

**Bibliid:** 0350-2953 (2011)37, 1: 75-82  
**UDK:** 626.843

Originalni naučni rad  
Original scientific paper

**DISTRIBUCIJA VODENOG TALOGA I POTROŠNJA ENERGIJE  
MOBILNOG KIŠNOG KRILA  
ENERGY AND DISTRIBUTION PARAMETERS OF THE MOBILE WHEEL LINE  
SPRINKLER SYSTEM**

Rajko Miodragović, Dragan Petrović, Zoran Mileusnić, Aleksandra Dimitrijević<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Poljoprivredni fakultet, Beograd, Nemanjina 6.

E-mail: [rajkom@agrif.bg.ac.rs](mailto:rajkom@agrif.bg.ac.rs)

**SAŽETAK**

Značaj navodnjavanja proističe iz uloge vode kao vegetacionog faktora za biljku i njenu životnu sredinu, jer je voda izvor života i uslov njegovog opstanka. Usavršavanje tehnološko tehničkih sistema i njihovo uvođenje u praksu predstavlja vrlo značajnu investiciju za svakog poljoprivrednog proizvođača. U radu je prikazan deo rezultata višegodišnjih istraživanja navodnjavanja kišenjem mobilnim uređajima nekih ratarskih i povrtarskih useva. Cilj rada je definisanje sistema za navodnjavanje kišenjem, tipa mobilno kišno krilo, sa aspekta potrošnje energije i ravnomernosti raspodele vode. Na osnovu ovih osnovnih pokazatelja moguće je izabrati optimalni sistem za navodnjavanje u funkciji energetske produktivnosti i ekološke opravdanosti korišćenja. Mobilno kišno krilo je ispitano u uslovima ratarske i povrtarske njivske proizvodnje. Prosečna potrošnja energije je iznosila 62,02 kWh/ha, a produktivnost 0,55 ha/h. Sistem je pokazao značajan nivo neravnomernosti distribucije i odstupanje od zadate norme navodnjavanja. Zadana norma navodnjavanja je iznosila 15 mm dok je ostvarena bila 13,12 mm. Rezultati analize ukazuju da je intenzivna biljna proizvodnja nezamisliva bez sistema za navodnjavanje.

**Ključne reči:** energija, ravnomernost distribucije, mobilno kišno krilo

**1. UVOD**

Pored primene savremenih tehnologija u obradi zemljišta (Savin i dr., 2010), ostvarivanja optimalne strukture oraničnog sloja (Radomirović i dr., 2009, Savin i dr., 2008, Mileusnić i dr., 2008) i odgovarajućeg plodoreda, intenzivna biljna proizvodnja nije moguća ni bez navodnjavanja. Korišćenje prvih tehničkih sistema za navodnjavanje datira još od starih civilizacija mahom sa Orijenta i Mediterana. (Pereira and Allen, 1999). Do dvadesetog veka, svi sistemi za navodnjavanje bili su bazirani na gravitacionoj metodi. Nagli razvoj industrije doveo je do pojave mobilnih sistema navodnjavanja kišenjem, koji su omogućavali precizniju kontrolu norme navodnjavanja i bolju ravnomernost distribucije vodenog taloga po površini zemljišta. Osnovni parametri kojima se definišu sistemi sa navodnjavanje kišenjem su upravo ravnomernost distribucije vodenog taloga, potrošnja energije i produktivnost (Pereira and Trout, 1999). Veliki broj istraživanja posvećen je

unapređenju sistema za navodnjavanje u cilju poboljšanja ravnomernosti distribucije uz što nižu potrošnju energije (Sourell and Sommer, 2000, Sourell and Muller, 2003).

Uz neka otvorena pitanja iz obrade zemljišta i primene hemijskih sredstava u našim uslovima, navodnjavanje postaje osnovna determinanta savremene biljne proizvodnje (Đukić, 2006). U svetskim razmerama, u 1975 godini oko 16,60% od ukupno obradivih površina je navodnjavano a oko 30-40% svetske proizvodnje hrane je ostvareno na ovim površinama. Obim navodnjavanih površina se povećava i to, u proseku, za 107 ha godišnje. Obim navodnjavanih površina u Srbiji niz godina stagnira na oko 2% obradivih površina. Potrebna intenzifikacija biljne proizvodnje u sklopu niza mera i postupaka zahteva i povećanje fizičkog obima navodnjavanih površina. Metoda prinudnog navodnjavanja (pod pritiskom) dominira i u našim proizvodnim uslovima, uglavnom u vidu kišenja. Uticaj navodnjavanja na zemljište odražava se na promene njegovih svojstava. Posledice mogu biti pozitivne ili negativne, u zavisnosti od tipa tehničkog sistema 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 iz 2005. godine, Srbija raspolaže sa navodnjavanom površinom od oko 215.000 ha. Međutim, u godišnjem proseku, navodnjavanje se odvija se na površini od 75.033 ha.

Cilj ovog rada je analiza ravnomernosti raspodele mobilnog kišnog krila i ocena kvaliteta rada sistema, sa aspekta indirektnog i direktnog utroška energije i vode.

## **2. MATERIJAL I METOD RADA**

Optimalno korišćenje uređaja za navodnjavanje zahteva poznavanje većeg broja uticajnih parametara, koji po svojoj prirodi nisu samo agrotehnički i tehno-ekonomski. 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 i isplativosti navodnjavanja.

Istraživanje je izvedeno tokom 2008. godine, na imanjima PKB-a. Deo ispitivanja se odnosio na utvrđivanje ravnomernosti distribucije. U tu svrhu, norma navodnjavanja i ravnomernost raspodele vodenog taloga su izmerene samobeležećim mehaničkim meračima visine vodenog taloga, tipa Eijkelkamp. Ispitivan sistem je podrazumevao 300 m dugo mobilno kišno krilo (sl. 1.). Pogonski motor je tipa Lombardini, snage 3 kW dok je pumpa tipa Agro 1/II, snage 31 kW i kapaciteta 1350 l/min.



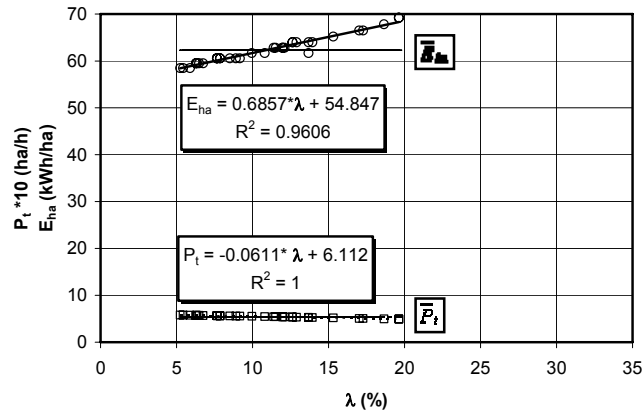
*Sl. 1. Mobilno kišno krilo*

*Fig. 1. A self-propelled wheel line sprinkler system*

Ogled je podrazumevao postavljanje 36 mernih mesta na trasi dužine 400 m. Radi lakše obrade podataka, sistem je “podeljen” na levu i desnu stranu. Statistička analiza podrazumevala je korišćenje analize varijanse.

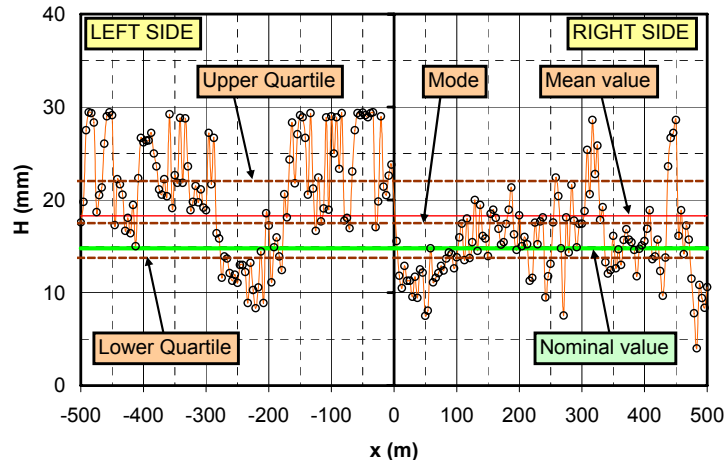
### **3. REZULTATI I DISKUSIJA**

Jedan od pokazatelja rada mobilnog sistema za navodnjavanje kišenjem je klizanje točkova, koje ima direktan uticaj na potrošnju energije i produktivnost rada (sl. 2.). Rezultati ukazuju da sa povećanjem klizanja linearno raste i potrošnja energije, dok se produktivnost ne menja značajno. Visok koeficijenti determinacije ukazuju na postojanje čvrste veze između časovnog učinka i potrošnje energije sa jedne, i klizanja sistema sa druge strane. Prosečna potrošnja energije iznosi 62,02 kWh/ha a maksimalna 69,21 kWh/ha pri klizanju točkova od 19,63%. Prosečna produktivnost je iznosila 0,55 ha/h dok je prosečna vrednost klizanja bila 10,87 %.



Sl. 2. Energetski pokazatelji rada mobilnog kišnog krila  
 Fig. 2. Energy and productivity of the self-propelled wheel line sprinkler system

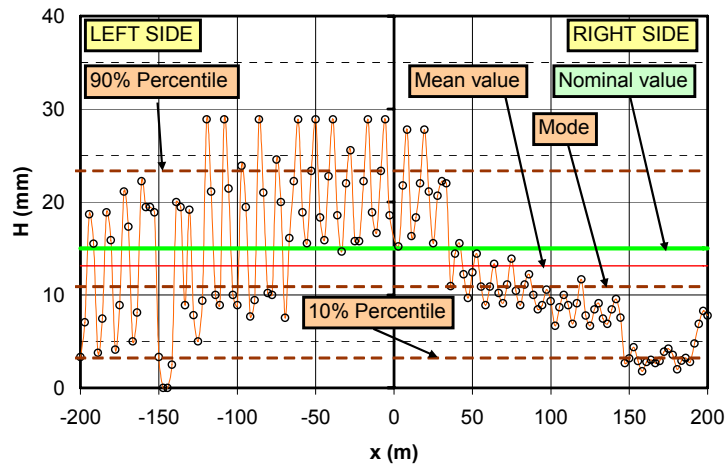
Kada se izmereni podaci o vodenom talogu uporede sa normom navodnjavanja, uočava se nedostatak ravnomernosti distribucije (sl. 3.). Prosečna ostvarena norma navodnjavanja iznosila je 13,12 mm što je za 12% niže od zadate koja je iznosila 15 mm.



Sl. 3. Poprečna raspodela vodenog taloga kod mobilnog kišnog krila  
 Fig. 3. Water distribution patterns along the mobile wheel line sprinkler system

Na osnovu ovih rezultata se može zaključiti da sistem, pored loše ravnomernosti, nije zadovoljio ni zadatu normu navodnjavanja. Veoma je izražena asimetrija u dostavi vode na levoj i desnoj strani sistema. Čak i na istoj strani sistema, raspodela tečnosti je veoma neravnomerna. Izračunata standardna devijacija iznosi 7,69 mm što je, približno, polovina

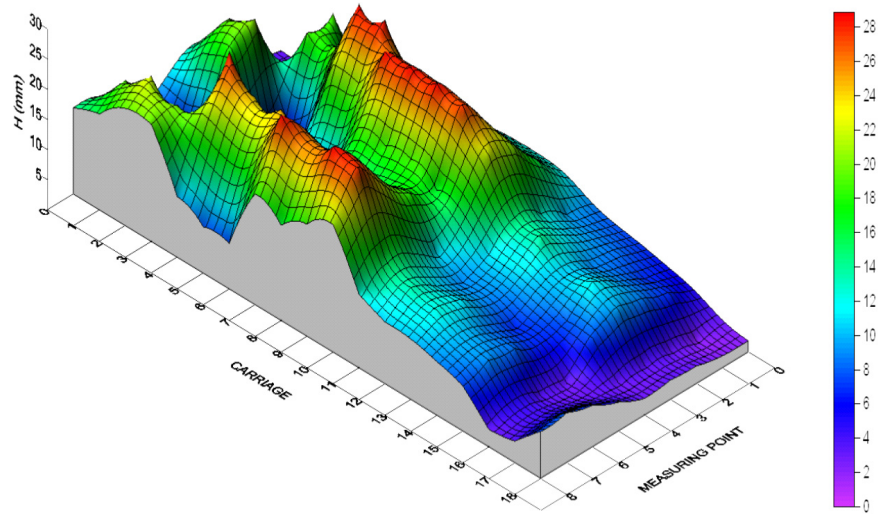
od zadate norme. Gornji i donji kvartili (19,3 mm i 7,62 mm) su izrazito asimetrično pozicionirani, ne samo prema nominalnoj vrednosti, nego i u odnosu na medijanu (10,89 mm), koja uzorak deli na dva dela sa jednakim brojem članova. Isti slučaj je i sa percentilom 10% i percentilom 90%, jednakim 3,22 mm i 23,33 mm respektivno (sl. 4.).



Sl. 4. Percentil 10%, medijana i percentil 90%  
Fig. 4 Percentile 10%, median and percentile 90%

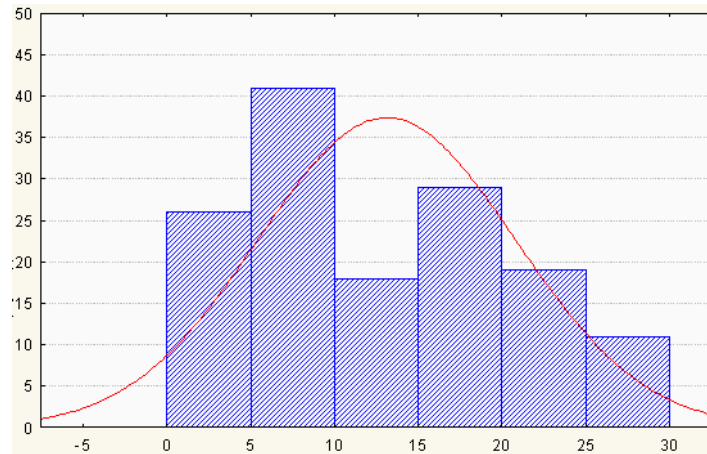
Unutar intervala ograničenog sa ova dva percentila, nalazi se 80% celokupnog uzorka, dok je preostalih 20% izmerenih vrednosti vodenog taloga H (mm) van njih. Sa slike se jasno može videti da su ostvarene norme u srednjem delu sistema i na njegovoj levoj strani znatno više od zadate norme, dok su vrednosti ostvarene na desnoj strani niže, pri čemu je svega nekoliko mernih pozicija (tačaka) izvan datog intervala.

Bolja ilustrativnost efikasnosti testiranog sistema postiže se primenom 3-D dijagrama (sl. 5.). 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 podešen na zadovoljavajući način.



Sl. 5. Raspodela vodenog taloga  $H$  (mm) pri navodnjavanju zemljišta  
Fig. 5 The water distribution along and normal to the self-propelled wheel line sprinkler system

Ako se dobijene vrednosti ostvarene norme navodnjavanja raspodele po klasama i prikažu preko histograma (sl. 6.), takođe se može uočiti nedovoljna preciznost.



Sl. 6. Histogram raspodele vodenog taloga  
Fig. 6. The water distribution histogram

Dobijeni histogram pokazuje da poprečna raspodela tečnosti ne odstupa značajno od normalne (Gausove), mada je devijacija primetna. To potvrđuju i vrednosti bezdimenzijskih faktora asimetrije (0,4) i zaravnjenosti (-0,81). Za normalnu raspodelu, vrednosti istih faktora su 0 i 3, respektivno. Na ovaj način je dodatno potvrđena činjenica da sistem za navodnjavanje tipa mobilno kišno krilo ne ostvaruje zadanu normu navodnjavanja i nema adekvatnu uniformnost distribucije.

#### 4. ZAKLJUČAK

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

U radu su analizirani neki operativni parametri rada mobilnog kišnog krila. Prosečna potrošnja energije kod ovih sistema je iznosila 62,02 kWh/ha a produktivnost 0,55 ha/h uz prosečno klizanje tečkova od 10,87%. Izmerene vrednosti ostvarene norme navodnjavanja dužinom sistema ukazuju na određenu neravnomernost leve i desne strane, u odnosu na centralni deo sistema. Zadana norma navodnjavanja je iznosila 15 mm dok je ostvarena bila 13,12 mm.

Generalno, u cilju poboljšanja rada mobilnih sistema navodnjavanja, treba posvetiti pažnju poboljšanju ravnomernosti raspodele vodenog taloga i optimizaciji utroška vode i energije. To je, između ostalog, moguće ostvariti odgovarajućim održavanjem i testiranjem prskača, i njihovom pravovremenom zamenom.

#### 5. LITERATURA

- [1] Bošnjak, Đ. 1999. Navodnjavanje poljoprivrednih useva. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.
- [2] Đukić, N. 2006. Izbor uređaja za navodnjavanje. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 32 (3-4): 132-260.
- [3] King, B.A., Wall, R.W. 1998. Supervisor control and data acquisition for site-specific center pivot irrigation. *Applied Engineering in Agriculture*. USA.
- [4] Maletić Radojka 2005. Metodi statističke analize u poljoprivredi i biološkim istraživanjima, Univerzitet Beograd, Poljoprivredni fakultet, Zemun-Beograd.
- [5] Mileusnić, Z., Đević, M., Petrović, D., Miodragović, R. 2008. Optimizacija traktorsko-mašinskih sistema za obradu zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 34 (1-2): 97-108.
- [6] Miodragović, R., Đević, M., Mančev, S. 1996. Efekti primene mobilnog uređaja za navodnjavanje u biljnoj proizvodnji. Zbornik radova DPT 1996. Beograd-Zemun
- [7] Miodragović, R. 2009. Optimizacija primene mobilnih sistema navodnjavanja u biljnoj proizvodnji, Doktorska disertacija, Beograd-Zemun.
- [8] Pereira, L. S., Allen, R. G. 1999. Crop Water Requirements, Irrigation and Drainage, CIGR Handbook Agricultural Engineering, Volume I.
- [9] Pereira, L. S., Trout, T. J. 1999. Irrigation Methods, Irrigation and Drainage, CIGR Handbook Agricultural Engineering, Volume I.
- [10] Radomirović, D., Ponjičan, O., Bajkin, A., Zoranović, M. 2009. Promena brzine rezanja i dužine puta rezanja kod suprotnosmernog obrtanja rotacione sitnilice. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 35 (3): 176-184.
- [11] Savin, L., Nikolić, R., Simikić, M., Furman, T., Tomić, M., Gligorić Radojka, Jarak Mirjana, Đurić Simonida, Sekulić P., Vasin, J. 2008. Istraživanje uticaja sabijenosti zemljišta na prinos

- suncokreta i promene u zemljištu na uvratinama i unutrašnjem delu parcele. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 34 (1-2): 87-96.
- [12] Savin, L., Simikić, M., Furman, T., Tomić, M., Gligorić Radojka, Đurić Simonida, Vasin, J. 2010. Uticaj agrotehničkih mera na zapreminsku masu zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36 (1): 1-9.
- [13] Sourell, H. and Muller, J. 2003. Irrigation and Sprinkling, *Yearbook Agricultural Engineering*.
- [14] Sourell, H. and Sommer, C. 2000. Irrigation and Sprinkling, *Yearbook Agricultural Engineering*.
- [15] Thormann, H.H., Sourell, H. 1998. Irrigation with machines covering a wide area is become ever more wide-spread. Berechnung mit Grossflaachen-Berechnungsmaschinen findet immer mehr Verbreitung. Germany.
- [16] 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.

## ENERGY AND DISTRIBUTION PARAMETERS OF THE MOBILE WHEEL LINE SPRINKLER SYSTEM

Rajko Miodragović, Dragan Petrović, Zoran Mileusnić, Aleksandra Dimitrijević

### SUMMARY

Importance of the irrigation does not to be explained much since water is one of the crucial parameter of life development and preservation on Erath. Development of irrigation technology and technique and their introduction in to practice represents a very important investment for every farmer. In this paper a part of mobile raining irrigation systems testing in crop and vegetable production is presented. The aim of the paper was to analyze the distribution uniformity and energy parameters of the mobile wheel line sprinkler system. Based on these parameters it is possible to optimize the system in sense of energy, ecology and economy. The system was tested in conditions of vegetable and crop production. The results show that energy consumption was 62.02 kWh/ha and productivity 0.55 ha/h. The system also showed uneven distribution and high difference compared to nominal rate. The nominal value of the irrigation rate was 15 mm but system achieved, in average, 13.12 mm.

**Key words:** energy, uniformity of distribution, mobile wheel line sprinkler system

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.

Primljeno: 28. 12. 2010.

Prihvaćeno: 09. 02. 2011.