2	37.1	10.32	21.39	341	750	803	1211
17	3333	600	200	443	444	38.1	42.4	11.50	24.53	372	855	815	1299
18	4000	500	200	432	435	44.0	50.0	13.25	29.00	420	1006	852	1441



Tip	Dimenzije parcela m		Površina parcela ha	Investicija din/ha (u 000)		Ukupna dužina puteva - km		Dužina izgra- đenih puteva km		Troškovi izgrad- nje puteva din/ha (u 000)		Ukupni troškovi din/ha (u 000)	
	a	b		A _{cev.1}	A _{cev.2}	A _{cev.1}	A _{cev.2}	A _{cev.1}	A _{cev.2}	A _{cev.1}	A _{cev.2}	A _{cev.1}	A _{cev.2}
1	2000	1000	200	636	621	28.0	30.0	9.00	8.00	390	350	1.026	971
2	2222	900	200	606	610	29.4	32.1	9.36	8.67	401	378	1.007	988
3	2500	800	200	591	602	31.4	34.8	9.90	9.55	420	415	1.011	1.017
4	2857	700	200	579	600	34.2	38.5	10.68	10.70	448	464	1.027	1.064
5	3333	600	200	571	610	38.1	43.6	11.79	12.27	430	530	1.061	1.140
6	4000	500	200	583	634	44.0	51.0	13.50	14.50	555	625	1.238	1.259

težišta dela parcele $\left(\frac{1}{2} \text{ ili } \frac{1}{4}\right)$. U načelu je prihvaćen razmeštaj puteva iz analize; međutim kod dispozicije A_{kan} sa putem u sredini između dva kanala dobijaju se kratke dužine parcela od 250 — 500 m, što je neprihvatljivo za korišćenje krupne poljoprivredne mehanizacije. Zbog toga je put pomeren pored kanala, na stazu po kojoj se kreću kolica kišnih krila. Da bi se istakao uticaj oblika zalivnog polja, određene su varijante sa kompaktnim (dispozicije $A_{cev, 1}$ i $A_{kan, 1}$) i izduženim oblikom (dispozicije $A_{cev, 2}$ i $A_{kan, 2}$).

Polazne postavke za gustinu putne mreže, veličinu površine koju opslužuju pojedine vrste puteva kao i širine kolovoza date su u tab. 3, uz napomenu da su usvojene one vrednosti koje će dati što manje troškove izgradnje puteva — imajući u vidu velik udeo ovih troškova u odnosu na ostale.

Tab. 3. — Usvojene gravitirajuće površine i širine kolovoza

Vrsta puta	Površina koju put opslužuje (ha)	Širina kolovoza (m)
Sabirni	preko 800	5.0
	400—800	4.5
Povezni	200—400	4.5
Pristupni	do 200	3.0 + m*
Usvojena dužina: parcela	500—1000 m.	

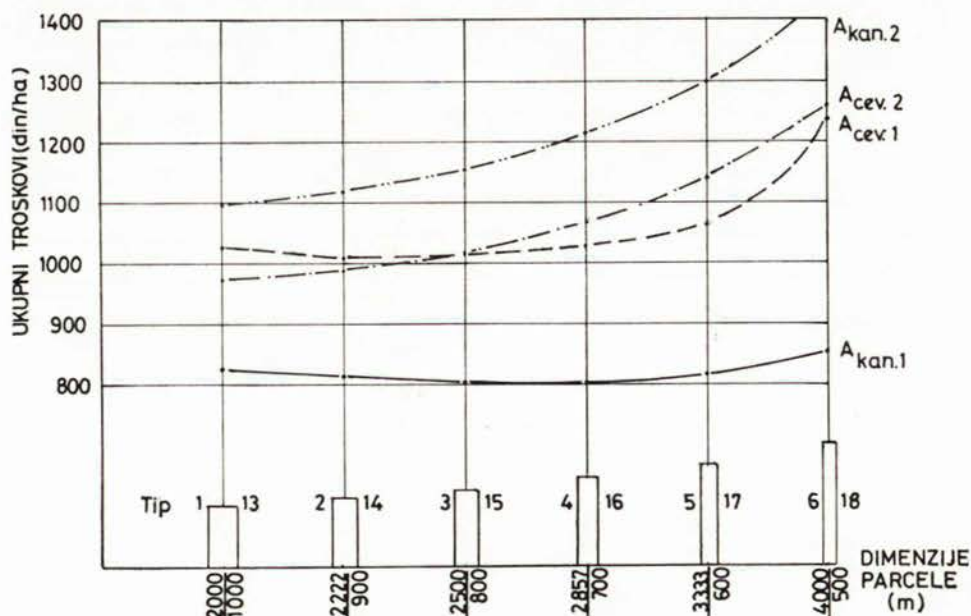
(Gravitirajuće površine su usvojene polazeći od podataka iz Holandije i Čehoslovačke i sopstvenih istraživanja).

U tabelama na slikama 3. i 4. date su početne investicije (oprema i razvodna mreža) — bez troškova za crpne stanice, dalekovode i dr. stalne troškove — kolona 4, troškovi gradnje puteva — kolona 7 i zbirni troškovi — kolona 8. Ovi zbirni troškovi su grafički prikazani na sl. 5. Najmanje troškove daje rešenje $A_{kan 1}$ tipovi 15 i 16.

Na ovaj način, osim što se pruža mogućnost izbora rešenja koje će dati najmanje troškove, može se zaključiti da prednost imaju zalivna polja koje se približavaju obliku kvadrata.

Ovde je potrebno istaći još neke činjenice. Za prikazanu analizu korišćeni su samo troškovi početnih investicija. Realnija slika bi se dobila uzimanjem u obzir i drugih troškova (održavanje, energija, amortizacija i sl.). Veći broj parametara povećava broj mogućih rešenja — tako na primer sedam parametara sa po tri varijante daje $3^7 = 2197$ varijanti [5], tako da za velika ulaganja, odnosno kad se predviđa navodnjavanje velikih površina neophodno je analizu uraditi na računaru.

* Put sa kolovozom širine 3.0 m i sa mimoilaznicom na 500 m.



Sl. 5. Grafikon ukupnih troškova i (oprema razvodna mreža i putevi) za parcele različitog oblika.

4. ZAKLJUČAK

Navodnjavanje poljoprivrednih površina traži velika investiciona ulaganja. Zbog toga je neophodno tražiti optimalna rešenja, koja će uz zadovoljavanje određenih uslova dati minimalne troškove.

Budući da je na navodnjavanim površinama potrebno izgraditi puteve sa čvrstim kolovozom i da troškovi izgradnje puteva čine značajan deo ukupnih troškova, u analize različitih rešenja za navodnjavanje treba uključiti i putnu mrežu.

Kod analize putne mreže bitna su pitanja funkcije pojedinih puteva u mreži (sabirni, povezni ili pristupni put) i površina koju put opslužuje. Koristeći gravitacioni model i pravilo najkraćih pravaca, treba odrediti opterećenost svakog puta i na osnovu toga sagledati potrebnu širinu kolovoza i troškove gradnje.

Ove analize ujedno ukazuju na značaj oblika zalivnog polja, a time i na potrebu da se obezbedi odgovarajući oblik, pri čemu se mogu koristiti razne agrarne operacije (komasacija, arondacija).

U prikazanom primeru akcenat je na dispoziciji putne mreže i širini puteva. Podaci o izgradnji puteva i parametrima sistema za navodnjavanje dati su bez nekih pokazatelja, potrebnih za ovu analizu. Zbog toga, prikazanu analizu treba prihvatiti kao orijentacionu, datu u cilju ukazivanja na problem.

LITERATURA:

- [1] Gostović, M.: Gustina putne mreže, Geodetski list 1986, 4—6, 103—113.
- [2] Gostović, M.: Prilog razmatranju širine poljskih puteva, Geodetski list, 1986, 7—12, 193—216.
- [3] Švehla, F.: Pozemkové úpravi Praha, České vysoké učení technické v Praze 1986.
- [4] Rezniček, K.: Studija generalnog rešenja navodnjavanja područja oko H. S. Tisa — Palić na površini 20.000 ha, Subotica, 1985.
- [5] Rezniček, K.: Uticaj nekih parametara na izbor rešenja navodnjavanja, Zbornik radova, Građevinski fakultet, Subotica, 1986.
- [6] Lazić, V.: Dužina parcela kao ograničavajući faktor proizvodnosti rada mašinsko-traktorskih agregata, Prvo jugoslavensko savetovanje o komasaciji zemljišta, Priština, 1978.
- [7] Centrale cultururtechinsche comissie: Platellandswegennota, 1969. (Holandska beleška o državnim putevima).

REZIME

U sistemu za navodnjavanje treba izgraditi putnu mrežu zbog povećanih zahteva u transportu. Pošto su troškovi gradnje puteva visoki, pri analizi različitih rešenja za isporuku vode a u cilju dobijanja optimalnog rešenja, u analizu treba uvrstiti i troškove gradnje puteva. U radu se predlaže postupak izbora puteva koje treba izgraditi i određivanje širine kolovoza pojedinih kategorija puteva, a zatim je pokazan izbor optimalnog rešenja za navodnjavanje. Ovaj postupak je ilustrovan jednim primerom, koji ujedno pokazuje značaj oblika površine za navodnjavanje na ukupne troškove gradnje sistema.

ABSTRACT

Rural roads network should be built in irrigation system because of increased demands in transportation. As the expenses of the construction of rural roads are high, by analysing various solutions for water delivery in order to obtain the optimal solution, the analysis should include the expenses of roads construction. In the paper is suggested the procedure for the choice of rural roads which should be built and the determination of the roadway width of some roads categories, as well as the choice of optimal solution for irrigation. The procedure is illustrated by an example which also shows the importance of surface mode for irrigation on total expenses of construction of the system.

Primljeno: 1987-07-29