



UDK: 626.843

ENERGETSKI I DISTRIBUCIONI PARAMETRI LINEARNOG SISTEMA NAVODNJAVANJA

Rajko Miodragović, Dragan Petrović, Zoran Mileusnić, Milan Đević

Institut za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun

Sadržaj: Rad predstavlja sintezu višegodišnjih istraživanja navodnjavanja kišenjem mobilnim linearnim uređajem nekih ratarskih i povrtarskih useva. Program istraživanja je obuhvatio analizu parametara koji utiču na ravnomernost navodnjavanja mobilnog linearnog sistema. Cilj istraživanja je utvrđivanje energetske parametara, pokazatelja kvaliteta rada i njihovog uticaja na ravnomernost navodnjavanja prema zadatoj normi.

Ključne reči: navodnjavanje, linearni mobilni uređaj, potrošnja energije, ravnomernost.

1. UVOD

Značaj navodnjavanja proističe iz uloge vode kao vegetacionog faktora za biljku i njenu životnu sredinu, jer je voda izvor života i uslov njegovog opstanka. Privredna svrha navodnjavanja sastoji se u povećanju poljoprivredne proizvodnje na postojećim površinama pri najmanjim proizvodnim troškovima, dovođenjem u skladan odnos mnogobrojnih činilaca od kojih zavisi prinos useva.

Intenzivna biljna proizvodnja nije moguća bez navodnjavanja. Uz neka otvorena pitanja iz obrade zemljišta i primene hemijskih sredstava u našim uslovima postaje i osnovna determinanta savremene biljne proizvodnje. U svetskim razmerama, u 1975 godini oko 16,60% od ukupno obradivih površina je bila navodnjavana a oko 30-40% svetske proizvodnje hrane je ostvarivano upravo na ovim površinama. Obim navodnjavanih površina se povećava i to, u proseku, po stopi od 10^7 (ha) godišnje. Do 2010 godine to će značiti punih $6 \cdot 10^8$ (ha) pod navodnjavanjem. Kod nas obim navodnjavanih površina niz godina stagnira na oko 2% obradivih površina. Potrebna intenzifikacija biljne proizvodnje u sklopu niza mera i postupaka zahteva povećanje fizičkog obima navodnjavanih površina. Metoda prinudnog navodnjavanja (pod pritiskom) dominira i u našim proizvodnim uslovima, ispoljavajući se uglavnom u vidu kišenja. Uticaj navodnjavanja na zemljište odražava se na privremene ili trajne promene njegovih svojstava. Posledice mogu biti pozitivne ili negativne, u zavisnosti od primenjenog načina navodnjavanja. Zemljište treba navodnjavati strogo normiranim količinama vode, ne dozvoljavajući njeno površinsko oticanje i infiltraciju u dublje slojeve ispod aktivnog sloja za rast biljaka.

Prema procenama Republičkog fonda za zemljište od pre pet godina, Srbija raspolaže sa ukupno navodnjavanom površinom od oko 215.000 ha. Od toga preko 50 (%), ili 100.000-120.000 (ha), nalazi se na teritoriji Vojvodine, oko 50.000 (ha) na Kosovu i oko 40.000 (ha) u centralnom delu Srbije. Međutim, u godišnjem proseku, navodnjavanje se odvija se na površini od 75.033 (ha).

Bošnjak (1999) u svojim radovima vrši klasifikaciju navodnjavanja na površinsko navodnjavanje potapanjem, prelivanjem, navodnjavanjem iz brazdi, kišenjem, navodnjavanje kap po kap i subirigaciju.

Mnogobrojni primeri iz prakse takođe potvrđuju pozitivan uticaj navodnjavanja. *Vasić i sar. (1995)*, navode primer PIK Bečeja, gde se ostvarene razlike prinosa u navodnjavanim uslovima u odnosu na nenavodnjavane uslove kreću od 25% do 180%.

Thormann i Sourell (1998) bave se problematikom navodnjavanja krompira linearnim sistemima, koji su pokazali određene prednosti naročito u slučaju kada se u obzir uzmu energetske uštede u odnosu na druge sisteme navodnjavanja. Sem toga, ovi sistemi se odlikuju smanjenjem ukupnog učešća ljudskog rada potrebnog za njihovo funkcionisanje u odnosu na druge sisteme za navodnjavanje. Linearni sistemi za navodnjavanje su pogodni za površine do 300 ha, a u nemačkim uslovima proizvodnje nisu pogodni za površine manje od 30 ha.

King i Wall (1966) proučavaju mrežu kontrole i raspodele vode, kao i prikupljanja relevantnih podataka za primenu sistema koje karakteriše promenljiva količina isporučene vode, na parcelama nepravilnog oblika pod centar-pivot sistemom navodnjavanja.

Miodragović i sar. (1997), na osnovu sopstvenih višegodišnjih istraživanja pokretnih sistema navodnjavanja, određuju eksploatacione parametare ovih sistema i uticaj navodnjavanja na prinos.

Cilj ovog rada je ocena kvaliteta rada linearnog pokretnog sistema navodnjavanja, utvrđivanje odgovarajućih relevantnih energetskih parametara i procena njihovog uticaja na ravnomernost navodnjavanja u odnosu na zadatu normu.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Optimalno korišćenje uređaja za navodnjavanje zahteva poznavanje većeg broja uticajnih parametara, koji po svojoj prirodi nisu samo agrotehnički i tehnoeкономski. Da bi se obezbedile potrebne informacije, potrebno je pažljivo pratiti dati tehnički sistem u toku eksploatacije u cilju utvrđivanja pokazatelja radne efektivnosti sistema, potrošnje energije, usklađenosti sistema itd. Time se, uz pokazatelje o prinosu, postavlja osnova za potpunu ocenu uspešnosti (isplativosti) navodnjavanja.

Da bi pružio odgovor na neka pitanja istaknuta u opisu cilja istraživanja, program rada se zasniva na ispitivanju pokretnog linearnog sistema navodnjavanja (lineara) sa gledišta ostvarivanja zadate norme navodnjavanja, ravnomernosti raspodele vodenog taloga i utvrđivanja energetskih parametararada istih.

Polazna pretpostavka je da se pravilnim rasporedom vodenog taloga, prilikom navodnjavanja poljoprivrednih useva, ostvaruje minimalni utrošak energije, povećava prinos gajenih useva, a time se smanjuju i eksploatacioni troškovi sistema.

Norme navodnjavanja i ravnomernost raspodele vodenog taloga su izmerene samobeležecim mehaničkim meračima visine vodenog taloga, tipa Eijkelkamp (slika 1).



Sl. 1. Merač visine vodenog taloga (kišomer)

Mobilni linearni sistem

Za razliku od centar pivot sistema, koji se obrću oko jedne tačke, mašine sa translatorskim kretanjem (Rendžeri-Rangers) kreću se uzduž navodnjavane površine, paralelno sa kanalom (ili cevovodom) iz kojeg uzimaju vodu (slika 2). Kanal ili cevovod se može nalaziti na ivici ili sredini parcele, pa se govori o bočnom ili centralnom napajanju. Kanal može biti betoniran, obložen plastičnom folijom, ili bez obloge ako to osobine tla dozvoljavaju.



Sl. 2. Prikaz mašine sa linearnim kretanjem

Osnovne tehničke karakteristike mašine sa linearnim kretanjem su:

- tip agregata "Sever-Valmont"-16 kW sa dizel motorom "TAM"-110,4 kW;
- radni upravljački napon 380-110/24 V;
- mašina se kreće duž otvorenog kanala sa vodom;
- mašina je dvokrilna sa centralnim napajanjem dužine 2 x 500 m;
- vođenje mašine je elektromehaničko;
- broj obrtaja dizel pumpnog agregata 2000 o/min;

- protok pumpe 120 l/s;
- pritisak na manometru na početku mašine 2.25 bar;
- pritisak na kraju mašine 1.40 bar;
- pad pritiska kroz cevi mašine 0.85 bar;
- tip prskača "Valley" 20;
- dužina parcele 2800 m.

Duž cele mašine na cevovodu se nalaze prskači (slika 3). Prečnik mlaznice prskača zavisi od njihove udaljenosti od izvora vode. Na krajevima mašine se može nalaziti dalekometni prskač kojim se vrši navodnjavanje po krajevima parcele.



Sl. 3. Prikaz prskača sa regulatorom pritiska

Norma navodnjavanja reguliše se preko "procentualnog programatora" (slika 4), koji određuje brzinu kretanja mašine, odnosno normu navodnjavanja (tabela 1).



Sl. 4. Kontrolna kutija sa "procentualnim programatorom"

Za određivanje željene vrednosti, na koju treba postaviti procentualni programator, odnosno podesiti vreme trajanja jednog prohoda mašine, koristi se i grafička metoda izračunavanja, koja u obzir uzima sledeće parametre:

- protok Q (l/s);
- površinu parcele A (ha);
- dnevni talog vode N_d (mm/dan);

- željeni talog po jednom proходу mašine N_p (mm/prohod);
- dužina hoda mašine L_{pr} (m) i
- vrsta pneumatika (standardni ili široki).

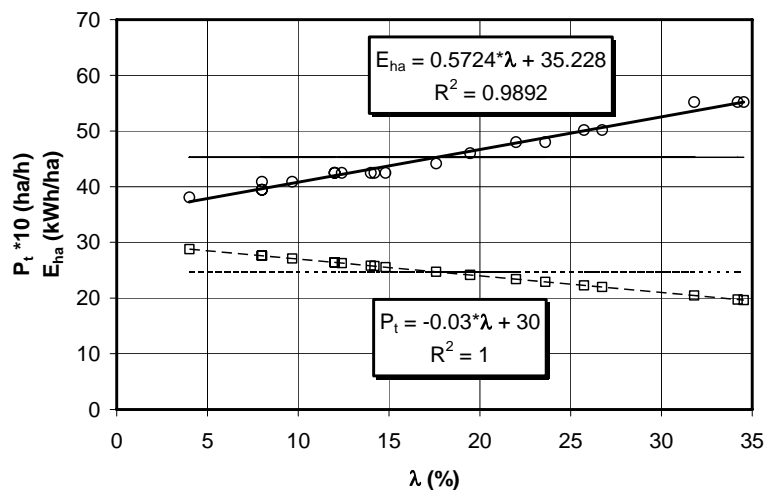
Tab 1. Norma navodnjavanja na "procentualnom programatoru"

Brojna vrednost na programatoru (%)	Vreme trajanja jednog prolaza mašine (h)	Visina vodenog taloga po prolazu mašine (mm)
10	286,30	44,35
20	143,15	22,17
30	95,43	14,78
40	71,57	11,09
50	57,26	8,87
60	47,72	7,39
70	40,90	6,34
80	35,79	5,54
90	31,81	4,93
100	28,63	4,43

Istraživanja, čiji su rezultati prikazani u radu, sprovedena su u u periodu 2003-2005. godine na proizvodnim parcelama PDS "PKB Opovo" i PKB-Beograd.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

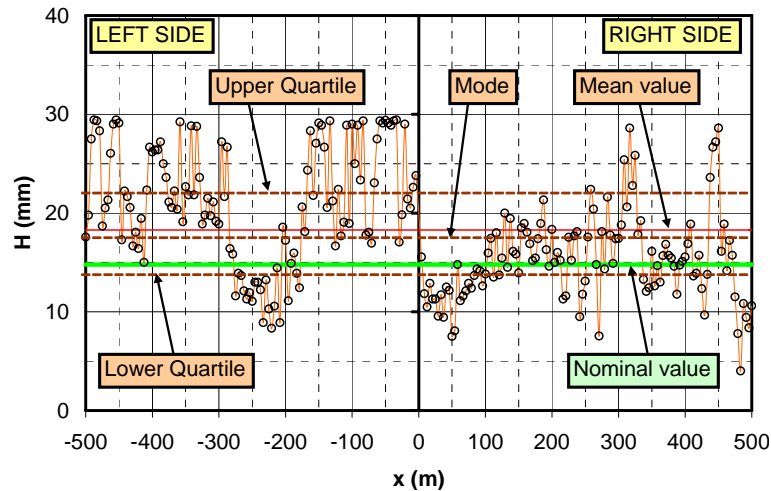
Poljska ispitivanja su obuhvatila eksploataciona praćenja koja su u sebi sadržavala utvrđivanja potrošnja energije i kvalitet rada - ostvarivanje norme navodnjavanja. Sva merenja su pojedinačno predstavljena tabelarno i grafički.



Sl.5. Energetski pokazatelji rada mobilnog linearnog sistema

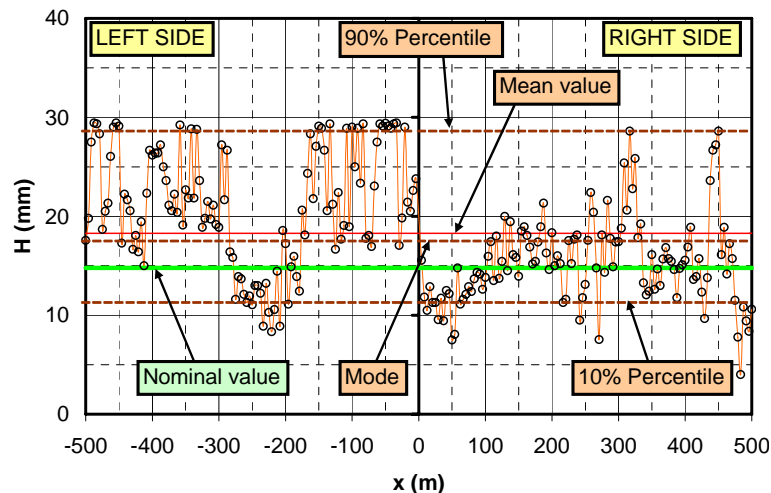
Na slici 5. je prikazana potrošnja energije mobilnog linearnog sistema. Srednja vrednost potrošnje energije iznosi 45,28 (kWh/ha), što govori o energetskoj opravdanosti primene ovog

sistema. Maksimalna potrošnja energije dostiže vrednost 55,20 (kWh/ha) što se može obrazložiti visokom vrednosti klizanja, koja je u tom režimu ispitivanja dostigla 34,5 (%).



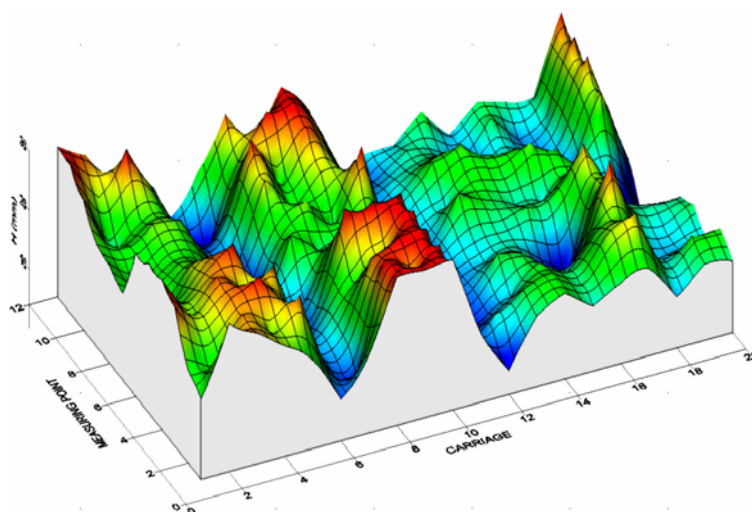
Sl.6. Poprečna raspodela vodenog taloga H (mm), pri navodnjavanju zemljišta linearnim pokretnim sistemom. Karakteristične veličine: nominalna vrednost, srednja aritmetička vrednost (matematičko očekivanje), donji i gornji kvartil, medijana.

Slika 6 prikazuje raspodelu vode H u (mm) vodenog taloga. Nominalna vrednost od 14 (mm) je znatno manja od srednje aritmetičke vrednosti jednake 18.27 (mm), što ukazuje na razbacivanje energetske i vodene resurse. Veoma je izražena asimetrija u dostavi vode na levoj i desnoj strani sistema. Čak i na istoj strani sistema, raspodela tečnosti je veoma neravnomerna. Standardna devijacija, kao jedna od mera rasipanja raspodele taloga od srednje vrednosti, računata po celoj širini sistema iznosi 6 (mm) vodenog taloga. To je veoma blisko polovini nominalne vrednosti taloga.



Sl. 7. Percentil 10%, medijana i percentil 90%

Donji (13.75 mm) i gornji kvartil (22.02 mm), slika 6, su izrazito asimetrično pozicionirani ne samo prema nominalnoj vrednosti, nego i u odnosu na medijanu koja uzorak deli na dva dela sa jednakim brojem članova. Isti slučaj je i sa percentilom 10% i percentilom 90%, jednakim 11.28 mm i 28.61 mm, respektivno (slika 7). Unutar intervala ograničenog sa ova dva percentile nalazi se 80% celokupnog uzorka, dok je preostalih 20% merenih vrednosti vodenog taloga H (mm) van njih.



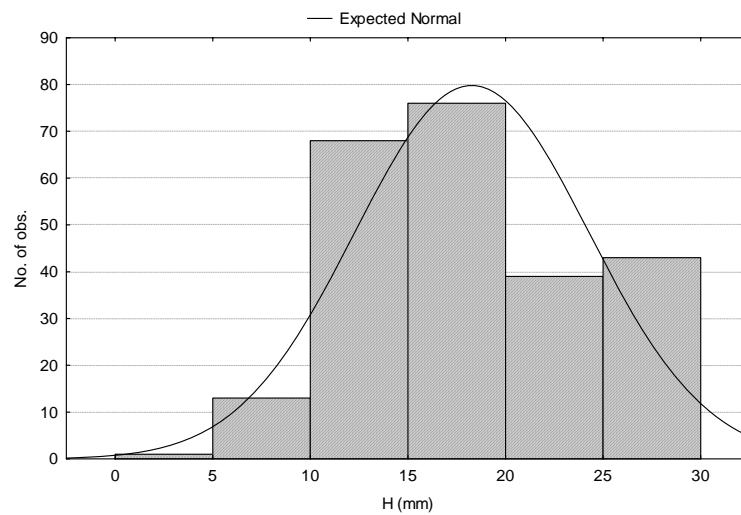
Sl. 8. Raspodela vodenog taloga H (mm) pri navodnjavanju zemljišta linearnim sistemom, po kolicima (CARRIAGE=1,2,...,20) i mernim mestima (MEASURING POINT=1, 2,...,12).

Bolja ilustrativnost efikasnosti testiranog sistema postiže se primenom 3-D dijagrama slika 8. Na slici dominiraju "visoki bregovi" i "duboke kotline", koji u numeričkom smislu predstavljaju vrednosti značajno različite od norme. To jasno ukazuje na nedostatak sistema u pogledu ravnomerne dostave tečnosti zemljištu i naravno zasejanim usevima. Drugim rečima, posmatrani sistem nije bio podešene na zadovoljavajući način.

Tabela 2. Raspodele vodenog taloga – brojne vrednosti

H (mm)	Broj uzoraka	Kumulativni Broj uzoraka	%	Kumulativni %
0.00<H<=5.00	1	1	0.41667	0.4167
5.00<H<=10.00	13	14	5.41667	5.8333
10.00<H<=15.00	68	82	28.33333	34.1667
15.00<H<=20.00	76	158	31.66667	65.8333
20.00<H<=25.00	39	197	16.25000	82.0833
25.00<H<=30.00	43	240	17.91667	100.0000

Tabela 2 i slika 9 prikazuju raspodelu vodenog taloga po klasama i takođe potvrđuju nedovoljnu preciznost sistema u pogledu ravnomernosti dostave vode. Ilustracije radi, može se navesti da se u navedenom eksperimentu visina vodenog taloga kretala u granicama od 4 (mm) do maksimalnih 29.44 (mm). Medijana, kao vrednost koja se po veličini nalazi na sredini uzorka (50% uzoraka ima manju, a 50% veću vrednost od medijane) iznosi 17.50 (mm), što je znatno iznad nominalne vrednosti od 14 (mm).



Sl. 9. Histogram raspodele vodenog taloga

Histogram na slici 9 pokazuje da poprečna raspodela tečnosti ne odstupa preterano od normalne (Gausove), mada je devijacija primetna. To potvrđuju i vrednosti bezdimenzijskih faktora asimetrije (0.36) i zaravnjenosti (2.27). Za normalnu raspodelu, vrednosti istih faktora su 0 i 3, respektivno.

4. ZAKLJUČAK

Mobilni sistemi navodnjavanja kišenjem predstavljaju savremene sisteme za intenzivno navodnjavanje i zahtevaju vrlo stručan, kvalitetan i efikasan rad rukovoca i programera koji izrađuju eksploatacione sezonske programe za njihovo korišćenje.

Rezultati ispitivanja pokazuju da je potrošnja energije testiranog sistema navodnjavanja bila 45,28 (kWh/ha), a ukupno utrošena energija za navodnjavanje jednog hektara navodnjavanih useva 162.87 MJ po jednom navodnjavanju. U proseku, godišnja utrošena energija za navodnjavanje iznosila bi 814.35 MJ.

Generalno gledano, u cilju poboljšavanja rada mobilnih sistema navodnjavanja, treba posvetiti pažnju rešavanju sledećih pitanja:

- u pogledu ravnomernosti rasporeda vodenog taloga i optimalnog utroška vode, posebnu pažnju treba posvetiti održavanju i testiranju prskača, i njihovoj pravovremenoj zameni;

- održavanju mašine jer se zastoji u radu čak i od jednog dana, teško mogu nadoknaditi.

LITERATURA

- [1] Bošnjak, Đ. (1999): Navodnjavanje poljoprivrednih useva. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.
- [2] King, B.A., Wall, R.W. (1998): Supervisory control and data acquisition for site-specific center pivot irrigation. Applied Engineering in Agriculture. USA.
- [3] Maletić Radojka (2005): Metodi statističke analize u poljoprivredi i biološkim istraživanjima, Univerzitet Beograd, Poljoprivredni fakultet, Zemun-Beograd
- [4] Miodragović, R., Đević, M., Mančev, S. (1996): Efekti primene mobilnog uređaja za navodnjavanje u biljnoj proizvodnji. Zbornik radova DPT 1996. Beograd-Zemun
- [5] Miodragović, R. (2009) Optimizacija primene mobilnih sistema navodnjavanja u biljnoj proizvodnji, Doktorska disertacija, Beograd-Zemun.
- [6] Thormann, H.H., Sourell, H. (1998) Irrigation with machines covering a wide area is become ever more wide-spread. Beregnung mit Grossflaachen-Beregnungsmaschinen findet immer mehr Verbreitung. Germany.
- [7] Vasić, G., Kresović B. i Tolimir, M. (1995): Stanje i mogućnosti navodnjavanja u proizvodnji kukuruza. Zbornik radova sa simpozijuma sa međunarodnim učešćem, Oplemenjavanje, proizvodnja i iskorištavanje kukuruza, 177-186, Beograd.

Rezultati istraživačkog rada nastali su zahvaljujući finansiranju Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, Republike Srbije, Projekat "Unapređenje i očuvanje poljoprivrednih resursa u funkciji racionalnog korišćenja energije i kvaliteta poljoprivredne proizvodnje", evidencionog broja TP 20076A, od 1.04.2009.

ENERGY AND DISTRIBUTIONS PARAMETERS OF LINEAR IRRIGATION SYSTEM

Rajko Miodragović, Dragan Petrović, Zoran Mileusnić, Milan Đević,

Institute of Agricultural Mechanization, Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun

Abstract: The paper is a synthesis of several years long research on rain irrigation with the mobile linear system, in some arable crops and vegetables. The research program included analysis of parameters that influence uniformity of mobile linear irrigation. The main research goal was to define the energetic indicators, as well as indicators of function quality, and their influence on defining of irrigation uniformity according to the predefined irrigation rate.

Key words: *irrigation, linear, energy consumption, uniformity, irrigation rate.*