

**ZBORNIK RADOVA**

***PROCEEDINGS***

**Izdavač:**

Univerzitet u Beogradu  
Poljoprivredni fakultet

**Za izdavača:**

Prof. dr Milica Petrović  
Poljoprivredni fakultet, Beograd

**Tehnička priprema:**

Null Images  
Novi Beograd

**Urednik:**

Dr Miloš Pajić  
Poljoprivredni fakultet, Beograd

**Štampa:**

Interklima-grafika doo  
Vrnjačka Banja

**Tiraž:**

300 primeraka

**CIP**

**UNIVERZITET U BEOGRADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET  
INSTITUT ZA POLJOPRIVREDNU TEHNIKU**

**ZADRUŽNI SAVEZ SRBIJE**

**16. Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem  
AKTUELNI PROBLEMI MEHANIZACIJE POLJOPRIVREDE**

*16th Scientific Conference  
CURRENT PROBLEMS AND TENDENCIES IN AGRICULTURAL ENGINEERING*

**ZBORNİK RADOVA**  
***PROCEEDINGS***

**ISBN 978-86-7834-168-7**

**UDK 631 (059)**

Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6  
Zemun – Beograd, Republika Srbija  
14.12.2012. godine

## **Programski odbor:**

dr Mićo Oljača, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija) - Predsednik  
dr Dušan Radivojević, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija) - Podpredsednik  
dr Mirko Urošević, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Goran Topisirović, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Đukan Vukić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Milena Jelić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Steva Božić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Zoran Mileusnić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Rade Radojević, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Milovan Živković, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Rajko Miodragović, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Aleksandra Dimitrijević, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Miloš Pajić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Mirko Babić, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Lazar Savin, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Zoran Dumanović, Institut za kukuruz «Zemun polje», Beograd (Srbija)  
dr László Magó, Hungarian Institute of Agricultural Engineering, Gödöllő (Mađarska)  
dr Robert Jerončić, Ministrstvo za infrastrukturo in prostor, Vlada Republike Slovenije (Slovenija)  
dr Velibor Spalević, Univerzitet u Podgorici, Biotehnički fakultet (Crna Gora)  
dr Zoran Dimitrovski, Univerzitet "Goce Delčev", Poljoprivredni fakultet, Štip (Makedonija)  
dr Danijel Jug, Sveučilište "Josipa Jurja Strossmayera" u Osijeku, Poljoprivredni fakultet (Hrvatska)  
dr Selim Škaljić, Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredni fakultet (Bosna i Hercegovina)  
dr Nicolay Mihailov, Univerzitet of Rouse, Faculty of Electrical Engineering (Bugarska)  
dr Stavros Vougioukas, Aristotle University of Thessaloniki (Grčka)  
mr Marjan Dolenšek, Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto (Slovenija)

## **Organizacioni odbor:**

dr Miloš Pajić - Predsednik  
dr Mićo Oljača - Sekretar  
dr Dušan Radivojević  
dr Goran Topisirović  
dr Đukan Vukić  
dr Milena Jelić  
dr Mirko Urošević  
dr Steva Božić  
dr Zoran Mileusnić  
dr Rade Radojević  
dr Milovan Živković  
dr Rajko Miodragović  
dr Aleksandra Dimitrijević  
dr Vesna Pajić  
M.Sc Kosta Gligorević  
M.Sc Dušan Radojičić  
M.Sc Milan Dražić  
M.Sc Ivan Zlatanović

Organizaciju Skupa je pomogao Zadružni Savez Srbije

# Sadržaj

REZULTATI ISPITIVANJA UTICAJA SABIJANJA ZEMLJIŠTA NA PRINOS OZIME PŠENICE .....	7
PRIMENA RAZLIČITIH TEHNOLOŠKIH PROCESA U DORADI SEMENA CRVENE DETELINE.....	14
EFEKTI MEHANIZOVANOG NAČINA APLIKACIJE TEČNOG STARTNOG ĐUBRIVA U PROIZVODNJI KUKURUZA.....	23
TEHNOLOŠKI PARAMETRI BRIKETIRANJA BIOMASE MISKANTUSA .....	30
NESREĆE SA VOZAČIMA TRAKTORA U JAVNOM SAOBRAĆAJU NA TERITORIJI BEOGRADA .....	37
OPTIMIZACIJA HIDRAULIČNOG PODIZAČA TRAKTORA IMR- a.....	44
HAOTIČNI MODEL RASTA PROFITA U PROIZVODNJI POLJOPRIVREDNIH MAŠINA.....	49
EFEKTI PRIMENE TIFON UREĐAJA U NAVODNJAVANJU KUKURUZA ( <i>Zea mays L.</i> ) .....	53
UTICAJ NAVODNJAVANJA NA PRINOS I SADRŽAJ GLAVNIH ELEMENATA ISHRANE U ZEMLJIŠTU POD KUKURZOM.....	60
TRŽIŠTE POLJOPRIVREDNIH MAŠINA U EVROPSKOJ UNIJI I MAĐARSKOJ – AKTUELNA SITUACIJA I TRENDOVI U PERIODU 2011. - 2012. GODINA.....	69
PROIZVODNJA I SKLADIŠTENJE KROMPIRA ZA FRESH MARKET .....	77
ANALIZA EKONOMSKIH POKAZATELJA U PRIMENI GPS TEHNOLOGIJE U POLJOPRIVREDNOM KOMBINATU BEOGRAD .....	84
ISPITIVANJE UJEDNAČENOSTI ISEJAVANJA SEMENA METODOM ODZIVNIH POVRŠINA.....	92
FORMIRANJE BAZNOG MODELA TRANSPORTA POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA .....	100
SNAGE STATORA I ROTORA ASINHRONOG GENERATORA SA DVOSTRANIM NAPAJANJEM PRIMENJENOG U VETROELEKTRANAMA.....	113
MODELI NAPREDNE PLASTENIČKE PROIZVODNJE PAPIRIKE .....	119
EFEKTI PRODUŽENOG DEJSTVA PRIMENE MELIORATIVNOG SISTEMA OBRADE ZEMLJIŠTA TEŠKOG MEHANIČKOG SASTAVA U PROIZVODNJI RATARSKIH KULTURA .....	131
STANJE, PERSPEKTIVE I ZNAČAJ NAVODNJAVANJA OBRADIVOG POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA U SRBIJI.....	138
MOGUĆNOSTI, ZNAČAJ I EFEKTI PREČIŠĆAVANJA STAJSKOG VAZDUHA.....	147
OPTIMIRANJE TRAKTORSKIH SISTEMA SA ASPEKTA OPTEREĆENJA LJUDSKOG OPERATORA.....	156
UTICAJ KARAKTERISTIKA TERENA NA OSCILACIJE TRAKTORA.....	163
EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE AKUMULACIJE TOPLOTE U AKUMULATORU TOPLOTE PRIMENOM FAZNOPROMENLJIVOG MATERIJALA .....	174
EKONOMSKI OPRAVDAN IZNOS ULAGANJA U KUPOVINU UNIVERZALNOG ŽITNOG KOMBAJNA NA PORODIČNIM GAZDINSTVIMA .....	180
RAZVOJ NOVIH TIPOVA KOČIONIH KOMANDNIH VENTILA ZA TRAKTORSKE PRIKOLICE.....	188
RASPODELA PRAŠINE U VAZDUHU STAJA ZA DRŽANJE KRAVA.....	195
TEHNIČKI PARAMETRI VENTILATORA OROŠIVAČA I KVALITET ZAŠTITE VINOGRADA.....	205
UTICAJ KVALITETA NAPONA NA ENERGETSKU EFIKASNOST ASINHRONIH MOTORA U POLJOPRIVREDI.....	212
ENERGETSKI POTENCIJAL PRODUKATA REZIDBE VOČARSKIH I VINOGRADARSKIH ZASADA SRBIJE.....	220
PRIMENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA SUŠENJA U INDUSTRIJI PRERADE HRANE .....	227
TIPOVI, KLASIFIKACIJA I SELEKCIJA SUŠARA U AGROINDUSTRIJI.....	234



# REZULTATI ISPITIVANJA UTICAJA SABIJANJA ZEMLJIŠTA NA PRINOS OZIME PŠENICE

Saša Barac<sup>1\*</sup>, Bojana Milenković<sup>1</sup>, Aleksandar Vuković<sup>1</sup>, Dragoslav Đokić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet, Lešak

<sup>2</sup>Institut za Krmno bilje, Kruševac

**Sažetak:** Kretanje mobilnih sistema i traktora može biti podeljeno na kretanje po unutrašnjosti parcele i kretanje na uvratinama. Na uvratinama je izraženo veće sabijanje zbog malih brzina pri okretanju, tako da one omogućuju da zemljište bude duže vremena izloženo delovanju normalnih napona čime se više sabija. Pod pritiskom mobilnih mašina i drugih faktora u zemljištu se odvijaju promene kojima se stvaraju nepovoljni uslovi za rast i razvoj gajenih kultura, što se manifestuje trajnim oštećenjem zemljišta, smanjenjem prinosa i povećanjem troškova proizvodnje. Cilj naših istraživanja je bio da se ispita uticaj sabijanja zemljišta na uvratinama i unutrašnjem delu parcele na prinos pšenice u agroekološkim uslovima severnog Kosova i Metohije. Sabijenost je merena pomoću penetrometra Eijkelkamp na dubinama 0-20 cm. Dobijeni rezultati istraživanja pokazuju da je tokom 2 godine ispitivanja sabijenost zemljišta na uvratinama nakon nicanja bila za 36,57% veća u odnosu na unutrašnji deo, dok je povećanje sabijenosti zemljišta na uvratini pre ubiranja iznosilo prosečno 54,29%. Prinos zrna pšenice je na unutrašnjem delu parcele bio veći u odnosu na uvratinu za 31,75%.

**Ključne reči:** uvratina, sabijanje zemljišta, prinos, pšenica, mehanizacija

## RESULTS OF THE INVESTIGATION EFFECTS OF SOIL COMPACTION ON YIELD OF WINTER WHEAT

Sasa Barac<sup>1</sup>, Bojana Milenkovic<sup>1</sup>, Aleksandar Vukovic<sup>1</sup>, Dragoslav Djokic<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Pristina - K. Mitrovica, Faculty of Agriculture, Republic of Serbia

Institute for forage crops, Kruševac, Republic of Serbia

**Abstract:** Moving of tractors and mobile systems can be divided in two groups: moving through the inner parts of fields, and through the headlands. On headlands, soil compressing is more intensive due to lower moving speeds while turning, which enable soil to be exposed longer time to the normal charge, and to get more compressed. Under the influence of pressure of mobile machines and other factors, change of soil appears causing unfavorable conditions for growth and development of crops, which is being manifested by permanent soil damage, yield decrease, and other costs increase. The aim of these trials was to determine influence of soil compressing at headlands and inner parts of fields on wheat yields, as the most present crops in agro-ecological conditions of Northern Kosovo and Metohia. Soil compressing has been measured by Eijkelkamp penetrometer, at the following depths: 0-20cm. Results of the trial indicate that during two years of trials, soil compressing at headlands was germination 31,88% higher compared to the inner parts of fields, while increase of soil compressing at the headlands before harvesting was 40,52 in average. The yields of wheat at the inner parts of the fields compared to those at the headlands were 50.98% higher.

**Key words:** headland, soil compressing, yield, wheat, mechanization

---

\* Kontakt autor. E-mail: sbarac@eunet.rs

Rad predstavlja deo istraživanja na projektu "Unapređenje biotehnoških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda", evidencioni broj 31051, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## UVOD

Kretanjem različitih mašinsko-tractorskih agregata u toku izvođenja agrotehničkih operacija u proizvodnim uslovima, dolazi do prekomernog sabijanja zemljišta. Kao posledica prekomernog sabijanja zemljišta nastaju veoma nepovoljni uslovi za odvijanje biljne proizvodnje, kao i za primenu savremene tehnologije proizvodnje, tako da dolazi do značajnog smanjenja prinosa i povećanja troškova proizvodnje i do 40%. Sabijanje zemljišta je više izraženo na uvratinama u odnosu na unutrašnji deo parcele, kao rezultat manjih brzina pri okretanju traktora i mobilnih sistema kao i zbog velikog broja prohoda. U Republici Srbiji je u toku 2010. godine zasejano 3.066000 ha, od čega je pod žitima bilo 1.894000 ha [13]. Pod pšenicom je zasejano oko 493000 ha, požnjeveno 484242 ha, uz ostvareni prosečni prinos od  $3,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Analizirajući probleme sabijanja zemljišta i uticaj sabijanja na promene u zemljištu i visinu ostvarenih prinosa, može se konstatovati da su u svetu obavljena brojna istraživanja u kontrolisanim i laboratorijskim uslovima, kako bi se obavilo modeliranje sabijanja zemljišta. Ispitivanje sabijenosti poljoprivrednog zemljišta je teže obaviti zbog dinamičkih procesa koji se u njemu odvijaju. [2], navodi da nagli porast populacije čovečanstva povećava potrebu za površinama obradivog zemljišta koje se polako se smanjuju, dok težnja za većim prinosima zahteva intenzivnu hemizaciju i mehanizaciju čime se pogoršavaju zemljišna svojstva. Degradacija zemljišta, uzrokovana prirodnim procesima ili ljudskom aktivnošću, smanjuje sposobnost zemljišta za gajenje biljaka, kao regulator vodnog režima i filter značajan za očuvanje životne sredine. [10], navode da kretanje traktora i mobilnih sistema po parceli u toku osnovne obrade zemljišta, pripreme, setve, zaštite, ubiranja i pri transportu dovodi do sabijanja zemljišta. Poseban uticaj vezan je za transportna sredstva jer je veliko opterećenje po osovinama prikolica i visok pritisak u pnemumaticima, pri čemu posle ubiranja ostaje veoma sabijeno zemljište, a naročito uvratine u odnosu na unutrašnji deo. [8], navode da sabijenost zemljišta prouzrokovana saobraćajem teških mašina i vozila rezultira kvarenjem strukture zemljišta u gornjem površinskom i donjem dubokom sloju. Prema istim autorima promene u poljoprivrednoj tehnici su bile velike zadnjih decenija, pri čemu se intenzitet obrade povećavao ili smanjivao u zavisnosti od lokalnih okolnosti, ali je u svim slučajevima trend stalnog povećavanja snage motora traktora i osovinog opterećenja mašina. Povećanje opterećenja prouzrokuje oštećenje strukture zemljišta, povećava rizik od erozije i povećava potrošnju energije za obradu. Sabijanje zemljišta značajno je smanjilo prinos naročito u prve tri godine nakon merenja sabijenosti. [5], navode da je sabijanje jedan od glavnih oblika degradacije zemljišta i prisutno je u ukupnoj degradaciji sa 11%. [14], ističe da zbijanje zemljišta značajno smanjuje prinos gajenih useva. Ne postoji rutinska procedura kojom može da se predvidi ovaj efekat, ali je odgovor zemljišta na pritisak i stres kojem je izloženo važan aspekt problema sabijanja zemljišta. Prema [6], štete od prekomernog sabijanja zemljišta ogledaju se u povećanju troškova proizvodnje od 20-40%, prosečnom smanjenju prinosa za 10-25%, prosečnom povećanju potrošnje goriva za 20-25% i povećanju investicija za mašinski park, objekte i kadrove za 10-25%. Ostvareni gubici kao posledica prekomernog sabijanja zemljišta su  $224,5 \text{ USD}\cdot\text{ha}^{-1}$  godišnje ili za najveće poljoprivrednog gazdinstvo od oko 15.000 ha obradivog zemljišta gubici dostižu 3.367500 USD godišnje. [3] su istraživali uticaj tri metoda obrade na otpor smicanja, otpor konusa, zapreminsku masu zemljišta i varijaciju vlažnosti pri proizvodnji pšenice i kukuruza. Izmerene vrednosti navedenih parametara nisu prevazišle kritične vrednosti osim otpora konusa na dubini od 20-30 cm koji je iznosio 2 MPa. Do povećanja otpora konusa došlo je usled velikih optere-



ćenja zemljišta tokom ubiranja kombajnima. [4], proučavaju uticaj sabijanja na svojstva zemljišta i prinos pšenice i kukuruza na uvratinama i zaključuju da je pod pšenicom na početku faze vlatanja sabijenost zemljišta na uvratinama bila za 25,96% veća u odnosu na unutrašnjost parcele, a u fazi ubiranja za 31,17%. Isti autori navode da je mikrobiološka aktivnost niža na uvratinama, a ostvareni prinos zrna pšenice bio je veći za 51,35% u odnosu na uvratine. Veliki broj prohoda, naročito na uvratinama uslovljava intenzivnije gaženje zemljišta što se negativno odražava na promene u zemljištu i prinos svih biljnih vrsta navode [7]. Prema njima je utvrđeno smanjenje prinosa na uvratinama kod pšenice 44,86%, kukuruza 54,48%, suncokreta 19,09%, soje 11,41% i kod šećerne repe za 52,72%. [11], zaključuju da je sabijenost zemljišta u toku višegodišnjih ispitivanja posle setve bila za 30,56% veća u odnosu na unutrašnji deo parcele, dok je povećanje na uvratini pre ubiranja iznosilo 37,65%, pa je smanjenje biološkog prinosa iznosilo 31,55%, a mase suvog zrna 26,39%. Prema istim autorima u fazi nicanja sabijenost zemljišta na uvratinama bila je 14,45 daN·cm<sup>-2</sup> na dubini od 7-21cm, dok je u unutrašnjem delu parcele sabijenost zemljišta bila 10,48 daN·cm<sup>-2</sup>. Pre ubiranja sabijenost zemljišta na uvratinama bila je 14,21 daN·cm<sup>-2</sup> na istoj dubini, a u unutrašnjem delu parcele bila 9,73 daN·cm<sup>-2</sup>. [1], naglašavaju da pored prirodnog zbijanja, veoma važnu ulogu u sabijanju zemljišta ima i sabijanje koje je generisano kontaktom guma ili gusenica traktora i drugih poljoprivrednih mašina. [12], razmatraju probleme sabijanja zemljišta kod ozimog ječma i navode da je otpor konusa pre prihrane bio veći na uvratini i iznosio je u proseku 2,73 MPa, dok je u unutrašnjem delu parcele iznosio je 1,51MPa, što predstavlja povećanje sabijenosti za 57,27%. Nakon ubiranja otpor konusa je bio veći na uvratini i iznosio je u proseku 3,82 MPa, dok je u unutrašnjem delu manji 2,53 MPa, tako da je otpor konusa na uvratini veći u odnosu na unutrašnji deo parcele za 50,97%, navode isti autori. [9], navode da je poljoprivredna mehanizacija ključni element u poljoprivrednoj proizvodnji jer njena primena donosi brojne koristi. Međutim, veoma je važna pravilna primena mehanizacije jer nepotrebno i prekomerno korišćenje sabija zemljište i stvara niz problema, koji se manifestuju negativnim uticajem na rast i prinos gajenih biljaka.

## MATERIJAL I METODE RADA

U toku 2011/12. na severu Kosova i Metohije ispitivan je uticaj sabijenosti zemljišta na prinos ozime pšenice sorte "Pobeda". Ručnim penetrometrom *Eijkelkamp 06.01 SA* merena je sabijenost zemljišta u unutrašnjem delu parcele i na uvratinama, na dubini od 0-20cm, uzimajući u obzir da je u pitanju dubina sloja zemljišta koji je obrađivan plugovima. Konus je utiskivan u zemljište konstantnom brzinom od 2 cm·sec<sup>-1</sup>. U cilju razmatranja prave uvratine odabrana je parcela pored koje je put, tako da je okretanje mehanizacije obavljano samo na parceli pri čemu je tako formirana prava uvratina. Širina uvratine iznosila je 15m. Merenja sabijenosti zemljišta obavljana su dva puta: na početku vegetacije nakon nicanja useva i na kraju vegetacije pre ubiranja. Svi uzorci uzimani su u pet ponavljanja na tri mesta po širini, uz razmak od 2m između mernih traka. Na sredini uvratine nalazila se srednja traka. Kada je unutrašnji deo parcele u pitanju, primenjena je slična šema, pri čemu se srednja traka nalazila se na 40 m od početka parcele. Ogledi su postavljeni na aluvijumu. Biološki prinos i prinos suvog zrna pšenice na unutrašnjosti i na uvratinama utvrđivan je sa 1 m<sup>2</sup> a proračunat je na ceo ogled.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

U Tabeli 1 prikazani su rezultati sabijenosti zemljišta pod pšenicom na uvratini i unutrašnjem delu parcele.

Tabela 1. Intenzitet sabijenosti zemljišta na dubini od 0-20 cm  
 Table 1. Intensity of soil compaction at depth of 0-20 cm

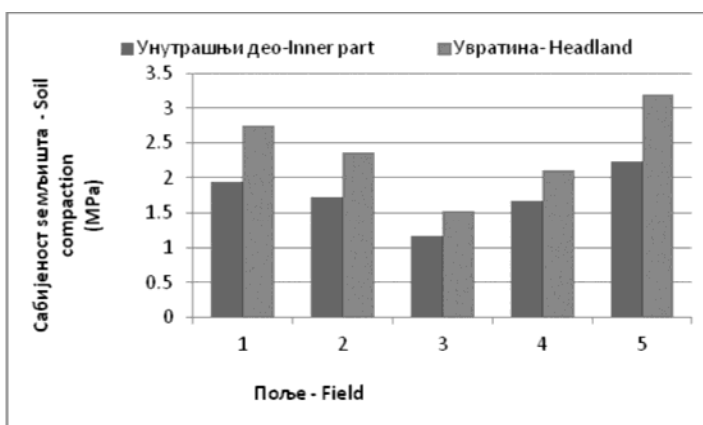
Vreme merenja Measuring period	Ponavljanje Repetition	Mesto uzorka i sabijenost Place of sample and soil compaction (MPa)		Povećanje sabijenosti Compaction increase (%)
		Unutrašnji deo Inner part	Uvratina Headland	
Nicanje Germination	1	1,94	2,75	41,75
	2	1,72	2,36	37,20
	3	1,17	1,53	30,76
	4	1,67	2,10	25,74
	5	2,23	3,19	43,04
	Prosek Average	1,75	2,39	36,57
Ubiranje Harvesting	1	2,31	3,47	50,22
	2	2,14	3,38	57,97
	3	2,81	4,28	52,31
	4	2,49	3,90	56,63
	5	2,51	3,86	53,78
	Prosek Average	2,45	3,78	54,29

Na osnovu rezultata prikazanih u Tabeli 1, zapaža se da su na uvratinama izmerene značajno veće vrednosti sabijenosti zemljišta pod usevom pšenice, kako u fazi nicanja tako i pre ubiranja, po svim varijantama.

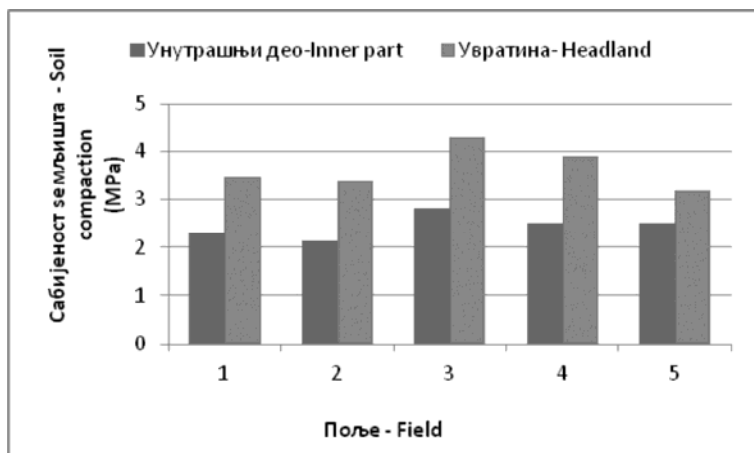
Sabijenost zemljišta na unutrašnjem delu parcele nakon nicanja pšenice varirala je u rasponu od 1,17-2,23 MPa, a na uvratinama od 1,53-3,19 MPa. Na unutrašnjem delu parcele, sabijenost zemljišta u fazi nicanja iznosila je prosečno 1,75 MPa, a na uvratini 2,39 MPa. Sabijenost zemljišta na uvratinama u odnosu na unutrašnji deo parcele bila je veća u proseku za 36,57% .

Sličan uticaj velikog broj prelaza mašinsko-traktorskih agregata na sabijanje na uvratini i unutrašnjem delu parcele zapaža se i pre ubiranja pšenice. Na unutrašnjem delu parcele sabijenost je varirala od 2,14-2,81 MPa, dok je na uvratinama bila u rasponu od 3,38-4,28 MPa. Povećanje sabijenosti zemljišta na uvratinama u odnosu na unutrašnji deo parcele pre ubiranja pšenice bilo je veće u proseku za 54,29% (Tabela 1).

Na Grafikonima 1 i 2 prikazana je sabijenost zemljišta pod pšenicom u fazi nakon nicanja i pre ubiranja.



Grafik 1. Sabijenost zemljišta nakon nicanja pšenice  
 Chart 1. Soil compaction after germination of wheat



Grafik 2. Sabijenost zemljišta pre ubiranja pšenice  
 Chart 2. Soil compaction before harvesting wheat

Intenzivnije sabijanje zemljišta na uvratini u odnosu na unutrašnji deo parcele ispoljilo je značajan uticaj na stvaranje nepovoljnih uslova za rast i razvoj useva ozime pšenice, zbog čega su ostvarene velike razlike u pogledu visine ostvarenih prinosa.

Prinos suvog zrna pšenice u unutrašnjem delu parcele kretao se u rasponu od 3,24-3,90 t ha<sup>-1</sup>, a na uvratini u rasponu od 2,53-3,14 t ha<sup>-1</sup>. Manje vrednosti ostvarenih prinosa na uvratini u odnosu na unutrašnji deo parcele izmeren je po svim ponavljanjima.

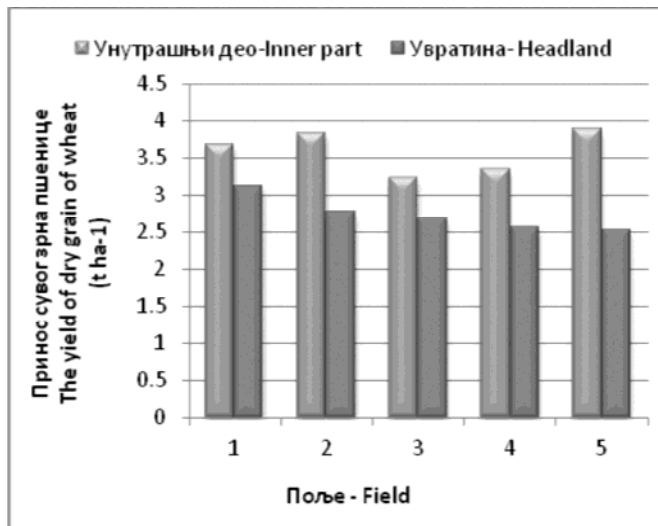
Sličan je uticaj sabijenosti zemljišta u centralnom delu parcele i uvratinama i na biološki prinos.

Najmanji biološki prinos izmeren je na uvratini i iznosio je 5,17 t ha<sup>-1</sup>, a najveći u unutrašnjem delu pravece 9,35 t ha<sup>-1</sup>, pri čemu se biološki prinos pšenice u unutrašnjem delu parcele kretao u rasponu od 6,89-9,35 t ha<sup>-1</sup> (prosečno 7,99 t ha<sup>-1</sup>), a na uvratinama u rasponu od 5,17-6,73 t ha<sup>-1</sup>, odnosno prosečno 5,90 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 2).

Tabela 2. Prinos pšenice na uvratinama i unutrašnjem delu parcele  
 Table 2. Wheat yield on headland and inner part of a field

Parametar Parameter	Ponavljanje Repetition	Prinos (t·ha <sup>-1</sup> ) Yield (t·ha <sup>-1</sup> )		Smanjenje prinosa Yield decrease (%)
		Unutrašnji deo Inner part	Uvratina Headland	
Masa zrna Grain mass	1	3,69	3,14	17,52
	2	3,85	2,78	38,48
	3	3,24	2,69	20,44
	4	3,37	2,58	30,62
	5	3,90	2,53	54,15
	Prosek Average		3,61	2,74
Biološki prinos Harvesting	1	7,30	5,57	31,06
	2	8,24	5,83	41,33
	3	8,17	6,73	21,39
	4	6,89	5,17	33,27
	5	9,35	6,20	50,81
	Prosek Average		7,99	5,90

Veliki broj prelaza mašinsko-traktorskih agregata doveo je do intenzivnijeg sabijanja zemljišta na uvratini u odnosu na centralni deo ogledne parcele, što je rezultiralo smanjenjem prinosa na uvratini u odnosu na unutrašnji deo.



Grafik 3. Prinos suvog zrna pšenice  
Chart 3. The yield of dry grain of wheat

Prosečno smanjenje prinosa suvog zrna pšenice u toku ispitivanja iznosilo je 31,75%, a biološkog prinosa 35,42% (Tabela 2).

### ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja može se zaključiti da je na uvratini izmerena veća sabijenost zemljišta u odnosu na unutrašnji deo parcele po svim fazama ispitivanja.

Nakon nicanja pšenice u unutrašnjem delu parcele sabijenost zemljišta iznosila je prosečno 1,75 MPa, dok je na uvratini izmerena prosečna sabijenost zemljišta od 2,39 MPa.

Sabijenost zemljišta na uvratinama nakon nicanja pšenice bila je veća u proseku za 36,57% u odnosu na unutrašnji deo parcele. U fazi ubiranja pšenice zapažen je sličan uticaj velikog broja prelaza mašinsko-traktorskih agregata na sabijanje zemljišta.

Na unutrašnjem delu parcele sabijenost zemljišta je varirala u rasponu od 2,14-2,81 MPa, a na uvratinama od 3,38-4,28 MPa. Povećanje sabijenosti zemljišta na uvratinama u odnosu na unutrašnji deo parcele iznosilo je prosečno 54,29%.

Povećanje sabijenosti zemljišta na uvratinama u odnosu na centralni deo parcele dovelo je do velikih razlika u pogledu ostvarenih prinosa.

Prinos suvog zrna pšenice u unutrašnjem delu parcele kretao se u rasponu od 3,24-3,90 t ha<sup>-1</sup>, a na uvratini u rasponu od 2,53-3,14 t ha<sup>-1</sup>.

Najmanji biološki prinos izmeren je na uvratini i iznosio je 5,17 t ha<sup>-1</sup>, a najveći u unutrašnjem delu parcele 9,35 t ha<sup>-1</sup>, pri čemu se biološki prinos pšenice u unutrašnjem delu parcele kretao u rasponu od 6,89-9,35 t ha<sup>-1</sup>, a na uvratinama u rasponu od 5,17-6,73 t ha<sup>-1</sup>.

Veliki broj prelaza mašinsko-traktorskih agregata, doveo je do intenzivnijeg sabijanja zemljišta na uvratini u odnosu na centralni deo ogledne parcele, pa je prosečno smanjenje prinosa suvog zrna pšenice u toku ispitivanja iznosilo 31,75%, dok je biološki prinos bio u proseku manji za 35,42%.

## LITERATURA

- [1] Biris, S.S., Vladut, V., Ungureanu Nicoleta, Paraschiv G., Voicu, G., 2009. *Agriculturae Conspectus Scientifcus*. Vol. 74, No. 1, 21-29.
- [2] Vučić, N. 1992. *Higijena Zemljišta*. Monografija. Vojvodanska akademija nauke i umetnosti, Novi Sad.
- [3] Güclü Yavuzcan H., Vatandas M., Gürhan R.. 2002. Soil strength as affected by tillage system and wheel traffic in wheat-corn rotation in central Anatolia. *Journal of Terramechanics*, 39 (1): 23-34.
- [4] Jarak Mirjana, Furman, T., Gligorić Radojka, Đurić Simonida, Savin, L., Jeličić Zora, 2005. Svojstva zemljišta i prinos pšenice i kukuruza na uvratinama. *Traktori i pogonske mašine*. Vol.1.Br.3.,98-103.
- [5] Lynden V., G.W.J. 2000. *The assessment of the Status of human-induced degradation*. 56(3-4): 117-129.. FAO Report, (37).
- [6] Nikolić,R., Savin, L., Furman, T., Gligorić Radojka, Tomić, M., 2002. Istraživanje problema sabijanja zemljišta. *Traktori i pogonske mašine*. Vol.7.Br.1, 5-13.
- [7] Nikolić, R., Savin, L., Furman, T., Tomić, M., Gligorić Radojka, Simikić, M., Sekulić, P., Vasin, J., Kekić, M., Bertok, Z., 2006. Uticaj sabijanja na promene u zemljištu i prinos kukuruza, suncokreta, soje i šećerne repe. *Traktori i pogonske mašine*. Vol.11.Br.5., 25-31.
- [8] Radojević, R., Raičević, D., Oljača, M. V., Gligorević, K., Pajić, M. 2006. Uticaj jesenje obrade na sabijanje teških zemljišta. *Poljoprivredna tehnika*, 31(2), 63-71.
- [9] Ramazan M., Daraz G. K., Hanif M. and Shahid A. 2012. Impact of Soil Compaction on Root Length and Yield of Corn (*Zea mays*) under Irrigated Condition. *Middle-East Journal of Scientific Research* 11 (3): 382-385.
- [10] Ronai D, Shmulevich I. 1995. Tire footprint characteristics as a function of soil properties and tire operations. *Journal of Terramechanics*, 32(6) 311-323.
- [11] Savin, L., Nikolić, R., Simikić, M., Furman, T., Tomić, M., Gligorić Radojka, Jarak Mirjana, Đurić Simonida, Sekulić, P., Vasin, J., 2007. Istraživanje uticaja sabijenosti na prinos pšenice i promene u zemljištu i na unutrašnjem delu parcele. *Letopis naučnih radova*, br.1, 167-173.
- [12] Savin, L., Simikić, M., Furman, T., Tomić, M., Gligorić Radojka, Jarak Mirjana, Đurić Simonida, Sekulić, P., Vasin, J. 2009. Uticaj agrotehničkih mera na otpor konusa kod ozimog ječma. *Traktori i pogonske mašine*. Vol.14. Br. 2/3. 172-177.
- [13] *Statistički godišnjak Republike Srbije*, 2011. Republički zavod za statistiku, Beograd.
- [14] Fritton, D. D. 2001. An Improved Empirical Equation for Uniaxial Soil Compression for a Wide Range of Applied Stresses. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 65:678–684.

# PRIMENA RAZLIČITIH TEHNOLOŠKIH PROCESA U DORADI SEMENA CRVENE DETELINE

Dragoslav Đokić<sup>\*1</sup>, Rade Stanisavljević<sup>1</sup>, Dragan Terzić<sup>1</sup>, Jordan Marković<sup>1</sup>, Gordana Radivojević<sup>1</sup>, Bojan Anđelković<sup>1</sup>, Saša Barac<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut za krmno bilje, Kruševac, Globoder 37251

<sup>2</sup> Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet - Priština/Lešak

**Sažetak:** U radu su prikazani rezultati ispitivanja pri doradi naturalnog semena crvene deteline na mašinama za doradu različitim tehnološkim postupcima. Seme za zasnivanje i korišćenje useva crvene deteline (*Trifolium pratense* L.) mora biti visoke čistoće, klijavosti, kao i visoke genetske vrednosti. Ovi zahtevi se ostvaruje doradom, odnosno odstranjivanjem nečistoća i semena lošijeg kvaliteta. Dorada semena crvene deteline obuhvata veći broj operacija od kojih su najznačajnije: čišćenje, pakovanje u ambalažu, deklarisanje i skladištenje. U procesu dorade semena ove krmne biljke količina doradenog semena direktno zavisi od sadržaja primesa koje mogu biti organskog i neorganskog porekla, a takođe i od količine i vrste korova u semenu koje se doraduje. Zadatak čišćenja je da se iz naturalnog semena crvene deteline sa primesama uklone sva zrna stranih primesa i razne nečistoće i izdvoji čisto zrno osnovne kulture. Značaj doradenog semena se ogleda u tome da se seme blagovremeno pripremi u što povoljnije stanje za sejalicu i kvalitetnu setvu, klijanje i nicanje.

Cilj ispitivanja bio je da se pri doradi semena crvene deteline odrede relevantni parametri na mašinama za doradu, a to su: čisto seme (%), seme korova i seme drugih kultura (%), inertne materije (%), količina doradenog semena (kg), vreme dorade semena (h), gubici semena (%), randman dorade (%), kao i količina potrošenog materijala u tehnološkom procesu dorade semena.

Na osnovu dobijenih rezultata i njihovim poređenjem moguće je izvršiti izbor odgovarajućeg tehnološkog procesa za doradu semena crvene deteline.

**Ključne reči:** seme, dorada, crvena detelina, tehnološki proces

---

\* Kontakt autor. E-mail: dragoslav.djokic@ikbks.com

Projekat br. 31057 (2011-2014) je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja R. Srbije.

# APPLICATION OF VARIOUS TECHNOLOGICAL PROCESSES IN RED CLOVER SEED PROCESSING

Dragoslav Đokić<sup>1</sup>, Rade Stanisavljević<sup>1</sup>, Dragan Terzić<sup>1</sup>, Jordan Marković<sup>1</sup>,  
Gordana Radivojević<sup>1</sup>, Bojan Andelković<sup>1</sup>, Saša Barać<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute for forage crops, Globoder, Kruševac, 37251, Republic of Serbia*

<sup>2</sup> *Faculty of Agriculture, Priština, Lešak 38219, Kopaonička bb, Republic of Serbia*

**Abstract:** This paper presents the results of the processing of natural red clover seed on the processing equipment using different technological methods. Red clover seed, for the establishment and crop utilization, must be of high purity, germination, and high genetic values. These requirements are achieved by processing, or removing impurities and poor quality seeds. Red clover seed processing involves a number of operations, of which the most important are: cleaning, packaging, labeling and storage. In the processing of seeds of this forage plant, the amounts of processed seed directly depends on the content of impurities that may be organic or inorganic, as well as the amount and type of present weed seed. The task is to clean the natural seeds of red clover and thus remove all traces of impurities and extract the basic seed of pure culture. The importance of processed seed is reflected in the fact that the seed must be timely prepared for the favorable condition for quality sowing, germination and emergence.

The aim of the study was to determine relevant parameters of the processing equipment in the red clover seed processing. Parameters were: pure seed (%), weed seeds and seed of other crops (%), inert matter (%), the amount of processed seed (kg), seed processing time (h), losses of seeds (%), processing output (%) and the amount of materials consumed in the seed processing.

Based on these results and their comparison, choice of appropriate technological processes for red clover seed can be made.

**Key words:** *seed, processing, red clover, technological process*

## UVOD

Crvena detelina (*Trifolium pratense* L.) je druga najvažnija višegodišnja mahunasta krmna biljka u našoj zemlji posle lucerke (*Medicago sativa* L.). U Republici Srbiji u 2011. godini crvena detelina je požnjevena na 119.480 ha, a lucerka na 183.328 ha [19]. Kao stočna hrana crvena detelina se može koristiti kao zelena krma i prerađena kao: seno, senaža, silaža i dehidrirana u brašno [22]. Odlikuje se visokim prinostom biomase i kvalitetom krme, kao i brзом regeneracijom nakon kosidbe. Naročito je bogato proteinima lišće, čiji sadržaj iznosi oko 25% u fazi butonizacije [21]. Sadržaj vitamina i mineralnih materija čine je jednom od najkvalitetnijih krmnih vrsta. Crvena detelina sadrži velike količine provitamina A i vitamine C, D, E, K, B1, B2, B3 i mikroelemente Mo, Co, B, Cu, Mn [13]. Nasuprot lucerki, crvena detelina bolje podnosi kiselija zemljišta, s niskom pH vrednošću, lošije strukture. Crvena detelina najbolje uspeva na neutralnim do slabo kiselim zemljištima sa vrednostima pH 5,5-7. Zemljišta su srednje teška, vlažna, srednje plodnosti tipa gajnjača, aluvijuma i smonica [12]. S obzirom na značaj crvene deteline i mogućnost za proizvodnju krme na manje pogodnim i kiselijim zemljištima postoji potreba njenog daljeg širenja u praksi [9].

Jedan od uslova za ostvarivanje visokih prinosa u savremenoj proizvodnji svake biljne vrste je upotreba kvalitetnog semena. Upotreba deklarisanog semena je preduslov za postizanje visokih i stabilnih prinosa kao i za približavanje ostvarenju maksimalnih genetskih potencijala [15].

Korovi u semenskom usevu crvene deteline otežavaju žetvu, kontaminiraju seme i otežavaju proces dorade. Da bi se sprečila pojava štetnih korova u usevu mora se delovati preventivno, odnosno izbegavanjem same pojave korova i njihovo suzbijanje u početnim stadijumima rasta korovskih biljaka [14]. Među korovima crvene deteline i ostalih višegodišnjih krmnih leguminoza koji imaju štetan ekonomski uticaj naročito je zastupljena parazitna cvetnica vilina kosica [20]. Prisustvo semena viline kosice u semenu lucerke, crvene deteline i drugih vrsta, bilo bi pogubno za zasnivanje useva leguminoznih biljaka [4], [10]. Iz tih razloga se vilina kosica se ne sme pojaviti na parceli u periodu vegetacije naročito kada se radi o semenskoj proizvodnji. U usevu crvene deteline osim viline kosice naročito je opasan i štavelj jer njegovo prisustvo u semenu deteline povećava gubitke semena jer se teško čisti zbog oblika i veličine zrna.

Posle žetve iz semena osnovne kulture treba da se ukloni seme drugih vrsta, korova i ostalih primesa. Čistoća semena predstavlja odnos između količine čistog semena osnovnog useva i drugih useva, korova i inertnih materija [8]. Dorada semena se zasniva na fizičkim karakteristikama semena. Pre svake dorade, potrebno je pažljivo analizirati svaku količinu semena i odgovarajućom kombinacijom mašina za doradu ostvariti optimalne rezultate [3], [2], [1], [7], [8]. Podešavanje mašina za doradu semena i tehnološki proces treba prilagoditi kvalitetu semena koje se dorađuje, pri čemu treba voditi računa o veličini otvora na sitima mašine za fino čišćenje zbog veličine semena. Seme crvene deteline je sitno, nepravilnog oblika, dužine 1,5-2 mm, širine 1,2-1,5 mm, debljine 0,6-1,2 mm, mase 1,8 g. [5], [22].

Zadatak procesa dorade semena je da se iz naturalnog semena uklone sva zrna stranih primesa i razne nečistoće i izdvoji čisto seme osnovne kulture [16]. Potrebno je odgovarajućom kombinacijom mašina za doradu postići što bolji kvalitet doradenog semena za što kraće vreme, pri čemu kvalitet semena odgovara zakonski propisanim normama za semenski materijal [7], [17]. Zakon o semenu i sadnom materijalu [6] koji je u skladu sa međunarodnim propisima za semena [11] definiše uslove i sredstva za proizvodnju, prerađivanje i distribuciju semena. Po zakonu, najmanja dozvoljena čistoća semena crvene



deteline je 95%, do 2% drugih vrsta, 0,5% korova (bez karantinskih korova) i 2,5% inertnih materija, minimalno 70% kljivosti sa 13% vlažnosti zrna [18].

Cilj ispitivanja bio je određivanje relevantnih parametara pri doradi naturalnog semena crvene deteline sa velikim sadržajem inertnih materija doradene na istom sistemu mašina za doradu različitim tehnološkim postupcima da bi se utvrdilo kojim tehnološkim postupkom se ostvaruju optimalni rezultati.

## MATERIJAL I METODE RADA

Ispitivanje je urađeno u doradnom centru Instituta za krmno bilje u Globoderu-Kruševcu, gde je u tri ponavljanja doradivano naturalno seme crvene deteline korišćenjem dva različita tehnološka postupka dorade (T1, T2). Tehnološki postupak T1 je standardni postupak koji se primenjuje u procesu dorade semena crvene deteline pri čemu se u mešaoni seme meša sa vodom i čeličnim prahom u određenoj srazmeri. Kod drugog tehnološkog postupka (T2) pored ove dve komponente korišćena je i određena količina glicerina koji se rastvarao u vodi. Pri doradi semena iz otpada koje se dobije pri oba procesa dorade korišćena je i određena količina glicerina u mešaoni da bi se dobila što veća količina kvalitetnog semena. Naturalno seme crvene deteline bilo je prosečne čistoće od 73% sa velikim sadržajem inertnih materija (27,0%) u vidu cvetića, žetvenih ostataka, muhara, sa 7 zrna viline kosice u radnom uzorku od 5 g (Tabela 1).

Tabela 1. Prosečna čistoća naturalnog semena crvene deteline  
*Table 1. The average purity of red clover seed*

Struktura semena <i>Seed structure</i>	Procentualni udeo <i>Percent ratio</i>	Vrsta korova <i>Weed species</i>
Čisto seme <i>Pure seed</i>	73,0	
Druge vrste <i>Other species</i>	0,0	
Inertne materije <i>Inert matter</i>	27,0	Cvetići, žetveni ostaci, muhar ( <i>Setaria</i> spp.) <i>Florets, harvest rests, foxtail millet (Setaria spp.)</i>
Korov <i>Weed</i>	0,0	7 <i>Cuscuta</i> spp. /5 g

Sistem mašina za doradu koji se koristio pri ispitivanju sastojao se od sledećih mašina i uređaja: prijemnog koša sa trakastim transporterom, kofičastih elevatora, trakastog transportera, mašine za fino čišćenje danskog proizvođača Damas-tip Alfa 4, mašine za magnetno čišćenje nemačkog proizvođača Emceka Gompper-tip 4. Za odvajanje korova na magnetnom separatoru korišćen je čelični prah Nutra fine RS američke proizvodnje. Pre samog procesa dorade probom je ustanovljena najpovoljnija kombinacija rasporeda sita na mašini za fino čišćenje. U gornjoj lađi su se nalazila sita i rešeta sa okruglim otvorima prečnika: 2,75 mm; 2,5 mm; 2,25 mm; 2,0 mm; 2,0 mm i 1,9 mm. U donjoj lađi su se nalazila sita sa uzdužnim - rezanim otvorima širine: 1,2 mm; 1,1 mm; 1,0 mm i u donjem redu 0,6 mm; 0,5 mm i 0,5 mm.

Količina semena za svako ponavljanje je iznosila 300 kg, odnosno 900 kg semena za svaki tehnološki postupak (1800 kg ukupno). Za svako ponavljanje laboratorijskom analizom određivani su sledeći parametri: čisto seme (%), seme korova i seme drugih kultura (%) i inertne materije (%). Određivanje mase semena za uzorke u laboratoriji vršeno je na elektronskoj preciznoj vagi. Za analizu sadržaja primesa u semenu u laboratoriji koristilo se uveličavajuće staklo sa osvetljenjem. Merenje mase doradenog semena vršeno je elektronskom vagom mernog opsega do 300 kg. Merenje vremena rada (h) vršilo se štopericom.

Poređenjem dobijenih prosečnih vrednosti za svaki primenjeni tehnološki postupak dorade moguće je za ispitivanu čistoću semena crvene deteline od 73,0% odrediti koji je tehnološki postupak bolji, kao i koliko je potrebno izvršiti prolaza semena za doradu kroz sistem mašina da bi se dobilo seme odgovarajućeg kvaliteta.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Po prvom tehnološkom postupku (T1) dorada naturalnog semena crvene deteline čistoće 73% vršila se u tri ponavljanja. Dorada semena pri prvom ponavljanju prikazana je u tabeli 2. Seme je posle prvog prolaska kroz sistem mašina imalo 92% čistog semena, 2% semena lucerke, 3% korova kamilice i bokvice. U uzorku od 5 g pronađeno je 9 vilinih kosica i 2 zrna štavolja. Inertnih materija u vidu cvetića i žetvenih ostataka bilo je 3%. Posle trifolina seme je imalo veoma visoku čistoću od 99,0%, bez korova. U uzorku od 50 g na malom trifolinu pronađena se dva semena štavolja što je po zakonskim propisima. Za vreme dorade od 128,0 min, dobijeno je 176,2 kg čistog semena. Da bi se dobila što veća količina semena sa mašina uzet je otpad da bi se ponovo doradio.

Tabela 2. Čistoća semena crvene deteline u zavisnosti od faze dorade T1-prvo ponavljanje  
Table 2. Purity of red clover in relation to processing stage T1-first repetition

Faza dorade <i>Processing stage</i>	Čisto seme <i>Pure seed (%)</i>	Druge vrste <i>Other species (%)</i>	Inertne materije <i>Inert matter (%)</i>	Korov <i>Weed (%)</i>
Naturalno seme <i>Natural seed</i>	73,0	0	27	- 7 <i>Cuscuta</i> spp. /5 g
I prolaz <i>I passage</i>	92,0	2	3	3 <i>Matricaria chamomilla</i> , <i>Plantago</i> spp., 9 <i>Cuscuta</i> spp./5 g, 2 <i>Rumex</i> spp./5 g
Magnetna mašina <i>Magnetic machine</i>	99,0	0	1,0	- 2 <i>Rumex</i> spp./50 g

U Tabeli 3. prikazana je dorada naturalnog semena crvene deteline po tehnološkoj šemi T1 pri drugom ponavljanju. Posle prvog prolaska kroz sistem mašina dobijeno je seme čistoće od 95,0%. Analizom je ustanovljeno 2% korova u vidu kamilice. Inertnih materija u vidu cvetića i žetvenih ostataka bilo je 3%. Kamilice kao korovske vrste u crvenoj detelini bilo je 2%.

Na kraju procesa dorade posle magnetnog separatora dobijeno je seme visoke čistoće od 99,2%. Korovskih vrsta u vidu kamilice i štira (*Amaranthus retroflexus* L.) bilo je 0,2%. Ostatak od 0,6% su inertne materije u vidu žetvenih ostataka. Pri analizi uzorka od 50 g na korove, na malom trifolinu pronađena su 4 zrna štavolja. Vreme dorade je iznosilo 107,0 min pri čemu je dobijeno 167,7 kg čistog semena. Kao i kod predhodnog ponavljanja seme iz otpada je uzeto za ponovnu doradu.

Tabela 3. Čistoća semena crvene deteline u zavisnosti od faze dorade T1-drugo ponavljanje  
Table 3. Purity of red clover in relation to processing stage T1-second repetition

Faza dorade <i>Processing stage</i>	Čisto seme <i>Pure seed (%)</i>	Druge vrste <i>Other species (%)</i>	Inertne materije <i>Inert matter (%)</i>	Korov <i>Weed (%)</i>
Naturalno seme <i>Natural seed</i>	73,0	0	27	- 7 <i>Cuscuta</i> spp. /5 g
I prolaz <i>I passage</i>	95,0	0	3,0	2 <i>Matricaria chamomilla</i>
Magnetna mašina <i>Magnetic machine</i>	99,2	0	0,6	0,2 <i>Matricaria chamomilla</i> , <i>Amaranthus retroflexus</i> L., 4 <i>Rumex</i> spp./50 g

Tabela 4. Čistoća semena crvene deteline u zavisnosti od faze dorade T1-treće ponavljanje  
 Table 4. Purity of red clover in relation to processing stage T1-third repetition

Faza dorade <i>Processing stage</i>	Čisto seme <i>Pure seed</i> (%)	Druge vrste <i>Other species</i> (%)	Inertne materije <i>Inert matter</i> (%)		Korov <i>Weed</i> (%)
Naturalno seme <i>Natural seed</i>	73,0	0	27	-	7 <i>Cuscuta</i> spp. /5 g
I prolaz <i>I passage</i>	96,0	0	4,0	-	9 <i>Cuscuta</i> spp./5 g
Magnetna mašina <i>Magnetic machine</i>	99,2	0	0,8	-	1 <i>Rumex</i> spp./50 g

Dorada naturalnog semena crvene deteline prvim tehnološkim postupkom pri trećem ponavljanju prikazana je u Tabeli 4. Na kraju procesa dorade dobijeno je seme visoke čistoće od 99,2% bez korova, sa jednim zrnom štavlje u uzorku od 50 g, bez semena viline kosice. Za vreme dorade od 112,0 min dobijeno je 200,0 kg semena. Seme iz otpada je takođe kao i kod predhodna dva ponavljanja prikupljeno za ponovnu doradu.

Prvo ponavljanje pri doradi semena crvene deteline drugim tehnološkim postupkom prikazano je u Tabeli 5. Pri doradi semena deteline drugim tehnološkim postupkom (T2) koristio se glicerin u količini od 5 ml na 0,7 l vode i 500 g čeličnog praha.

Tabela 5. Čistoća semena crvene deteline u zavisnosti od faze dorade T2-prvo ponavljanje  
 Table 5. Purity of red clover in relation to processing stage T2-first repetition

Faza dorade <i>Processing stage</i>	Čisto seme <i>Pure seed</i> (%)	Druge vrste <i>Other species</i> (%)	Inertne materije <i>Inert matter</i> (%)		Korov <i>Weed</i> (%)
Naturalno seme <i>Natural seed</i>	73,0	0	27	-	7 <i>Cuscuta</i> spp. /5 g
I prolaz <i>I passage</i>	97,0	0	3,0	-	9 <i>Cuscuta</i> spp./5 g
Magnetna mašina <i>Magnetic machine</i>	99,2	0	0,8	-	1 <i>Rumex</i> spp./50 g

Glicerin se predhodno rastvarao u vodi, a zatim se vršilo doziranje u mešaoni. Posle prvog prolaska semena kroz sistem mašina dobijeno je seme visoke čistoće od 97% sa dva zrna viline kosice u uzorku od 5 g. Inertnih materija u vidu cvetića i žetvenih ostataka bilo je 3%.

Na kraju procesa dorade čistoća doradenog semena bila je veoma visoka i iznosila je 99,2%. U uzorku semena analiziranom na malom trifolinu pronađeno je jedno zrno štavlje. Vreme dorade je iznosilo 132 min, pri čemu je dobijeno 205,0 kg doradenog čistog semena. Otpad sa mašina se takođe sakupljao za ponovnu doradu.

Doradom semena istim tehnološkim postupkom korišćenjem glicerina u procesu dorade u mešaoni pri drugom ponavljanju seme kao i kod prvog ponavljanja doraduje u jednom prolasku kroz sistem mašina i kroz trifolin. Čistoća semena u zavisnosti od faze dorade je prikazana u Tabeli 6.

Tabela 6. Čistoća semena crvene deteline u zavisnosti od faze dorade T2-drugo ponavljanje  
 Table 6. Purity of red clover in relation to processing stage T2-second repetition

Faza dorade <i>Processing stage</i>	Čisto seme <i>Pure seed</i> (%)	Druge vrste <i>Other species</i> (%)	Inertne materije <i>Inert matter</i> (%)		Korov <i>Weed</i> (%)
Naturalno seme <i>Natural seed</i>	73,0	0	27	-	7 <i>Cuscuta</i> spp. /5 g
I prolaz <i>I passage</i>	97	0	3	-	6 <i>Cuscuta</i> spp. /5 g
Magnetna mašina <i>Magnetic machine</i>	99,2	0	0,8	-	2 <i>Setaria</i> spp. /5 g, 2 <i>Amaranthus retroflexus</i> L. /5 g

Seme posle prolaska kroz sistem mašina sa čistoće od 97,0% doradom na trifolinu ima čistoću od 99,2%, sa po dva zrna semena muhara i štira u uzorku od 5 g, što je po zakonskim propisima. U uzorku od 50 g sa malog trifolina nije pronađeno nijedno seme karantinskih korova viline kosice i štavelja. Za doradu 189,1 kg semena utrošeno je ukupno 130 min vremena.

U Tabeli 7. je prikazana dorada semena pri trećem ponavljanju. Posle dorade na mašini za fino čišćenje čistoća semena je iznosila 96% sa 4% inertnih materija u vidu cvetića i žetvenih ostataka. Na kraju procesa dorade dobijeno je seme izuzetno visoke čistoće od 99,4% sa 0,6% inertnih materija u vidu delova cvetića i žetvenih ostataka. Od korova u uzorku od 5 g pronađeno je po jedno zrno muhara i štira. U uzorku od 50 g nije pronađeno seme viline kosice i štira. Ukupno vreme dorade je iznosilo 140 min, a količina dobijenog semena na kraju dorade je bilo 208,0 kg.

Doradom semena iz otpada sa vetra fine mašine zbog veoma niske početne čistoće semena od 30% nije bilo moguće dobiti seme odgovarajuće čistoće po zakonskim normama i ovo seme se baca u otpad.

Doradom semena iz otpada sa prvog tehnološkog procesa sa gornjeg nivoa donjih sita sa fine mašine dobijeno je 39,7 kg čistog semena koje je odgovaralo zakonskim propisima. Sa početne čistoće od 72% sa 7% korova i 19% inertnih materija u vidu cvetića i žetvenih ostataka čistoća doradenog semena je na kraju dorade bila 97% čistog semena sa 3% inertnih materija. Vreme dorade je iznosilo 45 min. Iz semena iz otpada sa drugog tehnološkog procesa dobijeno je 38 kg semena čistoće 96% sa 4% inertnih materija. Vreme dorade ovog semena je iznosilo 51 min. Iz otpada sa trifolina doradeno je 16,0 kg čistog semena sa prvog tehnološkog procesa. Vreme dorade je iznosilo 47 min. Sa 79% početne čistoće posle prolaska kroz sistem mašina u košu mešaone seme je bilo 90% čistoće sa 5 zrna štavelja u uzorku od 5 g. Seme je na kraju procesa dorade bilo visoke čistoće od 98% sa 3 štavelja u uzorku od 50 g, bez viline kosice. Sa drugog tehnološkog procesa iz otpada dobijeno je 7,3 kg kvalitetnog semena za 40 min. Ovako veliki gubitak semena dobijenog iz otpada na trifolinu je posledica toga što je seme crvene deteline već bilo tretirano na magnetnom separatoru i zbog namagnetisanja i magnetnog praha koje se nalazi na semenu gubi se velika količina semena. Pri doradi semena iz otpada sa oba tehnološka procesa u mešaoni seme se mešalo sa čeličnim prahom, vodom i određenom količinom glicerina.

Tabela 7. Čistoća semena crvene deteline u zavisnosti od faze dorade T2-treće ponavljanje  
 Table 7. Purity of red clover in relation to processing stage T2-third repetition

Faza dorade <i>Processing stage</i>	Čisto seme <i>Pure seed (%)</i>	Druge vrste <i>Other species (%)</i>	Inertne materije <i>Inert matter (%)</i>	Korov <i>Weed (%)</i>	
Naturalno seme <i>Natural seed</i>	73,0	0	27	-	7 <i>Cuscuta</i> spp. /5 g
I prolaz <i>I passage</i>	96,0	0	4,0	-	7 <i>Cuscuta</i> spp. /5 g
Magnetna mašina <i>Magnetic machine</i>	99,4	0	0,6	-	1 <i>Setaria</i> spp. /5 g, 1 <i>Amaranthus retroflexus</i> L. /5 g

U Tabeli 8. su prikazane prosečne vrednosti svih relevantnih parametara dobijenih merenjem pri procesu dorade semena crvene deteline doradene sa dva različita tehnološka postupka na istom sistemu mašina za doradu.

Tabela 8. Prosečno vreme dorade, utrošak metalnog praha, vode i glicerina, količina doradenog semena i randman semena crvene deteline pri tehnološkim postupcima T1 i T2  
 Table 8. The average of the processing time, iron powder consumption, water and glycerin, average quantity of processed seed, output of processing seed during the red clover seed technological procedures T1 and T2

Tehnološki postupak <i>Technological procedures</i>	Vreme dorade <i>The time of the processing (min)</i>	Utrošak <i>Consumption</i>			Doradeno seme <i>Processed seed (kg)</i>		Randman dorade <i>Output of processing (%)</i>
		Čelični prah <i>Iron powder (kg)</i>	Glicerina <i>Glycerin (ml)</i>	Voda <i>Water (l)</i>	Sa dorade <i>From processing</i>	Iz otpada <i>From waste</i>	
T1	146,3	1,24	0,9	1,6	181,1	21,6	67,6
T2	164,3	1,05	10,7	1,5	200,7	15,1	71,9

Analizom dobijenih podataka iz tabele 8. pri procesu dorade semena crvene deteline različitim tehnološkim postupcima uočava se da je vreme dorade kod prvog tehnološkog procesa kraće za 18 min, ali na kraju procesa dorade dobijena količina semena kod drugog tehnološkog postupka bila je veća za 13,1 kg. Utrošak metalnog praha bio je manji za 0,19 kg kod drugog tehnološkog procesa kao i vode za 0,1 l. Na kraju procesa dorade sa većom ostvarenom količinom doradenog semena za 13,1 kg randman dorade kod drugog tehnološkog postupka bio je veći za 4,6% od prvog tehnološkog postupka što predstavlja značajan pokazatelj efikasnosti primenjenog tehnološkog postupka i racionalizaciju u procesu dorade semena crvene deteline.

## ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja, može se zaključiti da u procesu dorade naturalnog semena crvene deteline prosečne čistoće od 73% sa visokim sadržajem inertnih materija od 27%, različitim tehnološkim postupcima svi relevantni parametri dorade zavise od primenjene tehnologije dorade, kao i od početne čistoće naturalnog semena. U procesu dorade semena iste čistoće na istom sistemu mašina, primenom glicerina kod drugog tehnološkog postupka iskorišćenost ovakvog semena bila je veća, odnosno dobijene su veće količine semena. Drugim tehnološkim postupkom (T2) dobijeno je 13,1 kg doradenog semena više u odnosu na prvi tehnološki postupak (T1).

Primeše u naturalnom semenu crvene deteline u vidu inertnih materija ne utiču značajno na sam proces dorade i ovo seme se može lako doraditi uz odgovarajući sistem mašina i njihovo

pravilno podešavanje. Problem predstavljaju karantinski korovu u usevu crvene deteline kao što su vilina kosice i štavelj koji su po obliku i veličini slični semenu deteline i veoma ih je teško odstraniti. Najbolje je preventivno delovati tako što će se sejati sortno seme bez korova, i u toku vegetacije odstraniti korov iz useva, ukoliko se pojavi, pre njegovog cvetanja i pojave semena. Ova mera je ujedno i zakonom regulisana. Dorada semena crvene deteline je veoma složen proces i zahteva skupu opremu i obučeni kadar. Tokom procesa dorade svi propusti u tehnološkom procesu mogu dovesti do velikih gubitaka semena, a ujedno i do ekonomskih gubitaka. Poboljšanjem procesa dorade i optimizacijom smanjuje se utrošak energija pri procesu dorade semena, odnosno poboljšava se energetska efikasnost.

Na osnovu dobijenih pokazatelja izborom odgovarajućeg tehnološkog postupka i primenjenim sistemom mašina u procesu dorade semena crvene deteline poboljšani su proces dorade, odnosno izvršena je optimizacija i racionalizacija u procesu njene proizvodnje.

## LITERATURA

- [1] Babić, M., Babić, Lj., 1998. Uticaj osnovnih fizičkih osobina semena pšenice na karakteristike strujanja vazduha. *Selekcija i semenarstvo*, 5(3-4): 29-32.
- [2] Black, M., Bewley, J., Halmer, P., 2006. *The Encyclopedia of Seeds Science, technology and uses*. Wallingford, UK.
- [3] Copeland, O., Lawrence, McDonald, Miller, 2004. *Seed Drying. Seed Science and Technology*, Norwell, Massachusetts, p. 268– 276.
- [4] Čuturilo, S., Nikolić, B., 1986. *Korovi lucerke i njihovo suzbijanje*. Beograd, Nolit.
- [5] Erić, P., Đukić, D., Čupina, B., Mihailović, V., 1996. *Krmno bilje (praktikum)*. Novi Sad, Poljoprivredni fakultet
- [6] Glasnik Republike Srbije br. 45, 2005.
- [7] Đokić, D., 2010. *Primena različitih tehničko-tehnoloških sistema u doradi semena lucerke. Doktorska disertacija*, Univerzitet u Beogradu. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [8] Đokić, D., Stanisavljević, R., Marković, J., Terzić, D., Anđelković, B., 2012. Impurities in alfalfa seed and their impact on processing technology, *Journal on Processing and Energy in Agriculture* (former PTEP), Vol. 16 (2), 75-78.
- [9] Đukić, D., Mihailović, V., Tomić, Z., 1996. Rezultati oplemenjivanja krmnih biljaka u SR Jugoslaviji na kraju XX veka. *VIII jugoslovenski simpozijum o krmnom bilju sa međunarodnim učešćem*, Novi Sad, 5-15.
- [10] Đukić, D., Moiscuc, A., Janjić, V., Kišgeci, J., 2004. *Krmne, korovske, otrovne i lekovite biljke*. Poljoprivredni fakultet. Novi Sad.
- [11] ISTA-International Rules for Seed Testing, 1999. *Seed Science and Technology*, 27, Supplement. p.1 – 333. Basserdorf, Switzerland.
- [12] Lugić, Z., Radović, J., Terzić, D., Tomić, Z., Spasić, R., 2000. Semenarstvo višegodišnjih leguminoza u centru za krmno bilje Kruševac. *XI savetovanje, Semenarstvo krmnog bilja na pragu trećeg milenijuma*, Zbornik radova, Sombor, Srbija, str. 47-55.
- [13] Marković, J., Ignjatović, S., Radović, J., Lugić, Z. 2007. Uticaj faze razvika na sadržaj makro i mikroelemenata u lucerki i crvenoj detelini. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, N. Sad, 44, 401-406.
- [14] Miladinović, M., 2001. *Proizvodnja semena krmnog bilja*. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, N.Sad.
- [15] Mladenov V., Milošević M. 2011. Uticaj sorte i lokaliteta na kvalitet semena ozime pšenice. *Selekcija i semenarstvo*, XVII (1), 83-95.
- [16] Savić, Z., Lugić, Z., Neckov, I. 2000a. Uticaj kvaliteta naturalnog semena višegodišnjih krmnih leguminoza na gubitke u doradi semena. *I savetovanje, Nauka, praksa i promet u agraru - znanje u hibridu*, Vrnjačka banja. Zbornik radova, str. 95-98.
- [17] Savić Z., Tomić Z., Lugić Z., Radović J. 2000b. Uticaj korovskih vrsta u naturalnom semenu na randman dorade semena lucerke. *XI savetovanje, Semenarstvo krmnog bilja na pragu trećeg milenijuma*, Sombor, Srbija. Zbornik radova 103-110.
- [18] Službeni list SFRJ br. 47, 1987.
- [19] Statistički godišnjak Republike Srbije, 2011. Republički zavod za statistiku Srbije, Beograd. Srbija.
- [20] Šarić T., 1991. *Atlas korova*, Sarajevo: "Svetlost" Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
- [21] Vasiljević, S., Katić, S., Mihailović, V., 2011. Oplemenjivanje crvene deteline (*Trifolium pratense* L.) na poboljšani kvalitet krme. *Zbornik referata, 45 savetovanje agronoma Srbije*, Zlatibor, str. 127-136.
- [22] Vučković, S., 1999. *Krmno bilje*. Beograd: Institut za istraživanje u poljoprivredi "Srbija", Nova Pazova "Bonart".

# EFEKTI MEHANIZOVANOG NAČINA APLIKACIJE TEČNOG STARTNOG ĐUBRIVA U PROIZVODNJI KUKURUZA

Milan Dražić<sup>1\*</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>, Zoran Dumanović<sup>2</sup>, Dušan Radojičić<sup>1</sup>,  
Kosta Gligorević<sup>1</sup>, Miloš Stojanović<sup>3</sup>, Steva Božić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd-Zemun*

<sup>2</sup> *Institut za kukuruz "Zemun Polje", Beograd-Zemun*

<sup>3</sup> *Agromarket doo, Kragujevac*

**Sažetak:** Konvencionalna proizvodnja kukuruza podrazumeva upotrebu standardnih mineralnih hraniva koja se u zemljište mogu uneti na različite načine. Za razliku od konvencionalne proizvodnje, ova istraživanja su sprovedena uz pretpostavku da će se primenom različitih normi osnovnih i tečnih startnih đubriva kao i unapređenim načinom njihove aplikacije ostvariti veće vrednosti prinosa i niži sadržaj vlage ubranog zrna. U radu je istraživana uticaj mehanizovane aplikacije različitih normi i načina unošenja osnovnog i tečnog startnog đubriva u zemljište pri proizvodnji merkantilnog kukuruza. Aplikacija tečnih startnih đubriva vršena je istovremeno sa setvom i to na dva načina: u trake i tačke pojedinačno za svaku biljku. Dobijeni rezultati pokazuju da je prinos zrna na površinama gde je vršena aplikacija startnog đubriva viši za 1,79 t-ha<sup>-1</sup>, dok je sadržaj vlažnosti zrna niži za 3,6% u odnosu na rezultate dobijene na kontrolnoj površini.

**Ključne reči:** *startno đubrivo, mehanizovana aplikacija, kukuruz, prinos, vlažnost,*

## EFFECTS OF MECHANIZED METHOD OF LIQUID FERTILIZER APPLICATION IN CORN PRODUCTION

Dražić Milan<sup>1\*</sup>, Pajić Miloš<sup>1</sup>, Dumanović Zoran<sup>2</sup>, Radojičić Dušan<sup>1</sup>,  
Gligorević Kosta<sup>1</sup>, Stojanović Miloš<sup>3</sup>, Božić Steva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade, Republic of Serbia*

<sup>2</sup> *Maize Research Institute „Zemun Polje“, Belgrade, Republic of Serbia*

<sup>3</sup> *Agromarket doo, Kragujevac, Republic of Serbia*

**Abstract:** Conventional corn production assumes usage of standard inorganic fertilizers which can be added to the soil by different methods. Unlike conventional production, this research was conducted with assumption that by using different application rates of basic and liquid starter fertilizers, as well as, with improved method of their application, higher yield values and lower moisture content of harvested kernels would be realized. This paper explored influence of mechanized application with different rates and ways of broadcasting basic and liquid starter fertilizer to the soil for corn production. Liquid starter fertilizers were applied concurrently with plantation in two ways: in lanes and spots individually for each plant. The results obtained show that kernel yield was higher in areas where starter fertilizer application was performed for 1.79 t-ha<sup>-1</sup>, while kernel moisture contents was 3.6% lower compared to results obtained over control surfaces.

**Key words:** *starter fertilizer, mechanized application, maize, yield, moisture*

\* Kontakt autor. E-mail: mdrazic@agrif.bg.ac.rs

Rad je rezultat istraživanja u okviru realizacije Projekta TR-31051: "Unapređenje biotehnoških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda".

## UVOD

Kukuruz je danas jedan od najznačajnijih ratarskih useva kako u svetu tako i kod nas. U našoj zemlji, tokom 2012 godine kukuruzom je zasejano 1.235.000 ha [8]. Kukuruz je biljka univerzalnog privrednog značaja, jer se koristi u ishrani ljudi, stoke i za prerađivačku industriju. Savremena ratarska proizvodnja, pa samim tim i proizvodnja kukuruza imaju za cilj postizanje što većih prinosa po jedinici površine kao i što bolji kvalitet dobijenog zrna. Na kvalitet i količinu dobijenog zrna utiču agroekološki uslovi kao i primenjena tehnologija gajenja [7]. Pravilan sistem ishrane biljaka, zasnovan na naučnoj osnovi, jedna je od najznačajnijih agrotehničkih mera u proizvodnji kukuruza i uopšte u ratarskoj proizvodnji. Ujedno, to je agrotehnička mera kojom najefikasnije možemo uticati na povećanje prinosa, pod uslovom da se hraniva upotrebljavaju racionalno i u dovoljnoj količini [10].

Kukuruz se svrstava u grupu ratarskih useva koji proizvode najveću količinu organske materije po jedinici površine. Pored toga savremeni hibridi imaju genetski potencijal koji dostiže prinos i do 20 t/ha-1 i zato kukuruz kao biljka zahteva znatne količine hraniva [4]. Konvencionalna proizvodnja kukuruza podrazumeva upotrebu mineralnih đubriva koja sadrže tri osnovna elementa azot, fosfor i kalijum koji su neophodni za pravilan rast i razvoj same biljke kukuruza [2]. U ogledu koji je sproveden, pored upotrebe konvencionalnih mineralnih đubriva izvršena je i aplikacija tečnog startnog đubriva neposredno sa setvom.

Startna đubriva nisu namenjena da obezbede sve neophodne hranljive materije biljci. Tečno startno đubrivo koje se aplicira zajedno sa setvom ima zadatak da obezbedi lako dostupne hranljive materije tek proklizalom semenu [5]. Uticaj fosfora na život biljke je višestruk. U fenofazi klijanja i nicanja fosfor utiče na rast i razvoj korenovog sistema biljke kao i na povećanje otpornosti prema bolestima. Iz tog razloga tečna đubriva koja se u zemljište unose zajedno sa setvom sadrže veći procenat fosfora.

Đubrivo se aplicira u neposrednoj blizini semena tako da nakon klijanja biljka odmah počinje sa usvajanjem hraniva, što dovodi do ubrzanog rasta i ranijeg nicanja [6]. Sa ubrzanim rastom biljka dobija prednost u odnosu na konkurentne korovske biljke kao i ranije postizanje zrelosti [11]. Dalje u radu će biti prikazan način mehanizovane aplikacije tečnog startnog đubriva kao i njegov uticaj na prinos i sadržaj vlage dobijenog zrna u proizvodnji kukuruza.

## MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja su obavljena na oglednoj parceli instituta za kukuruz Zemun Polje tokom 2012. godine. Zemljište na kome je postavljen ogled je slabo karbonatni černozem. U Tabelama 1 i 2 prikazana su osnovna agrohemijaska svojstva zemljišta na kojem je postavljen ogled.

Tabela 1. Osnovna agrohemijaska svojstva zemljišta  
*Table 1. Basic agrochemical properties of the soil*

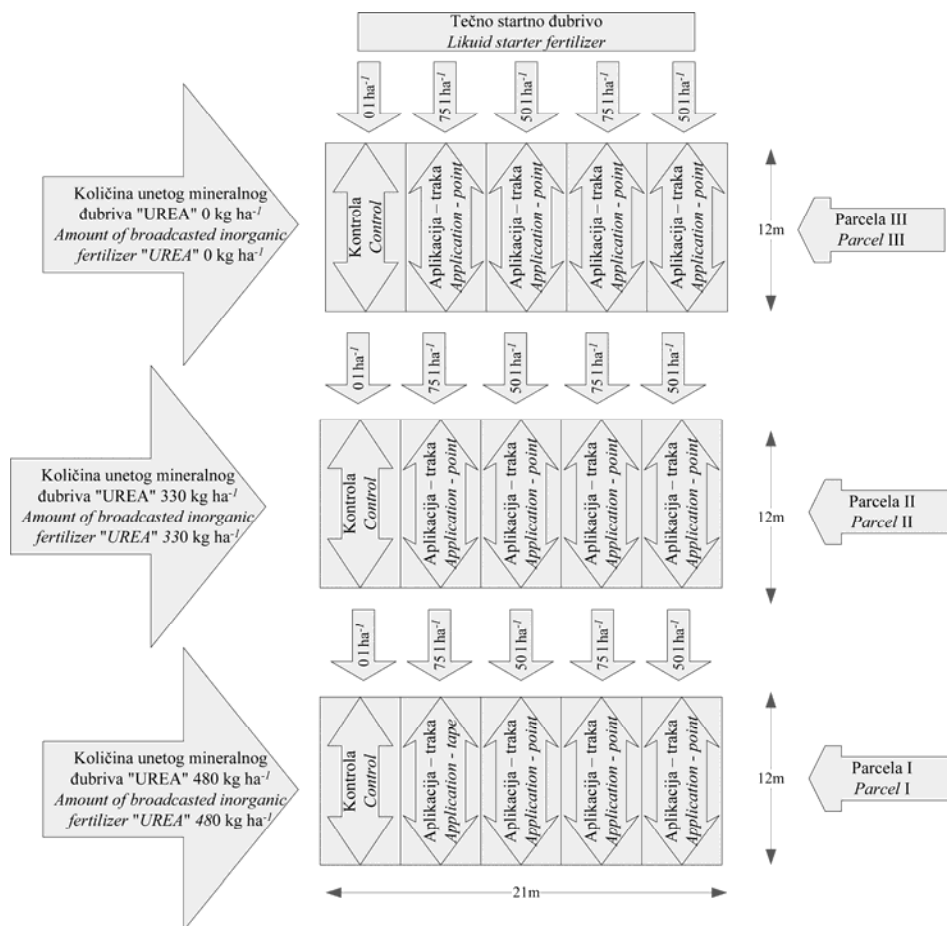
Dubina <i>Depth</i>	pH <i>pH</i>	pH <i>pH</i>	CaCO <sub>3</sub> <i>CaCO<sub>3</sub></i>	Humus <i>Humus</i>	Ukupni N <i>Total N</i>	Odnos C/N <i>C/N ratio</i>
(cm)	H <sub>2</sub> O	KCl	(%)	(%)	(%)	-
0-30	7,38	6,71	0,62	2,77	0,20	8,0:1
30-60	7,86	7,08	1,54	2,61	0,18	8,1:1

Predusev je bila ozima pšenica, a nakon žetve uklonjeni su žetveni ostaci i izvršeno je ljuštenje strništa. U jesen je izvršeno duboko oranje bez unošenja hraniva. Predsetvena priprema izvedena je u dva prohoda, tanjiranjem a nakon toga je izvršena kultivacija. Celokupna količina azota, fosfora i kalijuma uneta je neposredno pre izvođenja predsetvene pripreme.



Tabela 2. Prisustvo makro elementa u ispitivanom zemljištu  
 Table 2 Macronutrients concentration in the soil samples

Dubina Depth (cm)	$NH_4$ $NH_4$ ( $mg \cdot kg^{-1}$ )	$NO_3$ $NO_3$ ( $mg \cdot kg^{-1}$ )	$NH_4+N_3$ $NH_4+N_3$ ( $mg \cdot kg^{-1}$ )	N N ( $kg \cdot ha^{-1}$ )	$P_2O_5$ $P_2O_5$ ( $mg \cdot 100g^{-1}$ )	$K_2O$ $K_2O$ ( $mg \cdot 100g^{-1}$ )
0-30	11,9	14,7	26,6	120,0	16,0	23,0
30-60	2,8	12,6	15,4	69,0	10,0	18,1



Slika 1. Grafički prikaz postavljenog ogleda  
 Figure 1. Diagram of experimental setup

Ogled je postavljen po split-plot modelu po potpuno slučajnom planu. Ukupna površina na kojoj je postavljen ogled iznosi 756 m<sup>2</sup> i podijeljena je na tri parcele. Sve tri parcele su jednakih površina sa dimenzijama 21 × 12 m. Površina elementarne parcele iznosi 16,8 m<sup>2</sup>.

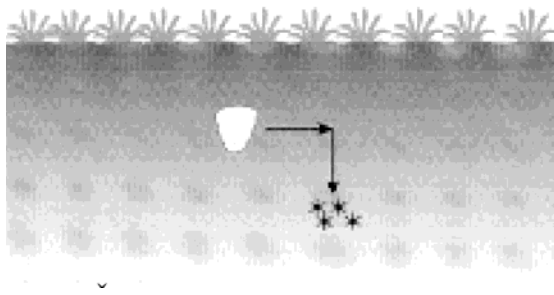
Na parceli I (Slika 1) neposredno pre izvođenja predsetvene pripreme izvršeno je unošenje mineralnog đubriva "UREA" (46% N) u količini od 300 kg·ha<sup>-1</sup>. Na parceli II na isti način izvršeno je unošenje mineralnog đubriva "UREA" (46% N) u količini od 150kg·ha<sup>-1</sup>, dok na parceli III nije vršeno unošenje mineralnih đubriva.

Setva kukuruza je obavljena je 17. apila 2012 godine. Sejan je hibrid "ZP-427" sa normom setve 60.000 biljaka·ha<sup>-1</sup>. Setva je obavljena četvororednom pneumatskom sejalicom "Majevica- MPS 566/01" u agregatu sa traktorom "MTZ-82". Na sejatici je izvršena adaptacija

postavljanjem prototipa mašine za aplikaciju "PTI-12/7", čime je izvršena aplikacija tečnog startnog đubriva zajedno sa setvom. Prototip mašine je namenjen za aplikaciju tečnih đubriva kod širokorednih useva u ratarskoj proizvodnji.

Adaptacija sejalice podrazumeva postavljanje dodatnih otvarača brazde, rezervoara, pumpe, senzora, rasprskivača i upravljačke jedinice. Programiranjem upravljačke jedinice može se uticati na ostvarenu normu kao i način apliciranja. Jedan od načina je aplikacija tečnog đubriva u neprekidne trake duž celog reda. Drugi način za aplikaciju je da se tečno đubrivo dozira prekidno "u tačkama" za svaku biljku, čime se može ostvariti ušteda startnog đubriva.

Aplikacija je izvršena na dva mehanizovana načina, kao i u dve različite norme aplikacije. U oba slučaja, tečno startno đubrivo, je uneto na 5 cm bočno u stranu od semena kao i 5 cm ispod dubine na koju je seme posejano [1] [3] kao što je prikazano na Slici 2.



Slika 2. Šema unošenja tečnog startnog đubriva  
Figure 2. Pattern of liquid starter fertilizer application

U proleće, nakon setve zemljište može biti hladno što dovodi do usporenog porasta korena posejane biljke, a samim tim i nemogućnost da dođe do dostupnih hraniva neophodnih za rast i razvoj. Upotreba startnih đubriva podrazumeva postavljanje određene količine hraniva u blizini semena kako koren može što lakše stići do njih i početi sa usvajanjem. Osnovni zadatak startnih đubriva je da obezbedi pristupačan izvor hraniva neophodnih za rast i razvoj biljke. Hemijski sastav korišćenog tečnog startnog đubriva prikazan je u Tabeli 3.

Tretman herbicidima izvršen je 26. maja 2012. godine, na celokupnoj površini na kojoj je postavljen ogled, pri čemu je korišćena kombinacija dva herbicida, "LAUDIS" u količini od  $2 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$  i "KALISTO" u količini od  $200 \text{ gr}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Na parcelama I i II, 7. juna izvršena je prihrana mineralnim đubrivom "UREA" ( $46\% \text{ N}$ ) u količini od  $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Na parceli III nije vršena prihrana mineralnim hranivima.

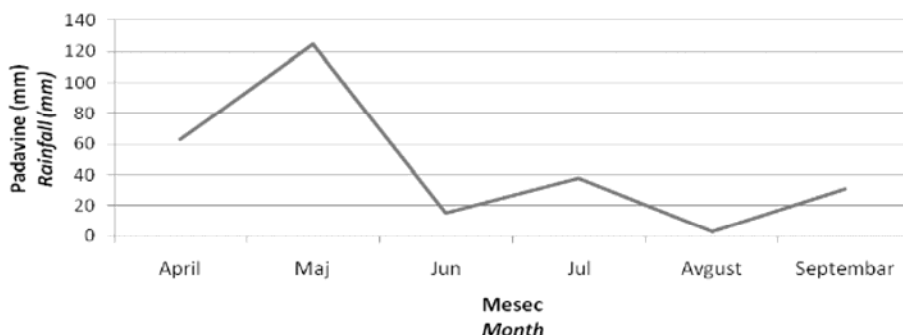
Tabela 3. Hemijski sastav tečnog startnog đubriva  
Table 3. Chemical composition of liquid starter fertilizer

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe	Mn	Zn	Aminokiseline	Fulvo kiseline
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe	Mn	Zn	Aminoacids	Fulvoacids
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Startno đubrivo <i>Liquid starter fertilizer</i>	8	20	8	0,01	0,01	0,02	3	3

Berba je obavljena 17. septembra. Određivanje prinosa gajenih kultura je rađena metodom probnih površina [9], po dijagonali površine tretmana, u tri ponavljanja. Vlažnost zrna je određena pomoću uređaja "Pfeuffer-HE 90", odmah nakon ubiranja.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Rezultati istraživanja, sa različitim varijantama unošenja osnovnog i tečnog startnog đubriva prikazani su tabelarno. Kako je ogled sproveden tokom 2012. godine, koju karakteriše jako niska količina padavina u toku vegetacionog perioda, tako su i dobijene vrednosti prinosa kukuruza ispod proseka. Na Slici 3 dat je prikaz količine i rasporeda padavina za period april-septembar 2012. godine, meteorološke stanice instituta za kukuruz “Zemun Polje”.



Slika 3. Raspored i količine padavina 2012. godine  
Figure 3. Distribution and amount of precipitation in 2012

Rezultati eksperimentalnih ispitivanja poljskog ogleda sa različitim sistemima primene đubriva prikazani su tabelarno.

Rezultati prikazani u Tabeli 4 pokazuju različite vrednosti žetvenog indeksa u zavisnosti od primenjenog sistema đubrenja. Više vrednosti žetvenog indeksa ostvarene su na površinama gde je pored unošenja mineralnog đubriva vršena i aplikacija startnih đubriva u odnosu na kontrolne površine. Najviša vrednost žetvenog indeksa ostvarena je na površini gde je vršena trakasta aplikacija startnog đubriva u količini od  $50 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$  a količina mineralnog đubriva iznosila  $480 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Ako dobijenu vrednost žetvenog indeksa od 82,7 uporedimo sa vrednostima ostvarenim na kontrolnoj površini možemo zaključiti da se primenom startnih đubriva može uticati na porast vrednosti ovog parametra.

Tabela 4. Vrednost žetvenog indeksa ubranog zrna  
Table 4. Value of the harvest index of harvested kernels

Količina unetog mineralnog đubriva (UREA) ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) Applied mineral fertilizer (UREA) dose ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Način aplikacije tečnog startnog đubriva Method of liquid starter fertilizer application				Kontrola Control
	Tačka Point	Tačka Point	Traka Path	Traka Path	
	$50 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$	$75 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$	$50 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$	$75 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$	$0 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
300+180	71,7	60,9	82,7	67,9	48,1
150+180	65,0	57,6	59,2	59,7	38,2
0+0	61,9	51,0	63,0	43,8	28,4

U Tabeli 5 dat je prikaz vrednosti sadržaja vlage ubranog zrna kukuruza tretiranog različitim sistemima đubrenja.

Tabela 5. Sadržaj vlage ubranog zrna (%)  
 Table 5. Moisture contents of harvested kernel (%)

Količina unetog mineralnog đubriva (UREA) (t·ha <sup>-1</sup> ) Applied mineral fertilizer (UREA) dose (t·ha <sup>-1</sup> )	Način aplikacije tečnog startnog đubriva Method of liquid starter fertilizer application				Kontrola Control
	Tačka Point	Tačka Point	Traka Path	Traka Path	
	50 l·ha <sup>-1</sup>	75 l·ha <sup>-1</sup>	50 l·ha <sup>-1</sup>	75 l·ha <sup>-1</sup>	0 l·ha <sup>-1</sup>
300+180	12,0	12,1	12,1	12,7	15,6
150+180	13,6	13,0	11,9	13,4	13,9
0+0	14,0	13,0	14,7	13,3	13,1

Rezultati pokazuju da primenjeni sistemi đubrenja imaju određeni uticaj na sadržaj vlage dobijenog zrna. Površine kod kojih je vršena aplikacija startnog đubriva pokazuju niži procenat vlažnosti zrna. Vrednost vlažnosti zrna na kontrolnoj površini bila je viša za 3,6% u odnosu na vlažnost zrna sa površine gde je vršena aplikacija startnog đubriva.

U Tabeli 6 dat je prikaz dobijenih vrednosti prinosa postavljenog ogleđa. Prikazani rezultati pokazuju da su različiti sistemi đubrenja ostvarili različite vrednosti prinosa.

Tabela 6. Prinos ubranog zrna (t·ha<sup>-1</sup>)  
 Table 6. Yield of the harvested kernel (t·ha<sup>-1</sup>)

Količina unetog mineralnog đubriva (UREA) (t·ha <sup>-1</sup> ) Applied mineral fertilizer (UREA) dose (t·ha <sup>-1</sup> )	Način aplikacije tečnog startnog đubriva Method of liquid starter fertilizer application				Kontrola Control
	Tačka Point	Tačka Point	Traka Path	Traka Path	
	50 l·ha <sup>-1</sup>	75 l·ha <sup>-1</sup>	50 l·ha <sup>-1</sup>	75 l·ha <sup>-1</sup>	0 l·ha <sup>-1</sup>
300+180	4,87	5,52	5,83	5,95	4,16
150+180	4,52	5,31	5,51	5,62	3,96
0+0	4,23	4,96	4,45	4,97	3,85

Na površinama gde je vršena aplikacija startnog đubriva mogu se primetiti više vrednosti ostvarenog prinosa. Najveći prinos ostvaren je na površini gde je izvršeno unošenje mineralnog đubriva u količini od 480 kg·ha<sup>-1</sup> i izvršena trakasta aplikacija startnog đubriva u količini od 75 l·ha<sup>-1</sup>. Upoređivanjem ostvarenog prinosa na ovoj parceli i kontrolnoj površini može se doći do zaključka da je prinos na parceli gde je vršena aplikacija startnog đubriva bio viši za 1,79 t·ha<sup>-1</sup>. I pored jako male količine padavina u toku vegetacije, primena startnog đubriva je u velikoj meri uticala na porast ostvarenog prinosa.

## ZAKLJUČAK

Održivost proizvodnje kukuruza u velikom stepenu zavisi od agroekološki uslova kao i primenjene tehnologije gajenja, u kojoj značajnu ulogu zauzima sistem đubrenja. Primena đubriva predstavlja agrotehničku meru kojom najefikasnije možemo uticati na povećanje prinosa. Dobijeni rezultati pokazuju da vrednosti prinosa, žetvenog indeksa kao i vlažnosti zrna u velikoj meri variraju kod različitih sistema đubrenja. Primenom tečnih startnih đubriva, koja se u zemljište apliciraju zajedno sa setvom, u velikoj meri može se uticati na povećanje prinosa. Dobijeni rezultati takođe pokazuju da sa primenom startnih đubriva dolazi do smanjenja procenta vlažnosti, kao i do povećanja vrednosti žetvenog indeksa kukuruza. Na površinama, gde je pored unošenja mineralnog đubriva vršena i aplikacija startnih đubriva, ostvareni prinos je bio viši za 1,79 t·ha<sup>-1</sup> dok je sadržaj vlažnosti dobijenog zrna niži za 3,6% u odnosu na rezultate ostvarene na kontrolnoj površini.

## LITERATURA

- [1] Binford, G.D., Hansen, D.J., Tingle, S.C. 2002. Corn Response to Starter and Seed-Placed Fertilizer in Delaware. *Mid-Atlantic Grain and Forage Journal*, 8: 7-23.
- [2] Glamočlija, Đ., Živanović, Lj., Ikanović, J. 2007. Proizvodnja kukuruza u uslovima ishrane biljaka azotom. Zbornik radova sa 21. *Konferencije Agronoma, veterinarara i tehnologa*. 13 (1/2): 31-44.
- [3] Gordon, W.B. 2009. Starter Fertilizer Application Method and Composition in Reduce-Tillage Corn Production. *Beter Crops*, 93(2): 10-11.
- [4] Latković, D., Jaćimović, G., Marinković, B., Malešević, M., Crnobarac, J. 2009. Sistem đubrenja u funkciji prinosa kukuruza u monokulturi i dvopolju. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 31 (1): 77-84.
- [5] Mandić, G., Đukić, A., Stevović, I. 2007. Biološka produktivnost i agrohemijski pokazatelji smonice pod kukuruzom u uslovima primene različitih đubriva. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 44 (1): 461-467.
- [6] Mascagani, H.J., Boquet, D., Bell, B. 2007. Influence of Starter Fertilizer on Corn Yield and Plant Developmen on Mississippi River Alluvial Soils. *Beter Crops*, 91 (2): 8-10.
- [7] Mesarović, S. 2009. *Šta je najvažnije znati u proizvodnji kukuruza*. Kukuruz-tehnologija ishrane: 1-4. Dostupno na: [www.agro-ferticrop.rs/ferticrop/wp-content/uploads/2011/.../kukuruz.pdf](http://www.agro-ferticrop.rs/ferticrop/wp-content/uploads/2011/.../kukuruz.pdf) [datum pristupa: 16.11.2012.]
- [8] Milojić, A. 2012. *Statistički godišnjak Republike Srbije 2012*. Republički zavod za statistiku: 1-410.
- [9] Oljača, I.S., Dolijanović, K.Ž. 2003. *Praktikum iz agroekologije*. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet: 1-97.
- [10] Starčević, Lj., Latković, D. 2006. Povoljna godina za rekordne prinose kukuruza. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 42 (2): 299-310.
- [11] Zublena, J.P. 1997. *Starter Fertilizers for Corn Production*. Soil Facts. Dostupno na: [www.soil.ncsu.edu/publications/Soilfacts/AG-439-29/](http://www.soil.ncsu.edu/publications/Soilfacts/AG-439-29/) [datum pristupa: 13.11.2012.]

# TEHNOLOŠKI PARAMETRI BRIKETIRANJA BIOMASE MISKANTUSA

Željko Dželetović<sup>\*1</sup>, Vladan Dimitrijević<sup>2</sup>, Stavan Stojanović<sup>2</sup>,  
Miloš Pavlović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, INEP – Institut za primenu nuklearne energije, Beograd-Zemun, Srbija  
<sup>2</sup>Agrogas, Novi Beograd, Srbija

**Sažetak:** U radu smo prikazali specifičnosti procesa briketiranja biomase miskantusa i probleme i poteškoće koji se mogu očekivati kod prerade ove nove i potencijalno vrlo prihodovne bioenergetske sirovine. Gajenjem miskantusa i briketiranjem njegove slame, korišćenjem postrojenja malog kapaciteta, ekonomičnu proizvodnju mogu ostvariti i manja poljoprivredna gazdinstva. Poštovanjem osnovnih tehnoloških parametara postrojenja za briketiranje mogu se proizvesti kvalitetni briketi od miskantusa.

**Ključne reči:** *miskantus, biomasa, briketi, biogoriva*

## TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF BRIQUETTING OF MISCANTHUS BIOMASS

Željko Dželetović<sup>1</sup>, Vladan Dimitrijević<sup>2</sup>, Stevan Stojanović<sup>2</sup>, Miloš Pavlović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, INEP – Institute for the Application of Nuclear Energy, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia  
<sup>2</sup>Agrogas, Belgrade, Republic of Serbia

**Abstract:** In this paper, the specific characteristics of Miscanthus straw briquetting process are presented, as well as the problems and difficulties that may be expected in the processing of this new and potentially profitable bioenergy crop. By Miscanthus cultivation and the straw briquetting in small capacity plants, even small farms may achieve a cost-effective production. By obeying the main technologic requirements of briquetting plant, good quality Miscanthus briquettes may be produced.

**Key words:** *Miscanthus, biomass, briquettes, biofuel*

### UVOD

Svetska kretanja u oblasti korišćenja obnovljivih izvora energije pokazuju da se sve razvijene zemlje ubrzano orijentišu na intenzivno korišćenje svih raspoloživih obnovljivih izvora energije [7]. Biomasa kao gorivo predstavlja lako dostupan, obnovljiv, tehnički i ekološki prihvatljiv izvor energije. Široku primenu ima korišćenje tradicionalnih bioenergetskih useva, pre svega slame žitarica i drvene mase. Poslednjih godina široko se promovise i korišćenje različitih vrsta jednogodišnjih i višegodišnjih trava, od kojih se, po kvalitetu biomase, posebno izdvaja miskantus (*Miscanthus×giganteus* Greef et Deu.) [10]. Površine pod bioenergetskim usevima su u neprekidnom porastu i sa marginalnih i zemljišta niske plodnosti sve češće se prelazi na njihovo gajenje na visoko-produktivnim zemljištima, pre svega zbog ostvarivanja većeg profita. Prisutan je interes za korišćenje ovih useva za pojedina poljoprivredna gazdinstva

---

\* Kontakt autor. E-mail: zdzeletovic@inep.co.rs

i individualna domaćinstva u ruralnom području. Pored ekonomske koristi, Dželetović i Mihailović [10] procenjuju da će mogućnost ostvarivanja visokog nivoa energetske autonomije poljoprivrednih gazdinstava biti jedan od glavnih motiva za buduće korišćenje ovih useva u Srbiji. Naime, u Srbiji postoji velika potražnja za potrebnim količinama energetskih briketa, kako za potrebe domaćinstava, tako i za industrijske potrebe.

Briketiranje biomase pokazuje niz prednosti u odnosu na ostale postupke spremanja biomase [1]: smanjuje se volumen, troškovi manipulacije i transporta, potreban je znatno manji prostor za skladištenje, veća je otpornost materijala na biološke procese kvarenja, povećava se efikasnost u procesu sagorevanja, i dr. Briketi su, u odnosu na ugalj, pogodniji za skladištenje, sa manje je prljavštine i pepela. Brikete obično koriste potrošači koji su bliže proizvođaču [4]. U procesu briketiranja slama se komprimuje, dok se ne dostigne gustina  $>500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Gustina drvene mase kreće se od  $400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  do skoro  $700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Ovo uzrokuje da su odlike briketa bliže ogrevnom drvetu, tako da se poređenje briketa obično i vrši sa drvnom masom, kao alternativnim izvorom energije [2]. Pri tom, prema Dodić i sar. [2], jedna tona briketa zamenjuje približno  $2 \text{ m}^3$  ogrevnog drveta. Međutim, neekonomičnost transporta slame žitarica na većim razdaljinama i visoki troškovi proizvodnje briketa od slame žitarica ne ostavljaju prostor da se pokriju osnovni troškovi proizvodnje, a kamoli ostvari dobit [2].

S druge strane, miskantus (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.) je višegodišnji travni usev za proizvodnju biomase, čija se celokupna nadzemna biomasa može iskoristiti kao energetska sirovina za sagorevanje [11,12]. Miskantus je identifikovan kao jedan od najboljih izbora za proizvodnju bioenergije niskog inputa u Evropi i u SAD [3]. To je vrlo visoka  $S_4$  trava, koja je dugovečna (15-20 godina), žanje se svake godine i veoma je visokog potencijalnog prinosa [12], što i predstavlja osnovni preduslov za ekonomičnu bioenergetsku proizvodnju. Slama miskantusa odlikuje se visokom toplotnom vrednošću i zbog specifičnog kvaliteta podesna je i za briketiranje [5]. Cilj našeg prikaza da se predstave osnovni tehnološki parametri procesa briketiranja biomase miskantusa, kao i eventualni praktični problemi i poteškoće koji se mogu očekivati kod prerade ove nove i potencijalno vrlo prihodovne bioenergetske sirovine.

## MATERIJAL I METODE RADA

Za briketiranje je korišćena biomasa miskantusa dobijena sa parcela oglednog polja INEP-a, u Zemunu. Celokupan nadzemni deo useva je, nakon sazrevanja i sušenja tokom jeseni i zime, požnjeven tokom februara, kada se u srpskim agroekološkim uslovima dobija najkvalitetnija biomasa miskantusa za sagorevanje [9,12].

Briketiranje je izvedeno na postrojenju *Biomasser Duo-Set*, namenjenom za briketiranje slame strnih žita, miskantusa, barske trske i livadskog sena (Slika 1). Postrojenje se sastoji od mlina za četvrtaste bale i za slamu u rastresitom stanju *Shredder RK* i pužne (ekstruder) briketirke *Biomasser Duo* tip *BS 207*. Prema tehničkim parametrima proizvođača, radi se o postrojenju malog kapaciteta, koje bi trebalo da posluži zadovoljavanju energetskih potreba poljoprivrednog gazdinstva i za lokalno tržište.

Instalisana snaga pogonskog elektromotora mlina *Shredder RK* je 7,5 kW. Mlin je prilagođen za doziranje rastresitog materijala i standardnih četvrtastih bala, a sastoji se od: noseće konstrukcije na točkovima; pogonskog elektromotora; rotora sa kompletom noževa za dezintegrisanje bala; kompleta noževa za ujednačavanje dužine usitnjenog materijala; sita za dobijanje zahtevane frakcije sirovine; i ventilatora. Pravilno sitnjenje slame je omogućeno specijalnim sitima u glavi rotora montiranim u mlinu.

Korišćena mašina za briketiranje pripada grupi mehaničkih briketirki sa spiralom (pužem). Pužne prese se koriste za presovanje relativno vlažnih materijala. Ukupna instalisana snaga mašine za briketiranje je 12,4 kW, a sastoji se od: noseće konstrukcije, na kojoj se

nalaze 2 pogonska motora, transmisija i 2 kompleta puževa sa oblikujućim rukavcima; kontejnera za usitnjenu slamu; filter džaka; i 2 kompleta vođica, nosača vođica sa steznim prstenovima i tegovima. Pogonski motor preko transmisije pokreće spiralu (puž) koji je postavljen celom svojom dužinom u rukavcu (matrici). Rukavac ima ugrađene grejače i on je konusno-cilindričnog oblika, tako da je izlaz kružnog poprečnog preseka, prečnika 70 mm. Na rukavac se nastavljaju metalne vođice koje služe za hlađenje briketa, a na kojima se nalaze stege sa tegovima koje služe za podešavanje opterećenja na izlazu iz rukavca (Slika 1). Produktivnost korišćene briketirke kreće se od 80-140 kg·h<sup>-1</sup> briketa, zavisno od usitnjenosti, vlažnosti i tipa materijala, uz prosečnu potrošnju energije od 8,6 kW·h<sup>-1</sup>.



Slika 1. Postrojenje za briketiranje Biomasser Duo-Set  
*Figure 1. Briquetting plant: Biomasser Duo-Set*

## REZULTATI I DISKUSIJA

Briketi se formiraju presovanjem usitnjenih čestica ligno-celuloznog materijala sa ili bez vezivnog sredstva, pod visokim pritiskom, povišenoj temperaturi i optimalnim sadržajem vlage u materijalu. Kompaktnost i zbijenost usitnjenih čestica u briketu bez vezivnog sredstva obezbeđuje se termoplastičnim slepljivanjem čestica biljnog materijala. Osim odgovarajuće granulacije (usitnjenosti) polaznog materijala (3 do 5 mm), pri presovanju biomase značajnu ulogu ima i sadržaj vlage u materijalu.

Optimalni tehnološki postupak za formiranje kvalitetnih energetskih briketa uslovljen je vrstom materijala, kvalitetom usitnjenosti i sadržajem vlage u materijalu. Ovaj postupak može biti veoma složen i skup ako se upotrebljava lepilo kao vezivno sredstvo za spajanje usitnjenih čestica. Proizvodnja briketa bez učešća vezivnih sredstava (lepila) bitno doprinosi pojeftinjenju procesa proizvodnje i poboljšanju njegove ekološke vrednosti [1]. Postupak briketiranja usitnjenog ligno-celuloznog materijala bez vezivnog sredstva zasniva se na visokom pritisku u alatu prese, koji biomasu pretvara u brikete kompaktne forme velike zapremine mase. Prema Brkić i Janić [1], da bi se biomasa mogla pretvoriti u trajnu čvrstu formu potrebno je da sadržaj vlage bude 10 do 18% (maksimalno do 20%), a granulacija (usitnjenost) materijala maksimalno do 5 mm. Na troškove proizvodnje briketa značajno utiču i skupi rezervni delovi prese i nepravilno održavanje postrojenja za briketiranje



[1]. Vrlo brzo se troši alat i ostali delovi prese, pa je neophodno redovno obavljati pravilno centriranje i podmazivanje pokretnih elemenata prese. Da bi troškovi briketiranja ligno-celuloznog materijala bili što niži, treba voditi računa o tome da troškovi sakupljanja, manipulacije i skladištenja sirovina moraju biti relativno niski.

Pri sitnjenju malih četvrtastih bala slame strnih žita sa sitom prečnika otvora 15 mm, dobijena je usitnjena frakcija maksimalne dužine 5 cm, a u uzorku se moglo primetiti da je najviše bilo frakcije dužine od 2 do 2,5 cm (oko 40% u uzorku). Ugradnjom sita na mlinu sa prečnikom otvora od 18 mm opseg usitnjene slame strnih žita se pomera do 7 cm, a u uzorku ima najviše frakcije dužine oko 3 cm. Balirana slama strnih žita svojom masom pritiska rotor mlina i time mnogo brže ulazi u prostor između noževa i sita, pa se brže dobija usitnjen materijal. Maksimalna produktivnost ( $600 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ) se jedino u tom slučaju dostiže. Za slamu u rastresitom stanju produktivnost je značajno manja.

Osnovne odlike slame miskantusa, poput toplotne vrednosti, procentualnog sadržaja ugljenika (S), kiseonika (O) i vodonika (N) su relativno postojeane (Tabela 1). Sadržaj drugih elemenata i pepela u slami, pak, zavisi od odlika zemljišta na kojem se gaji i tehnologije gajenja miskantusa [12]. Kod sitnjenja slame miskantusa dobijeni su sledeći rezultati. Sa sitom prečnika otvora 15 mm dobijeno je najviše usitnjenog materijala dužine do 8 cm, dok su u uzorku najzastupljenije bile frakcije dužine od 2,5 do 3,5 cm (47,4%). Posle mlevenja sa sitom prečnika otvora 18 mm, u uzorku su se pojavljivale znatne količine frakcije dužine i preko 10 cm. Ta veličina usitnjenog materijala može izazivati kasnije poteškoće u procesu samog briketiranja. Kompletno stablo miskantusa zbog izuzetne čvrstoće se teže sitni bez prethodne pripreme. Naime, Moriceanu *et al.* [6] su dobili da sila kidanja stabala miskantusa iznosi od 104-233 N za internodije koje se nalaze u donjem delu (podnožju) stabala, odnosno od 55-149 N za internodije koje se nalaze u gornjem delu (vrhu) biljnih stabala. Odgovarajuće biljne deformacije do tačke repture (prekida) bile su između 0,9-1,0 mm za donje internodije biljke i između 1,0-1,2 mm za gornje internodije biljke. Pri tom, modul elastičnosti stabala miskantusa iznosi između 69,3-218,8 MRa za donje internodije, odnosno između 25,1-122,3 MRa za gornje internodije [6].

Tabela 1. Osnovne odlike slame miskantusa kao goriva [12]  
*Table 1. The main characteristics of Miscanthus straw as fuel [12]*

	Opseg koncentracija <i>The range of concentrations</i>	Prosečno <i>Average</i>
Sadržaj pepela <i>Ash content</i>	1.6 – 4.0 %	2.7 %
Elementni sastav <i>Elemental composition</i>		
C	47.1 – 49.7 %	48.3 %
O	41.4 – 42.9 %	42.2 %
H	5.4 – 5.9 %	5.6 %
N	0.1 – 0.6 %	0.3 %
P	≤ 0.1 %	< 0.1 %
K	0.2 – 1.3 %	0.8 %
Ca	< 0.1 – 0.2 %	0.1 %
S	< 0.1 – 0.2 %	< 0.1 %
Cl	< 0.1 – 0.5 %	< 0.2 %
Toplotna vrednost <i>The heating value</i> ( $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	17.0 – 19.2	18.3

Iz navedenog sledi da najveći problem u toku sitnjenja predstavljaju sami nodusi koji stablu i daju određenu čvrstoću, i to posebno nodusi u prvih 1-1,5 m visine stabla. Lomljenjem

tih nodusa stablo lako dobija uzdužne pukotine i time prelazi u mnogo lakši materijal za sitnjenje. Sigurno je da bi rezultate u kvalitetnijem sitnjenju dalo prethodno gnječenje mase miskantusa. Usitnjena masa koja prođe kroz sito mlina se pneumatskim putem, pomoću ventilatora ugrađenog u mlinu prebacuje u kontejner briketirke. Na kontejneru korišćene briketirke se nalazi filter džak, koji ima funkciju da zadržava najsitnije čestice i prašinu, a sav ostali usitnjen materijal pada na dno gde se konstantno meša.

Optimalna dužina usitnjenog materijala za dobijanje kvalitetnog briketa je od 2 do 5 cm, mada se proces briketiranja ne menja značajno ako je deo usitnjene mase nešto duži, i do 8 cm. Previše krupan materijal (frakcija preko 8 cm) bi, pre svega, pravio zagušenja pri prelasku iz kontejnera briketirke u prostor između puža i rukavca, a nakon toga bi pravio veliki otpor i pri kretanju kroz sam rukavac. Produktivnost briketiranja, u tom slučaju, značajno opada. Sitniji materijal od 2 cm dovodi do toga da se materijal normalno slepljuje, ali se briketi na izlazu iz vodica vrlo lako raspadaju, jer su veze između briketiranog materijala suviše kratke i ne uspevaju da spreče lomljenje briketa. Produktivnost bi se u slučaju sitnijeg materijala povećala, ali rad sa takvim materijalom bi se odrazio na kvalitet briketa.

Vlažnost materijala je jedan od najbitnijih faktora pri briketiranju slame. Prikazana tehnologija se sastoji u slepljivanju usitnjene slame prirodnim lepkom koji se nalazi u slami - ligninom. Pri opisanom procesu briketiranja ne dodaju se aditivi ni lepkovi. Rukavci imaju ugrađene grejače koji imaju funkciju da podstaknu lignin u materijalu da se zagrejan ponaša kao lepak. Kako grejači na rukavcu postižu minimalnu temperaturu od 150°C, a maksimalnu 300°C, kod previše vlažnog materijala to dovodi do veoma velikog isparavanja vlage na izlazu iz rukavca i na centralnom otvoru briketa, a tokom procesa sabijanja briket koji se formira se vrlo brzo lepi i stvrdnjava u površinskom sloju i tako povećava otpor u rukavcu i na pužu - motoru. Postrojenje ima ugrađen sigurnosni sistem koji zaustavlja motore usled preopterećenja i sve dok se ne otkloni zagušeni materijal iz rukavca neće se nastaviti dalji rad. Ukoliko je materijal koji se briketira manje vlažnosti od 15% produktivnost će se povećati, ali se briket neće dovoljno dobro formirati, tj. slepljivati. Optimalna vlažnost pravilno usitnjenog materijala obezbeđuje dobar kvalitet briketa, a to se postiže podešavanjem samo dva radna parametra briketirke: temperature na rukavcu i opterećenja na vodicama, odnosno, na izlazu iz rukavca.

Rad na briketirki u cilju dobijanja najveće produktivnosti i kvalitetnih briketa za radnika bez iskustva može da predstavlja značajan problem. U početku, probleme mogu uzrokovati česta preopterećenja usled previše vlažnog materijala, povećane temperature na rukavcu ili usled preopterećenja vodica na izlazu iz rukavca. Preopterećenje se manifestuje promenom zvuka elektromotora, a može se vizuelno pratiti preko ampermetra ugrađenog na kontrolnoj tabli. Normalan režim rada pogonskog elektromotora je oko 5A. U slučaju preopterećenja motora kazaljka pokazuje više vrednosti, a već na 10A uključuje se zaštita i sigurnosni alarm i briketirka se gasi. Ukoliko se se primete visoke vrednosti na ampermetru najbolje je prvo rasteretiti izlaz iz rukavca, to jest, smanjiti opterećenje na vodicama (spustiti tegove na stegama).

Briketiranje pšenične slame do 20% vlažnosti zahteva radnu temperaturu rukavca 200-250°C, prvo opterećenje podignuto do maksimuma, a ostala tri opterećenja vrlo malo u cilju održavanja pravog oblika i ujednačene brzine kretanja briketa. Usled malih varijacija vlažnosti između bala pšenične slame dolazi do manjih promena opterećenja na pogonskom motoru. Kod briketiranja miskantusa rad pogonskog motora je ujednačeniji i mirniji, bez pojave naglih i velikih opterećenja, usled ujednačenije vlažnosti materijala. Međutim, optimalna temperatura na rukavcu za briketiranje miskantusa vlažnosti oko 16% je veća nego kod pšenične slame i nalazi se u opsegu 250 - 300°C. Isto tako i opterećenje na vodicama mora biti postavljeno tako da je prvo opterećenje na maksimumu, drugo na pola stege, a druga dva opterećenja vrlo malo iznad minimuma.



Slika 2. Briketi od slame: 1) miskantusa, 2) ječma i 3) livadskog sena  
 Figure 2. Briquettes from straw: 1) Miscanthus, 2) barley and 3) meadow hay

Oblik dobijenih briketa je valjkast i oni se obično pakuju u termoskupljajuću foliju, kartonske kutije, papirne ili plastične vreće. Briket od miskantusa dobijen prema opisanoj tehnologiji briketiranja je kružnog poprečnog preseka prečnika 7 cm sa centralnim kružnim otvorom od 2 cm (Slika 2.) Centralni otvor formira vrh puža u obliku vijka, a ima funkciju oduška za vodenu paru koja se izdvaja iz materijala tokom briketiranja. Otvor omogućava brže i potpunije sagorevanje briketa. Uslovno rečeno briket je neodređene dužine. Najčešće se opisanim postrojenjem dobijaju briketi prosečne dužine oko 8 cm. Dužina briketa uglavnom zavisi od kvaliteta vezanosti (slepljenosti) briketa i gustine, što se podešava radnim parametrima briketirke. Bolje slepljeni briket (sa gustom 800-850  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) se u proseku raspadao na komade dužine 10-20 cm, dok se lošije slepljeni briket na izlasku iz vođica raspadao i na segmente dužine 5 cm. U slučajevima kratkotrajnih preopterećenja kada se briketirani materijal duže zadržao u zoni zagrejanog rukavca, mogao je da se formira briket dužine i više od 50 cm sa gustom preko 1050  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Formiranje takvih briketa, naravno, nije preporučljivo iz razloga što se brže troše radni elementi puž i rukavac, smanjuje se radni vek elektromotora, povećava potrošnja energije, a produktivnost je znatno ispod naznačene.

Proučavajući energetske biljke: *Salix viminalis*, *Miscanthus*  $\times$  *giganteus*, *Rosa multiflora*, *Sida hermaphrodita*, *Helianthus tuberosus* i *Spartina pectinata*, Urbanovičová et al. [8] su ustanovili da su briketi od miskantusa pokazali veoma dobre mehaničke karakteristike. Optimalno formiran briket od miskantusa ima nešto veću nasipnu masu oko 550  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  od nasipne mase briketa od pšenične slame (oko 450  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), a vlažnost briketa je oko 10%. Dobijeni energetske briketi mogu da se koriste u svim vrstama ložišta za čvrsto grivo, uz pažljivo doziranje. Po energetske vrednosti briketi su slični našim domaćim mrkim ugljevima [1]. Osim toga korišćenje briketa umesto uglja ima značajnu ekološku prednost, jer je sadržaj sumpora u tragovima (manje se zagađuje okolina sa produktima sagorevanja), a pepeo od briketa može da se koristi kao dobro mineralno đubrivo [1].

## ZAKLJUČAK

Biomasa miskantusa predstavlja sirovinu podesnu za briketiranje. Korišćenjem postrojenja manjeg kapaciteta, poput *Biomasser Duo-Set*, ekonomičnu proizvodnju mogu ostvariti i manja poljoprivredna gazdinstva. Poštovanjem osnovnih tehnoloških parametara rada postrojenja za briketiranje mogu se proizvesti kvalitetni briketi od slame miskantusa.

## LITERATURA

- [1] Brkić, M., Janić, T. 2003. Analiza postupaka briketiranja biomase. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 29 (4): 217-222.
- [2] Dodić, S.N., Zekić, V.N., Rodić, V.O., Tica, N.Lj., Dodić, J.M., Popov, S.D. 2012. The economic effects of energetic exploitation of straw in Vojvodina. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (1): 397-403.
- [3] Khanna, M., Dhungana, B., Clifton-Brown, J. 2008. Costs of producing miscanthus and switchgrass for bioenergy in Illinois. *Biomass and Bioenergy*, 32 (6): 482-493.
- [4] Martinov, M., Tešić, M., Veselinov, B., Đatkov, Đ., Bojić, S. 2010. Primena čvrste biomase kao goriva u Nemačkoj – stanje i perspektive. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36 (2): 157-166.
- [5] Michel, R., Mischler, M., Azambre, B., Finqueneisel, G., Machnikowski, J., Rutkowski, P., Zimny, T., Weber, J.V. 2006. *Miscanthus*×*Giganteus* straw and pellets as sustainable fuels and raw material for activated carbon. *Environmental Chemistry Letters*, 4 (4): 185-189.
- [6] Moiceanu, G., Voicu, G., Paraschiv, G., Poenaru, I.C., Biris, S.St. 2012. Mechanical characteristics of miscanthus stalks obtained by compression tests. In: *Actual Tasks on Agricultural Engineering* (Ed. S. Košutić), Proceedings of the 40. International Symposium on Agricultural Engineering, 21.-24. February 2012., Opatija, Croatia, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 507-516.
- [7] Oljača, M.V., Oljača, S.I., Nedić, M.M., Gligorević, K.B., Čanak Nedić, A.A., Dolenšek, M.M. 2011. Racionalizacija savremenih rešenja korišćenja biomase u domaćinstvima. *Elektroprivreda*, 64 (3): 279-286.
- [8] Urbanovičová, O., Piszczalka, J., Lisowsk, A., Findura, P. 2010. Mechanical characteristics of briquettes made of biomass. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36 (4): 397-400.
- [9] Dželetović, Ž., Mihailović, N., Glamočlija, Đ., Dražić, G., Đorđević, S., Milovanović, M. (2009): Žetva i skladištenje *Miscanthus*×*giganteus* Greef et Deu. *Poljoprivredna tehnika*, 34 (3): 9-16.
- [10] Dželetović, Ž.S., Mihailović, N.Lj. 2011. Status, development and prospects of using bioenergy crops in the world and in Serbia. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 15 (2): 90-93.
- [11] Dželetović, Ž., Glamočlija, Đ. 2011. Privredni značaj gajenja miskantusa. *Poljoprivredna tehnika*, 36 (2): 61-68.
- [12] Dželetović, Ž. 2012. *Miskantus (Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.) - proizvodne odlike i prinos biomase, 104 str., Beograd, Zadužbina Andrejević.

## NESREĆE SA VOZAČIMA TRAKTORA U JAVNOM SAOBRAĆAJU NA TERITORIJI BEOGRADA

**Kosta Gligorević<sup>1</sup>, Mićo V. Oljača<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>, Zoran Dimitrovski<sup>2</sup>,  
Milan Dražić<sup>1</sup>, Dušan Radojičić<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,  
Beograd-Zemun

<sup>2</sup>Univerzitet Goce Delčev, Poljoprivredni fakultet, Štip, Republika Makedonija

**Sažetak:** Prema istraživanju, poljoprivredni traktori imaju visok rizik pojave izazivajuća nesreća i različitog stepena povređivanja učesnika u javnom saobraćaju. U periodu od 2005. do 2010. godine, u javnom saobraćaju na teritoriji grada Beograda, tragično je stradalo 26 traktorista. U istom periodu utvrđen je broj od 79 teško povređenih (trajna invalidnost) vozača traktora, kao i 167 lako povređenih osoba. Različite i opasne nesreće i povrede u javnom saobraćaju koje izazivaju vozači traktora, i dalje su realnost na teritoriji Beograda, kao najvećeg grada u Srbiji. Prema istraživanju Autora nedostaju: osnovna i posebno dodatna stručna obuka rukovaoca traktora i mašinama, kao stručno-tehnički kursevi za sigurno i pravilno korišćenje traktora, i strogo poštovanje zakonskih saobraćajno-tehničkih regulativa.

**Ključne reči:** javni saobraćaj u Beogradu, vozači traktora, nesreće, različite povrede

## ACCIDENTS WITH TRACTOR DRIVERS IN PUBLIC TRANSPORT IN BELGRADE

**Kosta Gligorević<sup>1</sup>, Mićo V. Oljača<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>, Zoran Dimitrovski<sup>2</sup>,  
Milan Dražić<sup>1</sup>, Dušan Radojičić<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture- Institute for Agricultural Engineering,  
Belgrade-Zemun, Serbia

<sup>2</sup>University Goce Delcev, Faculty of Agriculture, Štip, FR Makedonia

**Abstract:** According to research agricultural tractors have a high risk of causing accidents and injuries of various degrees of participants in public transport. In the period from 2005. to 2010. in public transport in the city of Belgrade, 26 tractor drivers were tragically killed. In the same period, 79 tractor drivers were heavy injured (permanent disability), and 167 tractor drivers suffered minor injuries. Different and dangerous accidents and injuries caused by the tractor drivers, are still a reality in Belgrade, the largest city in Serbia. According to research of author, measures like: basic and special professional training of tractor drivers, professional and technical courses for the safe and proper use of the tractor, and the strict observance of traffic laws and technical regulations are missing.

**Key words:** public transport in Belgrade, tractor drivers, traffic accidents, injuries

---

\* Kontakt autor. E-mail: koleg@agrif.bg.ac.rs

## UVOD

Zbog značajnosti traktora u poljoprivrednoj proizvodnji i obima njihovog korišćenja u različitim uslovima eksploatacije, on predstavlja potencijalno opasnu vučno pogonsku jedinicu, naročito u slučaju kada se ne koristi prema određenim pravilima sigurnosti, preventivne zaštite i zakonskih regulativa.

Specifičnosti korišćenja koje karakterišu traktore i druge samohodne poljoprivredne mašine sa mogućnošću učešća u javnom saobraćaju, bitno ukazuju na značajnost pojave saobraćajnih nezgoda koje se dešavaju ovom prilikom.

Agrotehničke operacije često se izvode na parcelama koje su udaljene od ekonomskog dvorišta. Ovakve okolnosti zahtevaju izlazak traktora na javni put i uključivanje u javni saobraćaj, što predstavlja rizik i potencijalnu opasnost za pojavu nastanka saobraćajne nezgode.

Prema podacima literature [1], [11], [12], [13], traktori i druge samohodne poljoprivredne mašine koje imaju mogućnost učestvovanja u javnom saobraćaju Republike Srbije, imaju značajno učešće u izazivanju saobraćajnih udesa sa opasnim posledicama.

Oljača et al., [12] navode da je u saobraćajnim nezgodama i nesrećama sa traktorima, u periodu 1999. godine do 2009. godine u javnom saobraćaju Republike Srbije, u proseku godišnje, poginulo 62 vozača traktora ili učesnika, dok je 144 teško povređeno. Utvrđeno je da su: nepažnja i nedovoljna obučenost vozača i tehnička neispravnost i zastarelost traktora, veoma često najčešći uzroci saobraćajnih nezgoda koje se događaju sa traktorima (Sl. 1.).



Slika 1. Nesreće sa traktorima, i tragične posledice  
*Figure 1. Accidents with tractors and tragic consequences*

Pešić et al., [13] ukazuju na značaj najmanje dva problema kod učešća poljoprivredne mehanizacije u saobraćaju. Jedan je neosvetljenost (nedovoljna ili potpuna) tih vozila, a drugi je gabarit, odnosno dimenzije vozila. Kao jedan od uzroka nastanka saobraćajne nezgode, javlja se i psiho-fizički faktor, kao što je premor vozača traktora kao posledica intenzivnog korišćenja mehanizacije u sezoni poljoprivrednih radova. Nije retkost, prema podacima [3], [4], da, u sezoni, traktoristi rade i preko 12h u smeni, pri čemu su konstantno izloženi mnogobrojnim faktorima radne sredine.

Prema podacima o broju traktora, [7], može se videti da je u Republici Srbiji bilo oko 325.000 dvoosovinskih traktora u 2006. godini. Tendencija godišnjeg porasta ovih mašina je od 5.000 do 20.000 komada zbog povećanih obima i vrste poljoprivrednih radova. Pored ovog broja traktora, Republika Srbija ima preko 200.000 jednoosovinskih traktora, i približno 30.000 kombajna. Znači, približni broj pokretnih poljoprivrednih mašina sa sopstvenim motorom i mogućnosti učestvovanja u javnom saobraćaju u Republici Srbiji, danas prelazi 600.000. Ovom broju pokretnih jedinica, treba dodati i druge slične pokretne jedinice upotrebene u oblasti šumarstva i građevinarstva, od približno 400.000 jedinica.

Ukupni broj pokretnih mašina koje učestvuju u javnom saobraćaju Republike Srbije dostiže skoro jedan milion jedinica, tako postoji visok rizik godišnjeg povećanja pojave nesrećnih događaja u javnom saobraćaju ili u samim procesima poljoprivrede i sličnim proizvodnim granama.

Istraživači ove problematike u Svetu [2], [5], traktor smatraju jednim od glavnih uzročnika saobraćajnih nezgoda u kojima su učestvovali traktori. Danas se u Svetu posvećuje velika pažnja bezbednosti [15], sigurnosti kao i podizanju tehničke kulture farmera, a posebno rukovaoca svih radnih mašina koje mogu učestvovati i u javnom saobraćaju, pre svega, preko edukacije sa organizovanjem raznih programa obuke.

Teritorija grada Beograda zauzima površinu od približno 322.300 ha, dok je uže gradsko područje na površini od približno 36.000 ha, i administrativno je podeljeno na 17 gradskih opština (Čukarica, Voždovac, Vračar, Novi Beograd, Palilula, Rakovica, Savski venac, Stari grad, Zemun, Zvezdara, Barajevo, Grocka, Lazarevac, Obrenovac, Mladenovac, Sopot, Surčin). Na osnovu prikazanih podataka [17], može se konstatovati da veliki deo teritorije grada Beograda obuhvata ruralna područja na kojima je dosta zastupljena poljoprivredna proizvodnja. Struktura poseda i poljoprivrednih radova, zahteva stalnu manipulaciju poljoprivrednom mehanizacijom, a to podrazumeva veoma često uključivanje sredstava mehanizacije (traktori i druge samohodne poljoprivredne mašine) u javni saobraćaj na teritoriji grada Beograda. Zbog ovih razloga dolazi do pojava saobraćajnih nezgoda u kojima učestvuje poljoprivredna mehanizacija, sa lakim, teškim i tragičnim posledicama uz obaveznu pojavu visokih materijalnih šteta.

## MATERIJAL I METODE RADA

Nesreće sa traktorima i drugim samohodnim poljoprivrednim mašinama u javnom saobraćaju grada Beograda u periodu od 2005. godine do 2010. godine, analizirane su u oblasti transportnih aktivnosti traktora i mašina na različitim kategorijama puteva na teritoriji grada Beograda. Podaci o broju nesreća [6], u kojim su učestvovali traktori i druge samohodne poljoprivredne mašine u javnom saobraćaju, dobijeni su od Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije – Policijska uprava za Beograd, Uprave saobraćajne policije.

Prikazani podaci u ovom radu analizirani su numeričko-analitičkom metodom, a statistička obrada izvršena je metodama za analizu vremenskih serija.

Podaci su predstavljeni tabelarno i grafički i analizirani po godinama i različitim posledicama događanja nesreća za period 2005-2010. godine.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Na teritoriji Republike Srbije, prema istraživanjima [9], [11], [12], u poslednjoj deceniji od 1999. do 2010. godine, u direktnim nezgodama u javnom saobraćaju, često učestvuju vozači traktora (Sl. 2.).

Najčešći uzroci događanja nesreća u poljoprivrednoj proizvodnji i javnom saobraćaju, [1], [3], [12], sa traktorima i drugim samohodnim poljoprivrednim mašinama su:

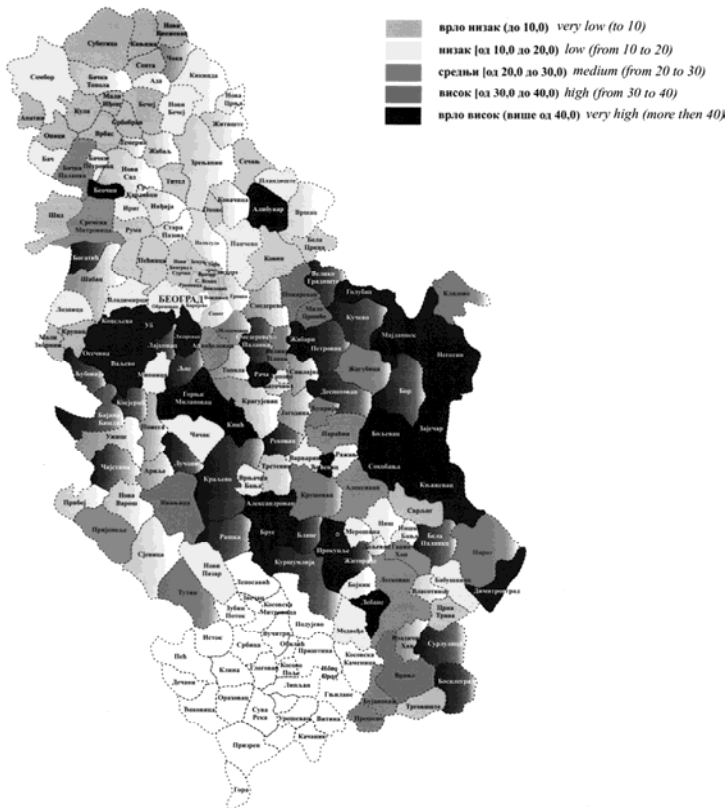
- nepažnja rukovaoca mašina,
- upotreba alkohola,
- nedovoljan stepen obučenosti za rad,
- nepoštovanje saobraćajnih propisa,
- nepoznavanje bezbednosnih mera i
- upotreba tehnički zastarelih ili neispravnih mašina.

Podaci o broju nastradalih lica u saobraćajnim nesrećama (Tab. 1.), koje su prouzrokovali vozači traktora ili bili direktni učesnici u njima, na teritoriji grada Beograda, za period od 2005. do 2010. godine prikazuju posebno težak aspekt nezgoda i nesreća koje prouzrokuju čovek i traktor.

Tabela 1. Posledice u saobraćajnim nezgodama koje u kojima su učestvovali vozači traktora i drugih samohodnih mašina na teritoriji grada Beograda od 2005-2010. godine  
 Table 1. Consequences of road traffic accidents which involved tractor drivers and other self-propelled machines in the city of Belgrade from 2005 to 2010

Godina Year	Posledice Consequences					
	Ukupno nesreća Total accidents	Ukupno nastradalih Total casualties	Tragično nastradali Tragic casualties	Povređeni Total injured	Teško povređeni Heavy injuries	Lako povređeni Minor injuries
2005	24	49	6	43	12	31
2006	42	66	4	62	19	43
2007	44	57	8	49	14	35
2008	22	28	1	27	14	13
2009	28	39	3	36	11	25
2010	25	33	4	29	9	20
Ukupno / Total	185	272	26	246	79	167
%		100	9,6**	90,4**	32,2*	67,8*
Prosečno godišnje Annual average	30,83	45,33	4,33	41	13,17	27,83

\* u odnosu na povređene, \*\* u odnosu na ukupno nastradale  
 \* in relation with total injured, \*\* in relation with total casualties



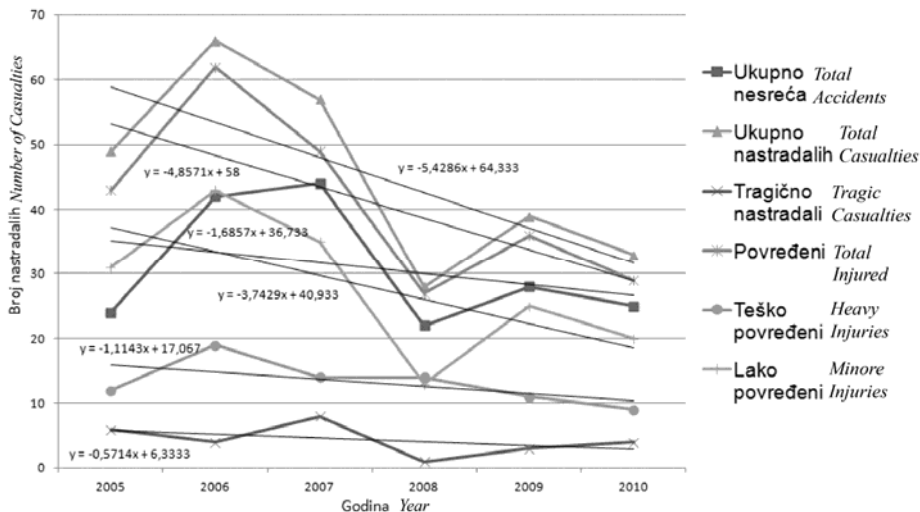
Slika 2. Raspored rizika događanja saobraćajnih nezgodama sa traktorima i drugim samohodnim poljoprivrednim mašinama, R. Srbija, period 2008-2010. godina [16]  
 Figure 2. Schedule of events risks of accidents with tractors and other self-propelled agricultural machinery, R. Serbia, 2008-2010 [16]



Analizom prikazanih podataka (Tab. 1.), dolazi se do zabrinjavajućih podataka o broju nastradalih ili povređenih lica.

U javnom saobraćaju grada Beograda, za period istraživanja od 2005 – 2010. godine ukupno je nastradalo 272 lica u nezgodama u kojima su učestvovali rukovaoci traktora i drugih poljoprivrednih mašina, od toga je 9,6% ili 26 lica tragično nastradalo. Povrede sa lakim i teškim posledicama, imalo je 246 lica ili 90,4%. Od ukupnog broja povređenih 67,8% ili 167 lica ima lakše telesne povrede, dok je 32,2% ili 79 lica ima teške telesne povrede, koje najčešće za posledicu imaju trajni invaliditet [2], [5], [14], [15].

Statističkom analizom utvrđeno da je u periodu istraživanja od 2005 – 2010. godine prosečno godišnje nastrada 45,33 lica, od čega 4,33 lica tragično. Ukupno je bilo 41 lice povređeno, lakše 27,83 i teže povređenih 13,17.



Grafik 1. Trend i grafički prikaz tipova i broja povreda u nesrećama sa traktorima i drugim samohodnim poljoprivrednim mašinama na teritoriji Beograda za period 2005-2010.

Chart 1. The trend and graphic view of injury types and number of injuries in accidents with tractors and other self-propelled agricultural machines in the Belgrade for the period 2005-2010

Na osnovu statističke analize vremenske serije podataka o broju saobraćajnih nezgoda sa učešćem traktora i drugih samohodnih poljoprivrednih mašina u javnom saobraćaju na teritoriji grada Beograda, (Graf. 1.) može se zaključiti da je trend ukupnog broja nesreća u opadanju ( $y = -1,6857x + 36,733$ ).

Analizom vremenske serije za različite tipove povreda (Grafik 1.) trend ukupnog broja nastradalih lica je u naglom padu ( $y = -5,4286x + 64,333$ ), kao i trend ukupnog broja povređenih ( $y = -4,8571x + 58$ ) i trend lako povređenih lica ( $y = -3,7429x + 40,933$ ).

Za razliku od ovih pokazatelja, trend broja nastradalih lica sa teškim telesnim povredama ( $y = -1,1143x + 17,067$ ), kao i trend tragično nastradalih lica ( $y = -0,5714x + 6,3333$ ), nemaju značajnu tendenciju opadanja, ali se ipak smanjuju.

Na osnovu analiziranih podataka, može se zaključiti da se smanjuje broj nesreća i broj nastradalih u nesrećama u kojima su učestvovali traktori i druge samohodne mašine u javnom saobraćaju grada Beograda u periodu od 2005. do 2010. godine.

Razlog za smanjenje broja nastradalih osoba, nije samo uticaj ljudskog faktora, već i uticaj faktora poboljšanja tehničkih karakteristika savremenih mašina i traktora [8], [10], koji su sve više zastupljeni u poljoprivrednoj proizvodnji Srbije (dodatni sigurnosni uređaji, kabine, signalno-alarmni sistemi i sl.), kao i novi zakon o bezbednosti saobraćaja koji je u periodu ispitivanja stupio na snagu.

Rad sa traktorima i drugim poljoprivrednim mašinama ima i danas teške i tragične posledice, najčešće iz razloga što rukovaoci poljoprivrednom mehanizacijom ne rade prema propisima i pravilima koja postoje i koja se dovoljno i dosledno ne poštuju. To je pre svega rezultat: psihofizičkih faktora, upotrebe alkohola, nepažnje, nestručnog rukovanja, neispravnosti mašina (Sl. 3.), nedovoljnog obrazovanja i nediscipline, nepoznavanja saobraćajno-tehničkih propisa i slično.

Istraživači navedene problematike [3], [9], [12], [13], kao i autori, smatraju da nesrećni slučajevi nastaju i zbog nedostataka permanentne stručne obuke i prapatno-stručnih kurseva za pravilno korišćenje i održavanje traktora i mašina, koji se moraju organizovati i sprovesti u visoko i stalno koordinisanoj ozbiljnoj akciji svih zainteresovanih, pre svega institucija društva (Ministarstvo poljoprivrede, Ministarstvo za infrastrukturu i saobraćaj, Ministarstvo unutrašnjih poslova, obrazovne institucije, udruženja poljoprivrednih proizvođača, i drugih relevantnih institucija i pojedinaca).



Slika 3. Neispravni traktori u javnom saobraćaju Srbije  
*Figure 3. Faulty tractors in Serbian public transport*

## ZAKLJUČAK

Analize pokazuju da saobraćajne nezgode sa traktorima i drugim poljoprivrednim mašinama u javnom saobraćaju grada Beograda za period od 2005. do 2010. godine, imaju glavna obeležja:

- tragično nastradalih vozača traktora ili učesnika, (smrtni slučajevi), u periodu istraživanja, bilo je 26 ili prosečno godišnje 4,33,
- teško povređenih učesnika (kasnije teški invalidi rada i socijalni slučajevi) je bilo 79, ili prosečno godišnje 13,17,
- lako povređenih učesnika je 167, ili prosečno godišnje 27,83,
- ukupan broj nastradalih lica u nezgodama iznosio je 272 osobe ili 45,33 prosečno godišnje,
- veoma bitan rezultat ovog istraživanja, dobijen analizom vremenskih serija za pomenuti period istraživanja, pokazuje da je trend svih ispitivanih kategorija saobraćajnih nezgoda u opadanju.

Nezgode i nesreće u radu sa poljoprivrednim mašinama i traktorima danas su veoma česta pojava u Srbiji, jer nedostaje permanentna obuka, prapatni stručni kursevi za pravilno korišćenje i održavanje ovih mašina.

Takođe postoje znatni propusti u poznavanju i primeni osnovinih saobraćajnih propisa kod vozača traktora, kao i neodgovornost i nedisciplina prilikom upotrebe traktora i ostalih mobilnih poljoprivrednih mašina.

U narednom periodu, neophodno je smanjiti broj nezgoda i nesreća u toku rada poljoprivrednih mašina i traktora, na najmanji mogući broj. To prvenstveno znači obezbediti odvijanje radnog procesa u poljoprivrednoj proizvodnji, uz najveće poštovanje svih propisanih mera i zakona iz oblasti sigurnosti rada mašina, i posebno Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima, kada se ove mašine nađu u transportnom procesu na javnim saobraćajnim površinama.

## LITERATURA

- [1] Bean, T. L. 1991. Farm Machinery and Vehicles. *Papers and Proceedings of the Surgeon General's Conference on Agricultural Safety and Health*. Des Moines, IA, Apr. 30-May 3, pp. 274-277.
- [2] Cogbill, T.H., Busch, H.M.Jr. 1985. The spectrum of agricultural trauma. *Journal of Emerg. Med.* 3 (3); pp. 205-10.
- [3] Dolenšek, M., Oljača, V.M. 2002. Sprečavanje udesa i očuvanje zdravlja radnika u poljoprivredi Republike Slovenije. *Deseto jubilarno Savetovanje sa međunarodnim učešćem, Sistemska analiza šteta u privredi, osiguranje i preventivno inženjersvo*. Dunav Preving, Beograd, str. 325-331.
- [4] Hetzel, G. H. 1996. Guide for Safe Tractor Operation. *NASD, Fact Sheet: No1*.
- [5] Lewis, M.Q., Sprince, N.L., Burmeister, L.F., Whitten, P.S., Torner, J.C., Zwerling, C. 1998. Work-related injuries among Iowa farm operators. An analysis of the Iowa Family Helath and Hazard Surveillance Project. *American Journal of Ind. Medicine* 33(5), pp. 510-7.
- [6] MUP Srbije-direkcija policije, policijska uprava za grad Beograd, uprava saobraćajne policije 2012. Izveštaj o nesrećama u kojima su učestvovali traktori i druge poljoprivredne mašine. *Interna policijska dokumentacija*. Beograd.
- [7] Nikolić, R., Malinović N., Bajkin A., Furman T., Brkić M., Potkonjak V., Mehandžić R., Savin L., Tomić M., Ponjičan O., Simikić M., Bugarin R., Gligorić R., Sedlar A., Žigić N. 2006. Stanje i potrebe mehanizacije u 2007. godini u Republici Srbiji. *Poljoprivredna tehnika*, 31 (1), Beograd, str. 1-13.
- [8] Nikolić, R., Furman, T., Gligorić, R., Savin, L., Hristov, S. 1998. Poljoprivredna tehnika kao faktor humanizacije rada u poljoprivredi. *Traktori i pogonske mašine*, 4(2), Novi Sad, str. 191-196.
- [9] Oljaca, V. M., Đokic, M., Ruzic, L., Radoja, L., Bandic, J. 2001. The accidents and their causes in work with the agricultural machines. *2001 Annual International Meeting -The American Society of Agricultural Engineers, Section No74, Advancing in the Science of Agricultural Safety and Health, ASAE paper No 018036*, USA, Sacramento, CA.
- [10] Oljača, V. M., Ružičić, L., Tanevski, D., Dimitrovski, Z. 2002. Kontrolno-računarski sistemi u radnim procesima poljoprivredne mehanizacije. *Godišnji zbornik radova, Poljoprivredni fakultet, Skopje*, R. Makedonija, Vol. 47, str. 37- 44.
- [11] Oljača, V.M., Raičević, D., Ružičić, L., Ercegović, Đ., Đokić, M., Radojević, R., Gligorević, K., Todorović, J., Vujović, R., Vujović, I., Radoja, L., Đenić, J., Pajić, M., Branković, M., Ristić, Ž., Tanevski, D., Dimitrovski, Z., Dolenšek, M. 2007. *Opasnosti i nesreće u eksploataciji mobilne poljoprivredne mehanizacije u Republici Srbiji (Dangers and Accidents in exploitation of mobil agricultural mechanization in Republic of Serbia)*. Monografija, Beograd, ISBN:86-7834-023-1, str. 1-258.
- [12] Oljača, V.M, Kovačević, D., Radojević, R., Gligorević, K., Pajić, M., Dimitrovski, Z. 2010. Nesreće sa vozačima traktora u javnom saobraćaju Republike Srbije. *Poljoprivredna tehnika*, 35(1.), Beograd, str. 75-82.
- [13] Pešić, D., Antić, B., Pešić, D., Vujanjić, M. 2010. Stvaranje opasnosti od strane poljoprivrednih mašina u noćnim uslovima. *IX simpozijum „Opasna situacija i verodostojnost nastanka saobraćajne nezgode“*, Zlatibor. Zbornik radova, str. 27-48.
- [14] Read, K.O., Campbell, I.A, Kitchen, G. 1996. Auger injuries in the Wimmera region 1987-95. *Aust. N Z J. Surg Apr*; 66 (4), pp. 229-300.
- [15] Shutske, M. J. 2001. Within Minnesota-Related to Tractor and Mashinery, Desise and Injury prevention. *NIOSH/CDC Agreement Program #U07/CCU*.
- [16] Zalimpić, A., Kukić, D., Brborić, N. 2012. *Poljoprivredna mehanizacija kao učesnik u saobraćaju. Cenovnik mašinskih usluga u poljoprivredi 2012. Zadržni savez Vojvodine*, N. Sad, str. 17-21.
- [17] Činjenice o Beogradu - Teritorija područja grada Beograda. Dostupno na: [www.beograd.rs/cms/view.php?id=1195](http://www.beograd.rs/cms/view.php?id=1195) [datum pristupa: 17.11.2012.]

# OPTIMIZACIJA HIDRAULIČNOG PODIZAČA TRAKTORA IMR- a

**Branka Grozdanić\*, Đuro Borak, Velimir Petrović, Zlata Bracanović**

<sup>1</sup> *IMR - Institut, Patrijarha Dimitrija 7-13, 11090 Beograd, Republika Srbija*

**Sažetak:** Zadatak podizno - hidrauličnog sistema na poljoprivrednom traktoru je da reguliše pravilan rad ovog sistema u sprezi sa određenim oruđima posebno plugom, odnosno, treba da minimalno reguliše rad pluga po: „položaju“, po „sili“ i „mešovito“ (po zadatoj „sili“ i zadatom „položaju“ istovremeno). S obzirom da poljoprivredni traktor radi u uslovima koji, neki put, mogu biti i nepredvidivi, vrlo je bitno analizirati rad novog ili poboljšanog hidrauličnog sistema u realnim uslovima korišćenja. IMR je na nekim svojim traktorima rekonstruisao hidraulični podizač ugradnjom savremenog upravljačkog ventila nakon čega je usledilo odgovarajuće funkcionalno ispitivanje. Rad predstavlja analizu odziva rekonstruisanog podizno hidrauličnog sistema traktora u realnim uslovima rada.

**Ključne reči:** *traktor, hidraulični podizač, upravljački ventil*

## OPTIMIZATION OF HYDRAULIC LIFTING SYSTEM IN IMR TRACTORS

**Branka Grozdanić, Đuro Borak, Velimir Petrović, Zlata Bracanović**

*IMR-Institute d.o.o. Patrijaha Dimitrija 7-13, 11090 Rakovica, Belgrade,  
Republic of Serbia*

**Abstract:** Purpose of hydraulics lifting system in tractor is to obtain continuity in control of functioning with certain special tools which implements plow, i.e. should at least regulate the operation of the plow by „position“, by „virtue“ and of the „mixed“ (at a given „force“ and „position“ given at the same time). Due to tractor working conditions that sometimes could be unpredictable, it is important to analyze the performance of new or improved hydraulic system in real conditions of use. Industry of Engine Manufacture (IMR) had reconstructed some tractor's hydraulic control valve lifter installation and sent them to the exploitation trial. This paper presents an analysis of the reconstructed elements in order of tractor service in hydraulic lift due to real service conditions.

**Key words:** *tractor, hydraulic lifter, valve control*

### UVOD

Visoki stepen tehnološkog razvoja poljoprivrednih traktora doneo je znatno poboljšane uslove, koji se odnose na povećanje stepena iskorišćenja traktora, ekonomičnosti, kao i poboljšanja pogodnosti održavanja traktora i njegovih sistema [1]. Hidraulično podizni sistem na poljoprivrednom traktoru, omogućava upotrebu velikog broja priključnih mašina što

---

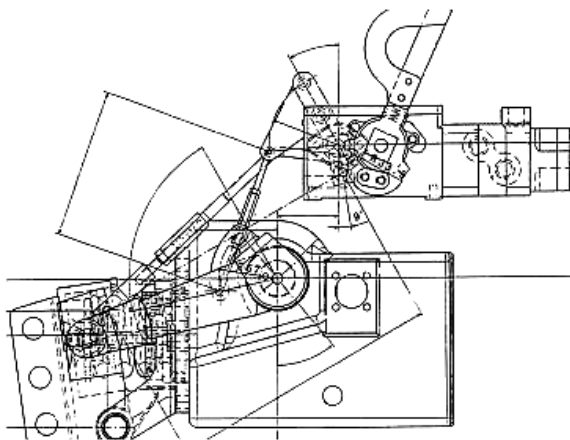
\* Kontakt autor. E-mail: imr- institut@Eunet.rs

"Istraživanje i priprema naprednih tehnologija i sistema za poboljšanje ekološko energetskih i bezbedonosnih karakteristika domaćih poljoprivrednih traktora radi povećanja konkurentnosti u EU i drugim zahtevima tržišta" . Broj projekta TR 35039.

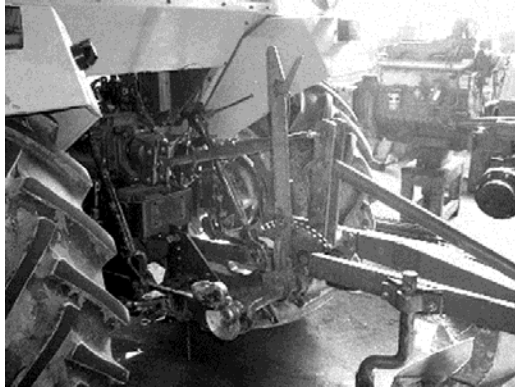
realno daje veću produktivnost rada [4]. Da bi se u potpunosti sagledale tehničke karakteristike hidrauličnog podizača potrebno je što efikasnije analizirati njegovu funkciju i stepen iskorišćenja. Visok stepen iskorišćenja u ovom slučaju, postiže se blagovremenim otklanjanjem uočenih nedostataka na posmatranom hidrauliku, zatim pravilnim održavanjem ovog sklopa traktora, kao i pravilnim korišćenjem uputstva za rad istog. Nakon sprovedene sveobuhvatne analize predhodnog hidrauličnog podizača predložen je i ugrađen inovirani hidraulični podizač nakon čega je sprovedeno ispitivanje odnosnog, rekonstruisanog, hidrauličnog podizača koji je ugrađen na nekim traktorima IMR-a [5]. Ispitivanje je obavljeno u autentičnim eksploatacionim uslovima sa ciljem da se dobiju relevantni rezultati za ocenu funkcionalnosti novog-rekonstruisanog sklopa hidrauličnog podizača.

## MATERIJAL I METODE RADA

Poznato je da hidraulični uređaj, omogućuje održavanje otpora oruđa, a time i vučne sile traktora na određenoj veličini - kontrola vuče, kao i održavanje položaja na dubini potrebnoj za rad - kontrola položaja [2]. Hidraulični sklop sa novim upravljačkim ventilom ispitivan je sa stanovišta održavanja položaja na dubini potrebnoj za rad. Predmetni hidraulik ugrađen je na IMR-ov traktor R75-12BS, a samo ispitivanje izvršeno je u operaciji osnovne obrade zemljišta – oranjem, u njivi (ogledna njiva) sa karakterističnom konfiguracijom (sa izraženim mikro i makro podužnim i poprečnim reljefom) na kojoj je bila zasejana pšenica i koja je ukorovljena. Za ovo ispitivanje korišćen je plug za oranje, tipa IMT – 756 VK. Pri ispitivanju praćeno je, odnosno mereno je ponašanje oruđa na karakterističnim mestima, na kojima je merena promena zadate dubine brazde i njeno održavanje. Pre početka ispitivanja, obavljeno je podešavanje poluga položaja i vuče u skladu sa zahtevima novog upravljačkog ventila. Samo podešavanje pluga vršeno je na njivi, pre početka oranja. Pripremljena je adekvatna merna oprema, a samo merenje izvršeno je dubinomermom i to na svakih 3 do 4 m. Merna mesta su određivana na osnovu karakteristične dubine brazde. Na slici 1. dat je šematski prikaz podešavanja poluga za funkciju „položaja” i „sile”, a na Slici 2. prikazano je podešavanje pluga na traktoru. Ispitivanje rada hidraulika izvršeno je samo u prva dva položaja na uređaju za regulaciju hidrauličnog položaja po sili (najviši i srednji položaj).



Slika. 1 Šematski prikaz podešavanja poluga položaja i vuče  
*Figure 1. Schematic view of the position adjustment lever and pulling*



Slika. 2 Podešavanje pluga na traktoru  
*Figure 2. Adjusting of tractor's plow*

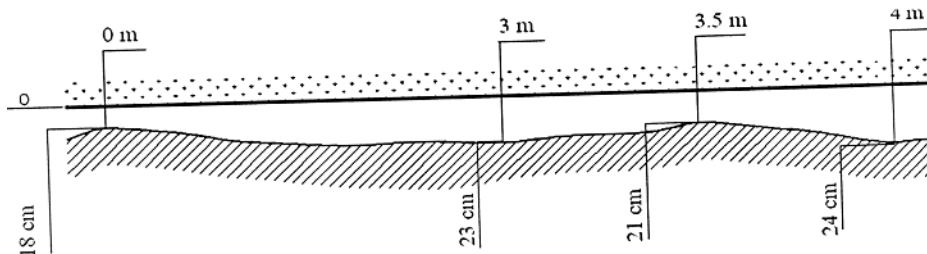
### REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja hidrauličnog podizača sa novim upravljačkim ventilom pokazali su da novi sklop hidrauličnog podizača daje adekvatnu funkciju. Tačnije, rezultati ispitivanja hidrauličnog podizača u eksploataciji pokazali su, da kada je položaj hidraulika, na uređaju za regulaciju hidrauličnog podizača po „sili” u gornjem položaju (hidraulični podizač po „sili” je prebačen na slučaj „najosetljivije” oranje), tada je dubina brazde u intervalu od 21-24 cm. Pri ovim uslovima, „isplivavanje” pluga zabeleženo je samo na jednom mestu (u dužini staze od 100m) i to kada se traktor našao na ekstremnoj nizbrdici, a ponovno vraćanje pluga u prvobitno zadati položaj je brzo obavljeno. Dubina brazde, za položaj hidraulika na uređaju za regulaciju hidrauličnog podizača po „sili”, u tački srednjeg položaja, bila je u intervalu od 25-28 cm., a traktor se tada kretao drugim srednjim stepenom prenosa. Na Slici 3. prikazana je dubina brazde pri oranju sa ispitivanim hidraulikom [3].

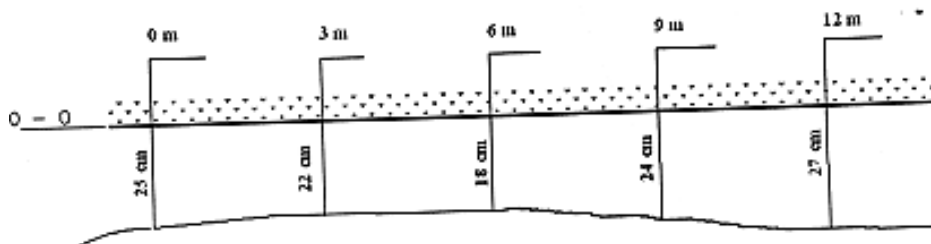


Slika. 3 Prikaz dubina brazda pri oranju  
*Figure 3. Showing the depth of the furrow plowing*

Na Slici 4. dat je grafički prikaz dubine brazde kada je uređaj za regulaciju prebačen na najosetljivije oranje, tačnije kada je uređaj u gornjem položaju, a na slici 5. dat je grafički prikaz dubine brazde kada je položaj uređaja za regulaciju hidrauličnog podizača po „sili” u srednjem položaju.



Slika. 4 Grafički prikaz dubine brazde kada je položaj uređaja za regulaciju u gornjem položaju  
 Figure 4. Graphical display of depth grooves when the position control devices in the position up



Slika. 5 Grafički prikaz dubine brazde kada je položaj uređaja za regulaciju hidrauličnog podizača po „sili” u srednjem položaju  
 Figure 5 Graphical display of depth grooves when the control position devices by „force” is in the middle position

Ovim ispitivanjem konstatovano je da se, podešavanjem koje je zadato uputstvom za novi upravljački ventil, ručica za kontrolu vuče nalazi u takozvanoj „plivajućoj poziciji”, što je i bilo potrebno, s obzirom na konfiguraciju terena i kvalitet zemljišta na kome se ispitivao hidraulični podizač. Hidraulični podizač je reagovao po „sili” i „položaju” na određenoj dužini. Takođe, ustanovljeno je da kada se traktor kreće brzinom od  $v = 6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , reagovanje hidrauličnog podizača na svakih 1,5-2 m je zadovoljavajuće. Hidraulični podizač je reagovao po „sili” i isplivavao je pri povećanom otporu što se vidi i na Slici 5. Sa ovako ugrađenim upravljačkim ventilom uočava se bolja stabilnost držanja hidrauličnog podizača.

## ZAKLJUČAK

Na osnovu obavljenih ispitivanja funkcionalnosti hidrauličnog podizača sa novim upravljačkim ventilom, može se zaključiti:

- Da je rekonstruisani hidraulični podizač koji je ugrađen na traktor R 75-12BS, ispitivan u adekvatnim i karakterističnim uslovima neophodnim za donošenje brze ocene o njegovoj funkcionalnosti.
- Hidraulični podizač sa novim upravljačkim ventilom brže reaguje i po „položaju” i po „sili”, u odnosu na predhodno ugrađeni hidraulični podizač.
- Hidraulični podizač zadržava zadati položaj pri oranju deset brazdi na njivi koja je dužine 100 m.
- Brzina reagovanja hidrauličnog podizača u odnosu na „položaj” je 0,5 m, a pri zadatoj „sili” je 1 m.
- Hidraulik je imao adekvatan odziv pri oranju i držao je zadatu konstantnu dubinu oranja što je dovoljno da se donese povoljna ocena o ispitivanom sklopu odnosno, da se donese odluka o opravdanosti ulaganja u rekonstruisani hidraulični podizač.

## LITERATURA

- [1] Petrović, P., Obradović, D., Dumanović, Z., Micković, G. 2007. Informativni pregled primena mehatroničkih sistema kod savremenih poljoprivrednih traktora. *Poljoprivredna tehnika*, XXXII, Broj 3, str. 1-9.
- [2] Živković, D., Veljić, M., Šćepanović, S. 2008. Preventivno održavanje hidraulike traktora. *Tehnička dijagnostika*, Vol 7, br 4, str 27-32.
- [3] Grozdanić, Branka, Borak, Đ. 2010. Izveštaj Instituta IMR-a. Br 232/10-1.
- [4] Stojić, B., Časnji, F., Poznić, A. 2010. Mehatronički sistemi traktora u funkciji savremene poljoprivredne proizvodnje. *Poljoprivredna tehnika*, XXXV, Broj 1, str. 21-29.
- [5] Gligorić, R., Radomirović, D. 2000. Uticaj geometrijskih parametara uređaja za priključivanje oruđa na traktor na pokazatelje rada traktorskog agregata. *Traktori i pogonske mašine*, Vol 5, br 3-4, str 62-69.



# HAOTIČNI MODEL RASTA PROFITA U PROIZVODNJI POLJOPRIVREDNIH MAŠINA

Vesna D. Jablanović\*

*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za agroekonomiju  
Beograd-Zemun*

**Sažetak:** Osnovni cilj ovog rada je prikazivanje relativno jednostavnog haotičnog modela rasta profita u proizvodnji poljoprivrednih mašina koji ima mogućnost generisanja stabilne ravnoteže, ciklusa i haosa. Ključna hipoteza ovog rada se zasniva na ideji da koeficijent  $\pi = f(a - d)$  igra značajnu ulogu u određenju lokalne stabilnosti profita u proizvodnji poljoprivrednih mašina, pri čemu je  $a$  koeficijent funkcije ukupnog prihoda, dok je  $d$  koeficijent funkcije ukupnih troškova u proizvodnji poljoprivrednih mašina. Najzad, koeficijent  $f$  pokazuje vezu između profita i totalnog output-a.

**Ključne reči:** *haos, profit, proizvodnja poljoprivrednih mašina*

## A CHAOTIC PROFIT GROWTH MODEL IN THE AGRICULTURAL MACHINES PRODUCTION

Vesna D. Jablanovic

*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute for Agroecology  
Belgrade-Zemun, Republic of Serbia*

**Abstract:** The basic aim of this paper is to provide a relatively simple profit growth model in the agricultural machines production that is capable of generating stable equilibria, cycles, or chaos.

A key hypothesis of this work is based on the idea that the coefficient  $\pi = f(a - d)$  plays a crucial role in explaining local stability of the profit in the agricultural machines production, where  $a$  is the coefficient of the total revenue function,  $d$  is the coefficient in the total cost function in the agricultural machines production, and the coefficient  $f$  describes the relation between total output and profit.

**Key words:** *chaos, profit, production, agricultural machines*

### UVOD

Teorija haosa se koristi da bi se dokazalo da se haotične fluktuacije mogu javiti u kompletno dinamičkim modelima. Haotični sistemi pokazuju senzitivnu zavisnost od početnih uslova: naizgled beznačajne promene početnih uslova proizvode velike razlike outputa. Ovo se veoma razlikuje od stabilnih dinamičkih sistema u kojima mala promena jedne varijable proizvodi malu i lako merljivu sistematičnu promenu.

---

\* Kontakt autor. E-mail: vesnajab@ptt.rs

Rad je deo istraživanja na projektu III-46006, Održiva poljoprivreda i ruralni razvoj u funkciji ostvarivanja strateških ciljeva Republike Srbije u okviru Dunavskog regiona“.

Teorija haosa počinje sa Lorenz-ovim [12] otkrićem kompleksne dinamike koja se javlja od tri nelinearne diferencijalne jednačine vodeći ka turbulenciji vremena.. Li i Yorke [11] su otkrili da jednostavna logistička kriva može pokazati veoma kompleksno ponašanje. Dalje, May [14] opisuje haos u populacionoj biologiji. Teoriju haosa su, između ostalih, u ekonomiji primenili: Benhabib i Day [1-2], Day [4-5], Grandmont [7], Goodwin [6], Medio [15], Lorenz [13], Jablanovic [8-10].

## MATERIJAL I METOD RADA

### Kreiranja haotičnog modela

Ukupan prihod u preduzeću koje proizvodi poljoprivredne mašine ( $TR_t$ ) može se prikazati na sledeći način:

$$TR_t = a \cdot Q_t - b \cdot Q_t^2 \quad (1)$$

gde je:

- $TR_t$  - ukupan prihod fabrike poljoprivrednih mašina,
- $Q_t$  - količina output-a,
- $a$  i  $b$  - koeficijenti.

Sa druge strane, ukupni troškovi preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine ( $TC_t$ ) prikazani su na sledeći način:

$$TC_t = dQ_t + cQ_t^2 \quad (2)$$

gde je:

- $TC_t$  - ukupni troškovi fabrike poljoprivrednih mašina,
- $Q_t$  - količina output-a,
- $d$  i  $c$  - koeficijenti.

Ukupan profit ( $\Pi_t$ ) označava razliku između ukupnih prihoda ( $TR_t$ ) i ukupnih troškova ( $TC_t$ ), odnosno:

$$\Pi_t = (a - d) \cdot Q_t - (b + c) \cdot Q_t^2 \quad (3)$$

Dalje, pretpostavlja se da je proizvedena količina poljoprivrednih mašina ( $Q_t$ ) funkcija profita u prethodnom periodu ( $\Pi_{t-1}$ ). Dakle:

$$Q_t = f \Pi_{t-1} \quad (4)$$

Supstitucijom (4) u (3) dobija se :

$$\Pi_t = f(a - d) \Pi_{t-1} - f^2(b + c) \Pi_{t-1}^2 \quad (5)$$

Dalje, pretpostavlja se da je tekuća vrednost profita preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine ( $\Pi$ ), ograničena svojom maksimalnom vrednošću u vremenskoj seriji ( $\Pi^m$ ). Ova pretpostavka zahteva modifikaciju zakona rasta. Uvodi se koeficijent  $\pi$  ( $\pi = \Pi \cdot \Pi^{m-1}$ ) koji se kreće između 0 i 1. Uvođenjem koeficijenta  $\pi$  u model (5), dobijamo model rasta profita preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine:

$$\pi_t = f(a - d) \pi_{t-1} - f^2(b + c) \pi_{t-1}^2 \quad (6)$$

Model koji je prikazan jednačinom (6) se naziva logistički model. Za većinu izbora  $f$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , i  $d$  ne postoji eksplicitno rešenje za (6). Naime, poznavajući  $f$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  i  $d$  i mereći  $\pi_0$  ne bi bilo dovoljno da se predvidi  $\pi_t$  za ma koju tačku vremena, kao što je ranije bilo moguće. Ovo je suština prisustva haosa u determinističkim feedback procesima. Lorenz [12] je otkrio ovaj efekat - nedostatak predvidivosti u determinističkim sistemima. Senzitivna zavisnost je jedan od centralnih elemenata determinističkog haosa.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

### Haotična priroda modela

Logistička jednačina se često navodi kao primer kako se kompleksno, haotično ponašanje može pojaviti na osnovu veoma jednostavne nelinearne dinamične jednačine. Ovu jednačinu je popularisao Robert May [14]. Logistički model je Pierre François Verhulst koristio kao demografski model.

Moguće je pokazati da je proces iteracije logističke jednačine :

$$z_{t+1} = \pi z_t (1 - z_t), \quad \pi \in [0,4], \quad z_t \in [0,1] \quad (7)$$

ekvivalentan iteracijama modela rasta (6) kada se koristi sledeća identifikacija:

$$z_t = \frac{f(b+c)}{(a-d)} \pi_t \quad \text{i} \quad \pi = f(a-d) \quad (8)$$

Upotrebom (8) i (6) dobija se:

$$\begin{aligned} z_{t+1} &= \frac{f(b+c)}{(a-d)} \pi_{t+1} = \frac{f(b+c)}{(a-d)} [f(a-d) \pi_t - f^2(b+c) \pi_t^2] = \\ &= f^2(b+c) \pi_t - \frac{f^3(b+c)^2}{(a-d)} \pi_t^2 \end{aligned} \quad (9)$$

Upotrebom (6) i (7) dobija se:

$$\begin{aligned} z_{t+1} &= \pi z_t (1 - z_t) = f(a-d) \frac{f(b+c)}{(a-d)} \pi_t [1 - \frac{f(b+c)}{(a-d)} \pi_t] = \\ &= f^2(b+c) (a-d) \pi_{t-1} - \frac{f^3(b+c)^2}{(a-d)} \pi_{t-1}^2 \end{aligned} \quad (10)$$

Tako se dokazalo da su iteracije logističkog modela profita preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine (6) identične  $z_{t+1} = \pi z_t (1 - z_t)$  upotrebom  $z_t = \frac{f(b+c)}{(a-d)} \pi_t$  i  $\pi = f(a-d)$ . To je značajno zato što su se dinamička svojstva logističke jednačine (7) detaljno analizirala (Li i Yorke [11], May [14]).

Pokazano je da :

1. Za vrednosti parametra  $0 < \pi < 1$  sva rešenja će konvergirati ka  $z = 0$ ;
2. Za  $1 < \pi < 3,57$  postoje fiksne tačke čiji broj zavisi od  $\pi$ ;
3. Za  $1 < \pi < 2$  sva rešenja će monotono rasti ka  $z = (\pi - 1) \cdot \pi^{-1}$ ;
4. Za  $2 < \pi < 3$  fluktuacije će konvergirati ka  $z = (\pi - 1) \cdot \pi^{-1}$ ;
5. Za  $3 < \pi < 4$  sva rešenja će neprekidno fluktuirati ;
6. Za  $3,57 < \pi < 4$  rešenje postaje »haotično« što znači da postoje potpuno aperiodično rešenje ili periodična rešenja sa veoma velikom i komplikovanom periodom. To znači da staza  $z_t$  fluktuiru na naizgled slučajan način tokom vremena.

## ZAKLJUČAK

Ovaj rad sugerise zaključak u korist upotrebe haotičnog modela rasta profita preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine. Model (6) se oslanja na vrednosti parametara  $f, a, b, c, d$  i početnu vrednost profita preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine,  $\pi_0$ . Mala promena vrednosti parametara  $f, a, b, c, d$  i početne vrednosti profita preduzeća koje proizvodi poljoprivredne mašine,  $\pi_0$ , otežava predviđanje dugoročnog kretanja proizvodnje poljoprivrednih mašina.

Ključna hipoteza ovog rada se zasniva na ideji da koeficijent  $\pi = f/(a - d)$  igra značaju ulogu u određenje lokalne stabilnosti profita u proizvodnji poljoprivrednih mašina, pri čemu je:

$a$  - koeficijent funkcije ukupnog prihoda,

$d$  - koeficijent funkcije ukupnih troškova u proizvodnji poljoprivrednih mašina,

$f$  - koeficijent koji pokazuje vezu između profita i output-a u proizvodnji poljoprivrednih mašina.

## LITERATURA

- [1] Benhabib, J., Day, R.H. 1981. Rational Choice and Erratic Behaviour. *Review of Economic Studies* 48, p.p. 459-471.
- [2] Benhabib, J., Day, R.H. 1982. Characterization of Erratic Dynamics in the Overlapping Generation Model. *Journal of Economic Dynamics and Control* 4, p.p. 37-55.
- [3] Benhabib, J., Nishimura, K. 1985. Competitive Equilibrium Cycles. *Journal of Economic Theory* 35, p.p. 284-306.
- [4] Day, R.H. 1982. Irregular Growth Cycles. *American Economic Review* 72, p.p. 406 - 414.
- [5] Day, R.H. 1983. The Emergence of Chaos from Classical Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics* 98, 200.
- [6] Goodwin, R.M. 1990. *Chaotic Economic Dynamics*. Clarendon Press. Oxford.
- [7] Grandmont, J.M. 1985. On Endogenous Competitive Business Cycle. *Econometrica* 53, p.p. 994-1045.
- [8] Jablanovic, Vesna. 2012a. The Chaotic General Economic Equilibrium Model and Monopoly. *Asian Journal of Business Management* 4(4), p.p. 373-375.
- [9] Jablanovic, Vesna. 2012b. The Lerner Index and the Chaotic Monopoly Output Growth Model. *Asian Journal of Business and Management Sciences*, Vol. 1., No. 12, p.p. 102-106.
- [10] Jablanovic, Vesna. 2012c. The Chaotic Cost-Plus Pricing Model. *Australian Journal of Business and Management Research*, Vol. 2, No. 1, p.p. 46-50.
- [11] Li, T., Yorke, J. 1975. Period Three Implies Chaos. *American Mathematical Monthly* 8, p.p. 985-992.
- [12] Lorenz, E.N. 1963. Deterministic nonperiodic flow. *Journal of Atmospheric Sciences* 20, p.p.130-141.
- [13] Lorenz, H.W. 1993. *Nonlinear Dynamical Economics and Chaotic Motion*. 2nd edition. Springer-Verlag, Heidelberg.
- [14] May, R.M. 1976. Mathematical Models with Very Complicated Dynamics. *Nature* 261, p.p. 459-467.
- [15] Medio, A. 1993. *Chaotic Dynamics: Theory and Applications to Economics*. Cambridge University Press, Cambridge.

## **EFEKTI PRIMENE TIFON UREĐAJA U NAVODNJAVANJU KUKURUZA (*Zea mays L.*)**

**Branka Kresović<sup>\*1</sup>, Vesna Dragičević<sup>1</sup>, Boško Gajić<sup>2</sup>, Angelina Tapanrova<sup>2</sup>,  
Borivoje Pejić<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Beograd, Republika Srbija*

<sup>2</sup>*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za zemljište i melioracije, Beograd,  
Republika Srbija*

<sup>3</sup>*Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Republika Srbija*

**Sažetak:** Cilj rada je bio da se na osnovu rezultata eksperimentalnog rada izvrši analiza efekata primene navodnjavanja kukuruza i kvantifikuju osnovni parametri koji učestvuju u strukturi troškova eksploatacije samohodnog rasprskivača velikog dometa tzv. tifon uređaji. Ogljed je izveden u periodu 2002–2008, po metodi slučajnog blok sistema u četiri ponavljanja, na eksperimentalnom polju za navodnjavanje Instituta za kukuruz "Zemun Polje". U svim godinama je navodnjavano osim u 2004. godini, kada su padavine bile zadovoljavajuće za održavnje vlage iznad nivoa predviđene predzalivne vlažnosti zemljišta. Rezultati pokazuju da je po godinama proučavanja ostvaren različiti efekat navodnjavanja, od 0,315 t ha<sup>-1</sup> do 4,459 t ha<sup>-1</sup>. Takođe, zavisno od godine bio je različit odnos input–a i output–a. U višegodišnjem proseku, svaka tona prinosa dobijena dejstvom faktora navodnjavanja bila opterećena utrošenom energijom od 328 kWh za rad podvodne pumpe, koja je snabdevala tifon uređaj potrebnom količinom vode (500 m<sup>3</sup>) iz dubinskog bunara, zatim sa oko 2 litre goriva za angažovanje traktora i sa približno 17 časova ljudskog rada.

**Ključne reči:** navodnjavanje, prinos, kukuruz, energija, tifon

## **THE EFFECTS OF USE SELF-PROPELLED RAIN GUNS (TYPHONE) IN IRRIGATION OF CORN (*Zea mays L.*)**

**Branka Kresović<sup>1</sup>, Vesna Dragičević<sup>1</sup>, Boško Gajić<sup>2</sup>, Angelina Tapanrova<sup>2</sup>,  
Borivoje Pejić<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Maize Research Institute „Zemun Polje“, Belgrade, Republic of Serbia*

<sup>2</sup>*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Soil Menagment, Belgrade,  
Republic of Serbia*

<sup>3</sup>*University in Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Republic of Serbia*

**Abstract:** The aim of this study was to use results of experimental work to analyse effects of maize irrigation and to quantify basic parameters that are included into exploitation costs of a long–ranged self–propelled sprayer, so called typhoon sprinkler. The four–replicate trial was carried out according to a randomised block design in the experimental fields of the Maize Research Institute, Zemun Polje, during the 2002–2008 period. The irrigation was applied in all years but 2004 in which the precipitation sum was

---

\* Kontakt autor. E-mail: bkresovic@mrizp.rs

Rad je rezultat istraživanja u okviru projekta TR 31037: „Integralni sistemi gajenja ratarskih useva: očuvanje biodiverziteta i plodnosti zemljišta“, koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

sufficient to maintain soil moisture above the predetermined pre-watering soil moisture. According to obtained results, effects of irrigation on grain yields over years varied from to 0.315 t ha<sup>-1</sup> to 4.459 t ha<sup>-1</sup>. Furthermore, the input to output ratio varied over years. The long-term average shows that each tonne of a yield obtained by irrigation was loaded by consumed energy of 328 kWh used for the operation of a submersible pump that supplied the typhoon sprinkler with a necessary water amount (555m<sup>3</sup>) from a deep well, then with approximately 2 l of fuel necessary for the tractor operation and with 17 hours of labour.

**Key words:** *irrigation, yield, maize, energy, self-propelled sprayer( typhone)*

## UVOD

Činjenica je da prirodni vodni režim nije u stanju da kukuruзу obezbedi potrebnu količinu vode i da će problem slabog korišćenje genetičkog potencijala rodnoći biti evidentan sve dok ne počne da se primenjuje navodnjavanje. U svetu navodnjavanjem se postižu značajni ekonomski efekti, međutim u Srbiji još uvek postoje dileme kada je u pitanju opravdanost njegove primene u praksi ratarske proizvodnje, posebno kad je u pitanju usev kukuruza. Najčešći problemi u praksi su da predviđena oprema nije usklađena sa veličinom parcela i strukturom setve, a proizvođači nemaju dovoljno znanja, kako o opremi za navodnjavanje tako i o potrebama useva za vodom [12]. Tokom vegetacionog perioda potrebe kukuruza za vodom prvo se postepeno povećavaju, dostižu maksimum u određenoj fenofazi, a zatim opadaju [7]. Nedostatak vode, vodni stres, dovodi do poremećaja u usvajanja hranljivih materija iz zemljišta, što direktno utiče kako na rast i razviće biljaka pa samim tim i na prinos useva [11] [1]. Pravilno određivanje kada i sa kojom količinom vode treba navodnjavati rezultira da se maksimalno ispolji genetički potencijal rodnoći biljaka, ostvari kvalitet prinosa, a proizvodnja bude racionalna.

Danas, u svetu, oprema i tehnika navodnjavanja kišenjem su na takvom nivou da se za svaku praktičnu primenu može naći najpovoljnije rešenje. Samohodni rasprskivači velikog dometa, tzv. tifon uređaji, se sve više koriste zbog mobilnosti i pogodnosti za navodnjavanje površina različitog oblika i veličine. Cilj rada je bio da se na osnovu rezultata eksperimentalnog rada izvrši analiza efekata primene navodnjavanja kukuruza u uslovima primena konvencionalnog sistema obrade zemljišta i uobičajenih agrotehničkih mera. Za tehnologiju koja dominira na proizvodnim površinama u Srbiji izvršena je kvantifikacija osnovnih parametara, koji učestvuju u strukturi troškova eksploatacije tifon uređaja i koji čine deo proizvodne cene kukuruza u navodnjavanju.

## MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja su obavljena na černozeu u periodu 2002–2008. godine, na oglednom polju za navodnjavanje Instituta za kukuruz „Zemun Polje“. Ogled je postavljen po metodi slučajnog blok sistema u četiri ponavljanja. Površina elementarne parcele bila je 28 m<sup>2</sup>, a parcele za obračun prinosa 14 m<sup>2</sup>. U uslovima prirodnog vodnog režima i navodnjavanja, sedam godina sejan je hibrid FAO 700 grupe zrenja (ZP 704) u gustini 60000 biljaka ha<sup>-1</sup>. Na ogledu su korišćena NPK hraniva (300 kg N ha<sup>-1</sup>, 210 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> i 150 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) i primenjivane su standardne agrotehničke mere. Predzalivna vlažnost zemljišta bila je 70–75% od poljskog vodnog kapaciteta (PVK). Vreme i norme zalivanja određivani su na osnovu sadržaja vlage (termogravimetrijskom metodom) u delu zemljišta 0–60 cm. Prinos zrna kukuruza (preračunat na 14% vlage) obrađen je statističkom metodom analize varijanse (LSD test: na nivou značajnosti 5% i 1%).

Ogled je navodnjavan tifon uređajem sa rasprskivačem (Rain Bird SR 103 EM) PE crevom prečnika 82 mm i dužine 300 m (Tab. 1).

Snabdevanje vodom bilo je iz dubinskog bunara sa podvodnom pumpom (UPA 84-10) snage motora 26 kW, preko hidrantne mreže ukopanog cevovoda. Po godinama proučavanja utvrđen je utrošak vode ( $m^3$ ), energije za rad pumpe (kWh), časovi angažovanja radne snage, kao utrošak goriva za angažovanje traktora (l) na osnovu eksploatacionih ispitivanja sistema za navodnjavanje koja su obavljena u ranijem periodu (Tab. 2). Eksploataciona ispitivanja su izvršena za normu zalivanja 20 mm i parametri se odnose na efektivan rad jednog prohoda tifona.

Tabela 1. Radne karakteristike tifon uređaja (T-82/300)  
*Table 1. Working characteristics of the typhon (T-82/300)*

Prečnik mlaznice <i>Nozzle diameter</i> (mm)	Pritisak na uređaju <i>Pressure on the machine</i> (bar)	Pritisak na mlaznici <i>Pressure on the nozzle</i> (bar)	Protok <i>Flow</i> ( $l \cdot s^{-1}$ )
22,86	7,0	4,5	11,0

Tabela 2. Eksploatacioni parametri primenjenog sistema za navodnjavanje [4]  
*Table 2. Exploitation parameters of applied irrigation system [4]*

Radni zahvat <i>Working scope</i> (m)	Domet <i>Range</i> (m)	Zalivna površina <i>Irrigation area</i> (ha)	Efektivan rad <i>Effective work</i> (h)	Utrošak vode <i>Water consumption</i> ( $m^3$ )	Utrošak energije <i>Energy consumption</i> (kWh)
68	34	2,20	11,13	440,6	289,4

Kvantifikacija osnovnih parametara koji učestvuju u strukturi troškova eksploatacije tifona za period proučavanja utvrđena je na osnovu efektivnog rada uređaja po hektaru zalivne površine (Tab. 3).

Tabela 3. Učinkatost tifona i potrošnja energije po hektaru navodnjavane površine [4]  
*Table 3. Working productivity and energy consumption per hectare of area irrigation [4]*

Utrošak za normu navodnjavanja 20 mm <i>Consumption for irrigation norm of 20 mm</i>			Promena za povećanje norme za svakih 10 mm <i>Change for the increase raining norm for each 10 mm</i>
h·ha <sup>-1</sup>	ha·h <sup>-1</sup>	kWh	h·ha <sup>-1</sup>
5,05	0,198	131,3	+ 2,53

Za period od 7 godina proučavanja, sistem za navodnjavanje nije se koristio samo u 2004. godini, koja je sa aspekta snabdevenosti kukuruza za vodom imala najpovoljniji vodni režim zemljišta. U svim ostalim godinama bio je deficit padavina tokom vegetacije kukuruza, vlažnost zemljišta se spuštala ispod predviđene predzalivne vlažnosti i varijante u navodnjavanju su zalivane (Tab. 4).

Tabela 4. Suma padavina za vegetacioni period i norme navodnjavanja  
*Table 4. Precipitation sum of vegetation period and irrigation norm*

Godina <i>Year</i>	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.
Suma padavina <i>Precipitation sum</i> (mm)	348	243	390	357	417	279	224
Norma navodnjavanja <i>Irrigation norm</i> (mm)	140	160	0	30	40	150	190

Norme navodnjavanja su realizovane kroz veći broj zalivanja u svim godinama osim u 2005. i 2006. godini, u kojima je bilo potrebno samo jedno zalivanje (30 mm i 40 mm). U toku vegetacionog perioda kukuruza tri puta je zalivano u 2002 (50+50+40 mm) i 2007. godini (50+50+50 mm), a četiri puta u 2003 (30+30+50+50 mm) i 2008. godini (40+50+50+50 mm).

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Različite količine prispjele vode na površinu zemljišta tokom vegetacionog perioda kukuruza su veoma značajno uticale ( $F = 271.6861$ ,  $P < 0.01$ ,  $C_v = 4.44\%$ ) da se ostvare razlike prinosa između varijanti sa i bez navodnjavanja (Tab. 5). Za period istraživanja u prirodnom vodnom režimu ostvaren je prosečan prinos od  $10,92 \text{ t ha}^{-1}$ , a u navodnjavanju  $13,29 \text{ t ha}^{-1}$ .

Tabela 5. Prosečni prinosi kukuruza po varijantama proučavanja ( $\text{t ha}^{-1}$ )  
*Table 5. Average yields of maize by studying variants ( $\text{t ha}^{-1}$ )*

Godine <i>Year</i>	Prirodni vodni režim <i>Rainfed regime</i>	Navodnjavanje <i>Irrigation</i>		
2002.	10,24	13,39		
2003.	8,84	12,05		
2004.	13,83	13,98		
2005.	13,68	13,99		
2006.	11,99	13,36		
2007.	9,10	13,00		
2008.	8,79	13,24		
Prosek <i>Average</i>	10,92	13,29		
Analiza varijanse – Prinos zrna kukuruza <i>Analysis of variance - Maize grain yield</i>				
Izvor varijacije ( $C_v = 4.44\%$ ) <i>Source of variation</i>	F value	Prob.	L D: 0.05	LSD: 0.01
Godina <i>Year</i>	76.2897	0.0000 **	0.4696	0.6394
Varijante <i>Variants</i>	271.6861	0.0000 **	-	-
Godina x Varijante <i>Year x Variants</i>	20.9233	0.0000 **	0.7892	1.074

Po godinama proučavanja, u prirodnom vodnom režimu prosečni prinosi zrna kukuruza, bez međusobno značajne razlike, bili su najniži u 2003 ( $8,84 \text{ t ha}^{-1}$ ), 2008 ( $8,79 \text{ t ha}^{-1}$ ) i 2007. godini ( $9,10 \text{ t ha}^{-1}$ ). Ove tri godine bile su izuzetno tople posebno u junu, julu i avgustu, sa visokim prosečnim temperaturama vazduha tokom vegetacionog perioda ( $20,3^\circ\text{C}$ ;  $19,7^\circ\text{C}$  i  $20,0^\circ\text{C}$ ) i sumom padavina manjom od 300 mm (243 mm, 224 mm i 279 mm). Vegetacioni period 2002. godine imao je nešto nižu prosečnu temperaturu ( $19,5^\circ\text{C}$ ) i veću sumu padavina od navedenih godina, što je rezultiralo i značajno višim prinosima ( $10,24 \text{ t ha}^{-1}$ ). Najviše padavina je bilo u 2006. godini (417 mm), međutim raspored padavina nije bio povoljan sa aspekta potrebe kukuruza za vodom u pojedinim fazama rasta i razvića. Najbolji rezultati prinosa ( $13,83 \text{ t ha}^{-1}$  i  $13,68 \text{ t ha}^{-1}$ ) u prirodnom vodnom režimu ostvareni su u 2004 i 2005. godini, u uslovima manje sume padavina (390 i 357 mm) sa rasporedom koji je obezbedio biljkama dovoljno lako pristupačne vode u fazama intenzivnog porasta, cvetanja–nalivanja zrna. U kritičnim periodima za vodom nedostatak vode ima veći uticaj na umanjenje prinosa, nego kada se pojavi u ostalim periodima vegetacije [10, 6]. Potrebe kukuruza za vodom rastu od setve, dostižu najviše vrednosti u letnjim mesecima, zatim opadaju do kraja vegetacije.

U navodnjavanju su ostvareni stabilni prinosi. Dobijeno je preko  $13 \text{ t ha}^{-1}$  u svim godinama proučavanja, osim u 2003. godini ( $12,05 \text{ t ha}^{-1}$ ) u kojoj je početkom jula (03.07.2003) izuzetno jak olujni vetar slomio veći broj biljaka na oglednoj površini. U godinama koje su bile povoljnije za gajenje kukuruza (2005, 2006) efekat navodnjavanja bio je značajno manji u odnosu na izrazito sušne (2007, 2008). Zavisno od godine, ostvarene razlike u prinosima bile su u intervalu od  $0,315 \text{ t ha}^{-1}$  (2005) do  $4,459 \text{ t ha}^{-1}$  (2008) između



varijanti sa i bez navodnjavanja (Tab. 6). U proseku za period proučavanja ostvaren je efekat navodnjavanja od 21,7% (2,734 t ha<sup>-1</sup>). Rezultati u literaturi pokazuju istu tendenciju po godinama proučavanja sa manjim ili većim vrednostima efekata, zbog različitih hibrida i uslova u kojima su proučavani. Primer proučavanja Pejić i sar. [8], koji su pri ispitivanju NS hibrida kukuruza, takođe na černozeu, dobili efekat navodnjavanja 25,9%.

Tabela 6. Potrošnja vode, energije i časova rada po hektaru za ostvareni efekat navodnjavanja  
*Table 6. Water, energy and hours of labour consumption per hectare for effect of irrigation*

Godina Year	Efekat navodnjavanja Irrigation effects (t·ha <sup>-1</sup> )	Voda Water (m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	Energija za rad pumpe Energy for working pump (kWh)	Gorivo za rad traktora Fuel for working tractor (l·ha <sup>-1</sup> )	Časovi rada Hours of labour (h·ha <sup>-1</sup> )
2002.	3,153	1400	920	5,7	45,4
2003.	3,206	1600	1052	7,6	52,8
2004.	–	–	–	–	–
2005.	0,315	300	197	1,9	9,5
2006.	1,373	400	263	1,9	13,5
2007.	3,901	1500	986	5,7	48,4
2008.	4,459	1900	1249	7,6	61,8
Prosek Average	2,734	1015	778	38,6	5,1

Analiza rezultata pokazuje da se prosečan efekat navodnjavanja od +2,734 t ha<sup>-1</sup> ostvaruje intervencijom sistema za navodnjavanje, kroz 3 zalivanja sa normama od po 40 mm u toku vegetacionog perioda kukuruza, pri čemu je za zalivnu površinu od jednog hektara potrebno angažovanje 5,1 časova ljudskog rada, zatim 1015 m<sup>3</sup> vode, 778 kWh električne energije i 38,6 litara goriva. Proučavanja Đukića [3], kroz analizu troškova eksploatacije tifon uređaja u uslovima različite organizacije farmi i različitih izvorišta vode, pokazuju da su troškovi primene tifona značajno manji u odnosu na sistem kap po kap. Međutim, u proučavanjima u odnosu na druge mobilne mašine i uređaje koji se koriste u okviru sistema za navodnjavanje kišenjem, tifon uređaj se pominje kao veći potrošač energije. Ispitivanja Đevića i sar. [2], pokazuju da je potrošnja energije po hektaru, kod primene lineara bila 44,21 kWh za normu navodnjavanja od 14,78 mm, samohodnog kišnog krila 62,72 kWh za normu od 10 mm i tifona 131,59 kWh za normu 29 mm. Ista grupa autora [5], u poređenju tifona i lineara navodi da je tifon veći potrošač energije (131 kW ha<sup>-1</sup> u odnosu na 45,28 kW ha<sup>-1</sup>), jer se energija vode koristi za namotavanje creva, dok se za kretanje lineara koriste elektromotori i sistem radi sa znatno nižim pritiscima. Međutim, sa izvođenjem opštih zaključaka sa aspekta veće ili manje potrošnje energije, kad je u pitanju poređenje ne samo različitih, veći i u okviru istog sistema za navodnjavanje, treba biti obazriv. Naime, sva ispitivanja se obavljaju na već postojećim sistemima i rezultati su validni za konkretnu opremu, ali to ne znači da je ta oprema optimalno rešenje u tehničkom sistemu i da će se dobiti isti rezultati u kombinaciji primene pumpe i tifon uređaja drugačije izvedbe ili karakteristika. Pored toga, u razmatranju energetskog aspekta primene mobilnih mašina i uređaja rezultate potrošnje treba porediti prema vrednostima dobijenim za istu normu navodnjavanja, jer veća norma podrazumeva sporije kretanje, veći utrošak časova rada, kao i veća energetska ulaganja, bilo da je u pitanju elektro ili dizel pogon pumpe odn. pumpne stanice. Potkonjak i sar. [9], sa ekonomskog aspekta razmatranja vrste pogona pokazuju da je elektro u odnosu na dizel pogon skuplji u investicijama i sa nižim troškovima energije u eksploataciji, ali dobijene podatke autori vezuju za konkretan slučaj i ne donose opšti zaključak.

U ovim istraživanjima, kao što je već navedeno, na ogleđnoj površini bili su isti uslovi gajenja (isti input) i na navodnjavanim varijantama je primenom tifon uređaja u proseku ostvaren output od 2,734 t ha<sup>-1</sup>. Praktično, ova količina prinosa je nosilac troškova eksploatacije sistema za navodnjavanje i u Tabeli 7. su prikazani direktni inputi po toni output-a za svaku godinu proučavanja. U proseku tona output-a opterećena je utrošenom

energijom od 328 kWh za rad podvodne pumpe, koja snabdeva tifton uređaj potrebnom vodom (500 m<sup>3</sup>) iz dubinskog bunara, zatim sa oko 2,5 litre goriva za angažovanje traktora i sa približno 17 časova ljudskog rada.

Tabela 7. Potrošnja vode, energije i časova rada po toni zrna navodnjavanog kukuruza  
*Table 7. Water, energy and hours of labour consumption per ton grain maize in irrigation*

Godina Year	Voda Water (m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup> )	Energija za rad pumpe Energy for working pump (kWh·t <sup>-1</sup> )	Gorivo za rad traktora Fuel for working tractor (l·t <sup>-1</sup> )	Časovi rada Hours of labour (h·t <sup>-1</sup> )
2002.	444	292	1,81	14,5
2003.	499	328	2,38	16,3
2004.	–	–	–	–
2005.	953	626	6,06	31,5
2006.	291	191	1,39	9,5
2007.	385	253	1,47	12,5
2008.	426	280	1,71	13,9
Prosek Average	500	328	2,47	16,5

Dobijeni rezultati su relativni pokazatelji troškova koji direktno učestvuju u eksploataciji primenjenog sistema za navodnjavanje. Realno sagledavanje zahteva iskazivanje u apsolutnim pokazateljima i uzimanje u obzir ostalih troškova (amortizacija, održavanje, osiguranje i dr.), što je pak predmet ekonomske analize. Kao primer, radi sagledavanja odnosa osnovnih ulaganja pri eksploataciji i efekata primene sistema za navodnjavanje, za godine proučavanja izračunati su troškovi po hektaru na nivou ovogodišnjih cena (Tab. 8). Troškovi (input) su izračunati po sledećim cenama: voda- 6,2 €·ha<sup>-1</sup>; el. energija - 0.059 €·angažovan kWh +176.0 €·naknada za merno mesto za 12 meseci; dizel gorivo – 0.99 €l<sup>-1</sup>; radni časovi-0.95 €·h<sup>-1</sup> (minimalna cena rada). Cena output-a je 0,186 €kg<sup>-1</sup> i svi obračuni su vršeni za vrednost 1€=114.95 dinara.

Tabela 8. Input i output pri navodnjavanju kukurza po godinama proučavanja (€·ha<sup>-1</sup>)  
*Table 8. Input and output in irrigated maize by studying years (€·ha<sup>-1</sup>)*

Godina Year	Voda Water	Energija za rad pumpe Energy for working pump	Gorivo za rad traktora Fuel for working tractor	Časovi rada Hours of labour	Input	Output
2002	6,2	230,8	5,6	43,2	285,8	586,9
2003	6,2	238,6	7,5	49,6	301,9	597,0
2004	6,2	176,0	0,0	0,0	182,2	0,0
2005	6,2	187,7	1,9	9,4	205,2	58,6
2006	6,2	191,7	1,9	12,4	212,1	255,7
2007	6,2	234,7	5,6	46,2	292,7	726,3
2008	6,2	250,3	7,5	58,6	322,6	830,1
Prosek Average	6,2	215,7	4,3	31,3	257,5	436,4

Podaci pokazuju da je u periodu od sedam uzastopnih godina bila jedna godina bez navodnjavanja (2004), bez output-a, ali sa troškovima (voda i naknada za merno mesto), zatim jedna (2005) u kojoj prinos nije opravdao troškove eksploatacije sistema i pet godina u kojima se dobio ekonomski opravdan prinos. U proseku navodnjavanjem merkantilnog kukuruza je dobijeno više 178,9 evra po hektaru u odnosu na prihod koji je ostvaren u prirodnom vodnom režimu. Čista dobit od navodnjavanja ima nešto manju vrednost kad se uključe i ostali troškovi.

Granica isplativosti eksploatacije sistema za navodnjavanje je ona pri kojoj dalje povećanje ulaganja ekonomski ne opravdava očekivani prinos. Različiti usevi imaju različite potrebe u količini vode i ne ostvaruju isti porast prinosa u uslovima navodnjavanja. Velikim potrošačima vode, kao što je kukuruz, najčešće su potrebne veće norme sa manjim brojem zalivanja u toku vegetacionog perioda ili se pak zaliva češće manjim normama, što u toku sezone smanjuje navodnjavanu površinu mašine ili uređaja. Za praksu navodnjavanja kukuruza tifonima bitno je da se za sezonu planira površina na osnovu učinka koju uređaj može da ostvari u funkciji dnevne evapo-transpiracije 6-7 mm, kako bi biljke dobile potrebnu količinu vode u periodu (juli i avgust) kada je moguća najveća redukcija prinosa zbog deficita zemljišne vlage.

## ZAKLJUČAK

Rezultati analize primene tifon uređaja u navodnjavanju kukuruza na černozeu pokazuju da je po godinama proučavanja ostvaren različiti efekat navodnjavanja, od 0,315 t ha<sup>-1</sup> do 4,459 t ha<sup>-1</sup>. Za period od sedam godina proučavanja ostvaren je prosečan efekat od 21,7%. Tona prosečnog prinosa dobijena dejstvom faktora navodnjavanja (2,734 t ha<sup>-1</sup>) bila je opterećena utrošenom energijom od 328 kWh za rad podvodne pumpe, koja je snabdevala tifon uređaj potrebnom vodom (500 m<sup>3</sup>) iz dubinskog bunara, zatim sa oko 2 litre goriva za angažovanje traktora i sa približno 17 časova ljudskog rada. Granica isplativosti eksploatacije sistema za navodnjavanje je ona pri kojoj dalje povećanje ulaganja ekonomski ne opravdava očekivani prinos.

## LITERATURA

- [1] Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89, pp. 1–6.
- [2] Đević, M., Miodragović, R., Mileusnić, Z., 2002. Mobilni sistemi za navodnjavanje kišenjem. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 28 (3–4), pp. 61–124.
- [3] Đukić, N. 2006. Izbor uređaja za navodnjavanje. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 32 (3–4), pp. 237–241.
- [4] Kresović, B. 2003. *Uticaj navodnjavanja i sistema obrade zemljišta na proizvodnju kukuruza*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- [5] Miodragović, R., Đević, M., Mileusnić, Z. 2008. Energetski aspekti navodnjavanja kišenjem. *Poljoprivredna tehnika*, 33 (3), pp. 65–71.
- [6] Pandey, R.K., Maranville, J.W., Admou, A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment I. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management*, 46, pp. 1–13.
- [7] Pejić, B., Bošnjak, Đ., Mačkić K., Stričević R., Simić, D., Drvar A. 2009. Osetljivost kukuruza (*Zea Mays* L.) na deficit vode u zemljištu u određenim podperiodima vegetacije. *Letopis naučnih radova*, 33 (I), pp. 155–166.
- [8] Pejić, B., Maksimović, L., Milić, S. 2007. Effect of irrigation on yield of corn hybrids from different maturity groups. *Acta biologica iugoslavica - serija A: Zemljište i biljka*, 56 (2), pp. 59–66.
- [9] Potkonjak, S., Zoranović, T., Mačkić, K. 2007. Investicije i troškovi navodnjavanja u zavisnosti od vrste pogona. *Trktori i pogonske mašine*, 12 (2), pp. 32–36.
- [10] Stojčićević, D. 1996. Kukuruz (*Zea Mays* L.). *Navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta*, Mitrović, M. (ed), Beograd, Srbija: Partenon. pp. 198–199.
- [11] Traore, S. B., Carlson, R. E., Pilcher, C. D., Rice, M. E. 2000: Bt and Non Bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. *Agronomy Journal*, 92, pp. 1027–1035.
- [12] Vasić G., Branka Kresović, Tolimir M., Nešić S. 1994. Efekti navodnjavanja mašinama tipa rainiger i linear na prinos gajenih useva. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 22, pp. 119–127.

# UTICAJ NAVODNJAVANJA NA PRINOS I SADRŽAJ GLAVNIH ELEMENATA ISHRANE U ZEMLJIŠTU POD KUKURZOM

Branka Kresović<sup>\*1</sup>, Angelina Tapanarova<sup>2</sup>, Boško Gajić<sup>2</sup>, Vesna Dragičević<sup>1</sup>,  
Borivoje Pejić<sup>3</sup>, Đorđe Glamočlija<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Beograd, Republika Srbija

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za zemljište i melioracije, Beograd, Republika Srbija

<sup>3</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Republika Srbija

<sup>4</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Beograd, Republika Srbija

**Sažetak:** Cilj rada bio je da se u irigacionom vodnom režimu utvrde prinosi kukuruza i sadržaj NPK hraniva u zemljištu nakon tri godine primene iste količine đubriva. Rezultati pokazuju da su najveće razlike u sadržaju pristupačnog azota u zemljištu utvrđene u odnosu na prirodni vodni režim, koji je na kraju izvođenja ogleada bio sa najvećim sadržajem azota ( $9,84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i sa najmanjim prosečnim prinosom ( $10,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Najmanji sadržaj azota u zemljištu bio je u varijanti održavanja zemljišne vlage na nivou 70–75% PVK ( $7,84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) na kojoj je dobijen prosek prinosa  $13,55 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . U uslovima prisustva veće količine vode (80–85% PVK) bila je najveća rodnost kukuruza ( $15,08 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), ali i veća pokretljivost azota po dubini profila, kao i zadržavanje nitrata u humusnom horizontu. U poređenju sa prirodnim vodnim režimom, varijante sa navodnjavanjem su imale manji sadržaj  $\text{P}_2\text{O}_5$  i  $\text{K}_2\text{O}$  u zemljištu što je, između ostalog, zbog ostvarenih većih prinosa u navodnjavanju.

**Ključne reči:** navodnjavanje, zemljište, azot, fosfor, kalijum, prinos, kukuruz

## EFFECTS OF IRRIGATION ON YIELD AND COMPOSITION OF PRINCIPAL ELEMENTS OF NUTRIENTS IN MAIZE-GROWING SOIL

Branka Kresović<sup>1</sup>, Angelina Tapanarova<sup>2</sup>, Boško Gajić<sup>2</sup>, Vesna Dragičević<sup>1</sup>,  
Borivoje Pejić<sup>3</sup>, Đorđe Glamočlija<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Maize Research Institute „Zemun Polje“, Belgrade, Republic of Serbia

<sup>2</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Soil Menagment, Belgrade, Republic of Serbia

<sup>3</sup>University in Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Republic of Serbia

<sup>4</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Crop Science, Belgrade, Republic of Serbia

**Abstract:** Extensive organic production under irrigation conditions requires greater amounts of NPK fertilisers. Furthermore, the mobility of fertilisers, especially of nitrogen, is greater under the increased soil moisture content, hence the incorporation of unnecessary amounts leads to nitrogen leaching into deeper layers causing pollution of the agro

---

\* Kontakt autor. E-mail: bkresovic@mrizp.rs

Rad je rezultat dela istraživanja u okviru projekta III 43009: „Nove tehnologije za monitoring i zaštitu životnog okruženja od štetnih hemijskih supstanci i radijacionog opterećenja“, koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

ecosystem. The objective of the present study was to determine maize yields and the content of NPK in soil under irrigation conditions after three years of the application of the same fertiliser amounts. There were four variants of water regime in the trail and the following amounts of fertilisers were incorporated: 136 kg N ha<sup>-1</sup>, 68 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> and 68 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. The obtained results show that the greatest differences in the content of the available soil nitrogen were established in relation to the rainfed regime. Moreover, under rainfed conditions, the highest nitrogen content (9.84 mg kg<sup>-1</sup>) and the lowest yield (10.2 t ha<sup>-1</sup>) were recorded at the end of the performed experiment. The lowest nitrogen content in the soil (7.84 mg kg<sup>-1</sup>) was established in the variant in which soil moisture had been maintained at the level 70–75% of field water capacity (FWC). At the same time the average yield in this variant amounted to 13.55 t ha<sup>-1</sup>. The higher moisture was (80–85% FWC) the higher maize yield was (15.08 t ha<sup>-1</sup>), but also the nitrogen mobility over a profile depth was, and a greater holding capacity of nitrite in the humus horizon was. In comparison with rainfed conditions, irrigation variants had lower contents of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O in the soil, which is, among other things, a consequence of higher yields obtained under irrigation conditions.

**Key words:** irrigation, soil, nitrogen, phosphorus, potassium, yield, maize

## UVOD

Kukuruz, kao visokoprinosa biljka, velike vegetativne mase i dugog vegetacionog perioda, ima velike potrebe u pogledu ishrane i potrošnje vode. U navodnjavanju potrebe za vodom i hranivima su još veće i ako se one ispoštuju prema zahtevima rasta i razvića biljaka usev kukuruza će uloženo zahvalno vratiti prinosom. Međutim, manje i veće količine vode i đubriva nepovoljno utiču i na biljku i na zemljište koje se navodnjava.

U navodnjavanju deficit zemljišne vlage se ređe dešava i ako nastupi najčešće je u pitanju neblagovremeno zalivanje usled manjeg kapaciteta izvorišta ili opreme za navodnjavanje u odnosu na površinu useva koje treba zalivati. Deficit zemljišne vlage, koji je neminovno praćen visokim temperaturama vazduha tokom vegetacionog perioda kukuruza, utiče na intenzitet fotosinteze, transpiraciju, apsorpciju vode i mineralnih materija, kao i na trajanje fenoloških faza. Korenov sistem nije u stanju da biljku snabdeva potrebnom vodom i mineralnim hranivima, biljka se iscrpljuje i usled fiziološkog stresa reaguje smanjenjem većine parametara rasta [13] [3] [8]. Biljke na isti način reaguju i kad je u pitanju višak zemljišne vlage. Velike zalivne norme, koje nisu prilagođene zemljišnim karakteristikama, dovode do smanjenja vazdušnog kapaciteta u zemljištu usled čega je smanjena aktivnost korenovog sistema i mineralizacija organskih materija, a pospešuje se razvoj patogenih mikroorganizama [4]. Zbog nepravilnog navodnjavanja u zemljištu se narušava struktura, remete se agrohemijske osobine, kao i vodno–vazdušni i toplotni režim [7] [1]. Poremećaji su uglavnom privremenog karaktera, jer se ublažavaju i anuliraju primenom adekvatnih agrotehničkih mera. Međutim, dugogodišnje nepravilno navodnjavanje uz odsustvo odgovarjuće agrotehlike može dovesti do trajnog narušavanja njegove plodnosti.

Veoma značajna agrotehnička mera, koja održava plodnost navodnjavanog zemljišta i doprinosi da biljka bolje koristi genetički potencijal rodnosti, je đubrenje. Gradeći veliku organsku masu tokom svoga rasta i razvića, kukuruz iznosi veliki deo hranljivih elemenata iz zemljišta. Najviše iznosi azot, fosfor i kalijum pa su i potrebe za unošenjem većih količina NPK hraniva neminovne, kako bi se zemljištu vratilo ono što je usev sa prinosom izneo. U uslovima većeg sadržaja vlage u zemljištu je povećana pokretljivost hraniva, naročito azota, tako da unošenjem većih, nepotrebnih količina dovodi do njegovog

ispiranja u dublje slojeve, sa posledicama zagađenja agroekosistema i neracionalnog korišćenja đubriva. Za efikasno korišćenje resursa, Paolo i Rinaldi [12] naglašavaju da uvek treba imati u vidu pozitivnu interakciju vode i đubrenja, te snabdevanje zemljišta azotnim hranivom treba svesti na minimum norme za visok prinos. U tom pravcu su sprovedena proučavanja u ovom radu. Naime, u našim uslovima za prinos kukuruza 10–12 t·ha<sup>-1</sup> na plodnim zemljištima Manojlović [11] preporučuje 150 kg N·ha<sup>-1</sup>, 60–100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> i 40–100 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>, a Džamić i sar. [6] veće količine fosfora i kalijuma uz istu količinu azota (150 kg N·ha<sup>-1</sup>, 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·ha<sup>-1</sup> i 110 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>). Na navodnjavanom černozemu rezultati Kresović i sar. [10] ukazuju na potrebu unošenja više azota, pri čemu su najbolji rezultati prinosa ostvareni u kombinaciji primene 180 kg N ha<sup>-1</sup>, 160 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> i 80 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> [16] [17]. Cilj ovog rada bio je proučavanja uticaja primene manjih količina NPK hraniva u navodnjavanju na prinos kukuruza, kao i utvrđivanje njihovog sadržaja u zemljištu zavisno od vodnog režima. Ovim proučavanjima tražio se odgovor na pitanje da li je moguće visoku produkciju biomase kukuruza održati unošenjem manje količine azota u zemljištu visoke proizvodne sposobnosti.

## MATERIJAL I METODE RADA

Eksperimentalna istraživanja (2006–2008) su obavljena u agroekološkim uslovima Zemun Polja [15]. Ogled na černozemu pod kukuruzom je postavljen po metodi slučajnog blok sistema u četiri ponavljanja. Površina elementarne parcele bila je 10 m<sup>2</sup>. Proučavane su varijante: zalivni režim prema vlažnosti zemljišta 80–85%, 70–75% i 60–65% poljskog vodnog kapaciteta (PVK) i prirodni vodni režim (kontrola). Vreme i norme zalivanja određivani su na osnovu sadržaja vlage u sloju zemljišta 0–60 cm, a sadržaj vlage utvrđivan je termogravimetrijskom metodom. Predusev je bila ozima pšenica (uneto 128 kg N ha<sup>-1</sup>, 84 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> i 56 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) i na ogledu su primenjene agrotehničke mere koje se redovno koriste u proizvodnji kukuruza. Mineralno đubrivo je unošeno u količini 136 kg N ha<sup>-1</sup>, 68 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> i 68 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>), sejan je hibrid grupe zrenja FAO 600 (ZPSC 684). Berba je obavljena ručno, a prinosi zrna kukuruza (14% vlage) obrađeni su statističkom metodom analize varijanse (LSD – nivou značajnosti 5% i 1%).

Tabela 1. Temo-pluviometrijski podaci proučavane lokacije  
Table 1. Thermo-pluviometric data of studied locations

Godina/Period Year/Period	Meseci – Months						Prosek/Suma Mean/Sum
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Srednja temperatura vazduha (°C) Average air temperature (°C)							
2006.	12,2	15,8	18,8	22,8	19,6	18,5	17,9
2007.	13,2	18,8	22,5	23,9	23,7	15,1	19,5
2008.	13,4	18,3	22,3	22,6	22,8	16,6	19,3
2006–2008.	12,9	17,6	21,2	23,1	22,0	16,7	18,9
1980–2005.	11,8	17,2	20,3	21,9	22,1	17,8	18,5
Suma padavina (mm) Precipitation sum (mm)							
2006.	93,1	33,3	143,6	27,3	109,0	10,8	417,1
2007.	31,1	42,0	63,0	18,7	51,6	73,0	279,4
2008.	27,3	39,7	36,3	46,2	19,7	55,4	224,6
2006–2008.	50,5	38,3	81,0	30,7	60,1	46,4	307,0
1980–2005.	57,7	56,4	92,3	61,0	62,2	53,8	383,3

Tabela 2. Norme navodnjavanja po varijantama (mm)  
 Table 2. Norms of irrigation per variant (mm)

Godina Year	Varijante u navodnjavanju Irrigation variants		
	I 80-85% PVK <sup>1</sup> 80-85% FWC <sup>2</sup>	II 70-75% PVK 70-75% FWC	III 60-65% PVK 60-65% FWC
2006.	100	70	-
2007.	155	115	95
2008.	280	200	145

<sup>1</sup> PVK - poljski vodni kapacitet

<sup>2</sup> FWC - filed water capacity

Za trogodišnji period izvođenja oglada prosečna temperatura vazduha od aprila do septembra (18,9°C) bila je viša, a suma padavina (307 mm) manja u odnosu na višegodišnji prosek (1980–2005) ovog lokaliteta (Tab. 1).

Sa aspekta snabdevenosti kukuruza sa vodom, povoljniji vodni režim bio je u 2006, a nepovoljniji u 2008.god. U ovim godinama su dodate najmanje i najveće količine vode (Tab. 2).

Proučavanja su obavljena na karbonatnom černozeu koji po dubini profila ima zapreminsku masu 1,17–1,41 g cm<sup>-3</sup>, specifičnu 2,35–2,60 g cm<sup>-3</sup>, ukupnu poroznost 54,65–46,15%; u površinskom sloju humusnog horizonta je slabo karbonatan, u podpovršinskom srednje, dok su dublji slojevi jako karbonatni; spada u srednje humozna zemljišta; dobro je obezbeđen ukupnim azotom, pristupačnim fosforom i kalijumom koja se smanjuje sa porastom dubine. Sadržaj NPK u zemljištu utvrđen je u prvoj i trećoj godini izvođenja oglada (ukupni azot po Kjeldahl-u; pristupačni azot po Bremner-u i lako pristupačni fosfor i kalijum Al-metodom po Egner-Riehm-u).

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Zavisno od meteoroloških uslova godine između varijanti proučavanja ostvarene su razlike u sumi vode (padavine ili padavine + navodnjavanje), koja je bila na raspolaganju kukuruza tokom vegetacionog perioda (Tab. 3). Kod varijanti navodnjavanja, po pravilu, održavanje većeg nivoa vlažnosti zemljišta usevima obezbeđuje i veću sumu raspoložive vode tokom vegetacionog perioda. Za trogodišnji period, prosečno raspoloživa suma vode tokom vegetacionog perioda kukuruza u prirodnom vodnom režimu bila je 307 mm i u odnosu na nju, kukuruz je u proseku u prvoj varijanti imao na raspolaganju više vode za 178 mm, u drugoj za 123 mm, a u trećoj za 80 mm.

Tabela 3. Raspoložive količine vode od padavina i navodnjavanja tokom vegetacionog perioda kukuruza po varijantama proučavanja (mm)  
 Table 3. Available water from rainfall and irrigation during the maize growing season for variants of study (mm)

Godina Year	Varijante u navodnjavanju Irrigation variants			Kontrola Control variant
	I 80-85% PVK <sup>1</sup> 80-85% FWC <sup>2</sup>	II 70-75% PVK 70-75% FWC	III 60-65% PVK 60-65% FWC	
2006.	517	487	417	417
2007.	434	394	374	279
2008.	504	424	369	224
Prosek Average	485	430	387	307

Različite količine prispele vode na površinu zemljišta tokom vegetacionog perioda takođe su uticale ( $F = 801.9051$ ,  $P < 0.01$ ,  $C_v = 1.95\%$ ) da se ostvare veoma značajne razlike prinosa po proučavanim varijantama (Tab. 4).

Tabela 4. Prosečni prinosi kukuruza po varijantama proučavanja ( $t\ ha^{-1}$ )  
*Table 4. Average yields of maize by studying variants ( $t\ ha^{-1}$ )*

Godine <i>Year</i>	Varijante u navodnjavanju <i>Irrigation variants</i>			Kontrola <i>Control variant</i>	Prosek <i>Average</i>
	I 80-85% PVK <sup>1</sup> 80-85% FWC <sup>2</sup>	II 70-75% PVK 70-75% FWC	III 60-65% PVK 60-65% FWC		
2006.	14,59	12,46	11,41	11,14	12,40
2007.	16,33	14,54	13,51	10,74	13,78
2008.	14,31	13,65	12,69	8,73	12,35
Prosek <i>Average</i>	15,08	13,55	12,54	10,20	12,84
Analiza varijanse – Prinos zrna kukuruza <i>Analysis of variance - Maize grain yield</i>					
Izvor varijacije ( $C_v = 1.95$ ) <i>Source of variation</i>	F value	Prob.	L S D: 0.05	L S D: 0.01	
Godina <i>Year</i>	120.9282	0.0000 **	0.2359	0.3389	
Varijante <i>Variants</i>	801.9051	0.0000 **	0.2103	0.2839	
Godina x Varijante <i>Year x Variants</i>	51.678	0.0000 **	0.3642	0.4917	

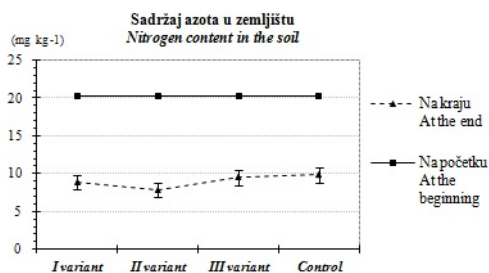
U prirodnom vodnom režimu prosečni prinosi zrna kukuruza bili su najniži u 2008. godini ( $8,73\ t\ ha^{-1}$ ). Vegetacioni period ove godine, kao što je već napomenuto, karakteriše prosečna temperatura vazduha  $19,3^{\circ}C$  i suma padavina od samo  $224,6\ mm$ . U junu, julu i avgustu palo je ukupno  $102\ mm$ , što je izrazito mala suma da bi se zadovoljile potrebe biljaka za vodom u fazama intenzivnog porasta, cvetanja-nalivanja zrna. Vegetacioni period 2007. godine bio je topliji, imao je bolji raspored i veću sumu padavina za oko  $55\ mm$ , što je rezultiralo višim prinosima u odnosu na 2008. godinu ( $10,74\ t\ ha^{-1}$ ). Biljkama kukuruza najviše su pogodovali uslovi u 2006. godine, tako da je ostvaren i najbolji rezultati prinosa ( $11,14\ t\ ha^{-1}$ ). U odnosu na prinose iz ove godine, smanjenje prinosa kukuruza u 2007. godini bilo je za  $3,4\%$ , a u 2008. godini za  $21,6\%$ . Za trogodišnji period istraživanja u prirodnom vodnom režimu, sa prosečnim padavinama od  $307\ mm$  tokom vegetacionog perioda ostvaren je prinos od  $10,20\ t\ ha^{-1}$ .

U navodnjavanjem varijantama najmanja vrednost prinosa ( $11,41\ t\ ha^{-1}$ ) bila u 2006. godini u varijanti  $60-65\ %\ PVK$  (koja nije imala potrebe za zalivanjem ove godine), a najveća  $16,33\ t\ ha^{-1}$  u 2007. godini u varijanti sa predzalivnom vlažnošću  $80-85\ %\ PVK$  (padavine+navodnjavanje  $434\ mm$ ). Za trogodišnji period istraživanja, u varijanti sa predzalivnom vlažnošću zemljišta  $80-85\ %\ PVK$  ostvarena je najveća prosečna vrednost prinosa zrna  $15,08\ t\ ha^{-1}$  i to u uslovima  $485\ mm$  prispele vode tokom vegetacionog perioda. U drugim varijantama dobijeni su veoma značajno niži prosečni prinosi. Biljke kukuruza u varijanti  $70-75\ %\ PVK$  u trogodišnjem proseku raspolagale su sa  $430\ mm$  i ostvarile prinos od  $13,55\ t\ ha^{-1}$ , a u varijanti  $60-65\ %\ PVK$  sa  $387\ mm$  vode ostvaren je prosečan prinos od  $12,54\ t\ ha^{-1}$ .

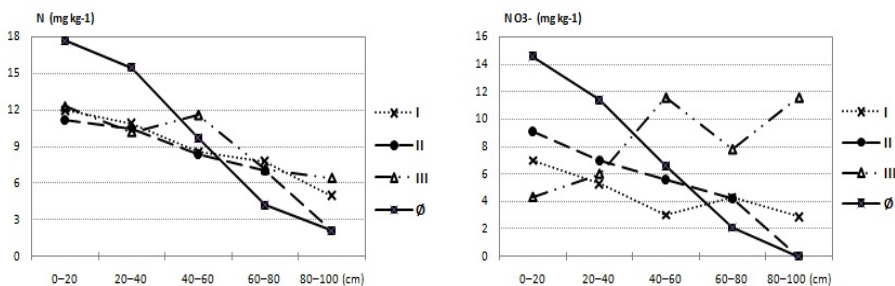
Rezultati analiza pokazuju da su različite količine prispele vode na površinu zemljišta tokom vegetacionog perioda, takođe uticale su da se po varijantama u poslednjoj godini istraživanja u odnosu na početno stanje, ostvare razlike sadržaja pristupačnih elemenata (azota, fosfora, kalijuma) u zemljištu.



Na početku izvođenja ogleada, 2006. godine u vreme setve kukuruza, po dubini profila (0–100 cm) prosečna vrednost sadržaja ukupnog azota iznosila je  $20,3 \text{ mg kg}^{-1}$ , pristupačnog fosfora  $17,8 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  zemlje i pristupačnog kalijuma  $13,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  zemlje. Posle tri puta unošenja NPK hraniva i tri izneta prinosa, u zemljištu su ostale različite količine N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  i  $\text{K}_2\text{O}$  zavisno od proučavanih varijanata (Graf. 1a, Graf. 2). Obzirom da se porede uzorci sa početka i kraja vegetacionog perioda, logično je da je sadržaj pristupačnog azota u zemljištu na početku ogleada bio veći nego na kraju, jer dobar deo usvajaju biljke i to intenzivno tokom vegetacije sve do početka mlečne zrelosti nakon čega se prekida usvajanje. Po varijantama proučavanja, najveći sadržaj azota na kraju vegetacije ostao je u prirodnom vodnom režimu, sa prosekom  $9,84 \text{ mg kg}^{-1}$  na dubini 0–100 cm, a najmanji u drugoj varijanti ( $7,84 \text{ mg kg}^{-1}$ ), pri održavanju zemljišne vlage na nivou 70–75% PVK. Visok sadržaj azota ( $9,52 \text{ mg kg}^{-1}$ ) se zadržao i na trećoj varijanti (60–65 %PVK). Po dubini profila uočljivo je premeštanje azota (Graf. 1b), kao i zadržavanje nitrata u humusnom horizontu (0–40 cm) kod svih varijanata, osim u III varijanti (60–65 %PVK). Kod ove varijante navodnjavanja sadržaj nitrata se povećava sa dubinom i od ukupnog sadržaja azota na dubini do 100 cm ima najveći udeo nitrata (86,8%) u odnosu na sve druge varijante.



(a)



(b)

Grafik. 1. (a) Sadržaj N u zemljištu po varijantama na početku i na kraju izvođenja ogleada;

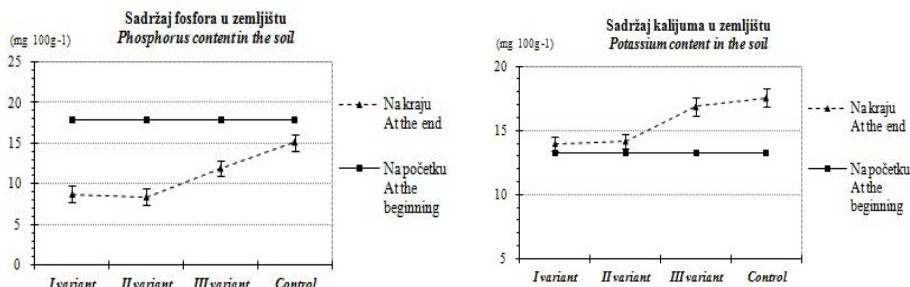
(b) sadržaj  $\text{N-NO}_3^-$  po dubini profila zemljišta na kraju izvođenja ogleada

Chart 1. (a) N content in the soil by variants at the beginning and the end of the trail;

(b) content of  $\text{N-NO}_3^-$  to the depth of soil at the end of trail

U odnosu na azot, biljke usvajaju iz zemljišta manje količine fosfora i kalijuma i to fosfor intenzivno od nicanja do početka cvetanja, a kalijum u fazi klijanja i formiranja klijanaca. Na kraju izvođenja ogleada kod svih varijanata proučavanja sadržaj pristupačnog fosfora bio je manji, a pristupačnog kalijuma veći u odnosu na početno stanje (Graf. 2). Po varijantama proučavanja najveći sadržaj  $\text{P}_2\text{O}_5$  na kraju vegetacije ostao je u prirodnom

vodnom režimu, sa prosekom 15,08 mg 100g<sup>-1</sup> zemlje na dubini 0–100 cm. Takođe, visok sadržaj (11,9 mg 100g<sup>-1</sup> zemlje) bio je u varijanti sa najmanjom normom navodnjavanja (60–65 % PVK), dok je kod varijanata sa većom količinom vode (I i II) zabeležen znatno manji sadržaj (8,76 i 8,42 mg 100g<sup>-1</sup> zemlje). Najveća koncentracija P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bila je do 40 cm dubine kod svih varijanata, osim u prirodnom vodnom režimu kod koga se ona zadržala u delu zemljišta 0–60cm. Sadržaj K<sub>2</sub>O po varijantama proučavanja je imao istu tendenciju kao i P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Prosečan sadržaj K<sub>2</sub>O na dubini do 100 cm, takođe je bio najveći u prirodnom vodnom režimu (17,54 mg 100 g<sup>-1</sup> zemlje), imao visok sadržaj (16,86 mg 100 g<sup>-1</sup> zemlje) u trećoj varijanti i približne vrednosti u II i I varijanti (14,6 i 13,98 mg 100 g<sup>-1</sup> zemlje). Po dubini profila zemljišta K<sub>2</sub>O je imao opadajuće vrednosti.



Grafik. 2. Sadržaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O u zemljištu po varijantama na početku i na kraju izvođenja ogleđa  
 Chart 2. Content of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O in the soil by variants at the beginning and the end of the trail

Dosadašnji rezultati proučavanja pokazuju različite potrebe kukuruza za vodom tokom vegetacionog perioda, jer je ispitivan veliki broj hibrida i sorata starije ili novije generacije, različitih dužina vegetacionog perioda, agrotehničkih zahteva, kao i različitih potreba u odnosu na agroekološke uslove. U određivanju optimalnog režima zalivanja putem dinamike vlažnosti zemljišta, mnogi autori su saglasni da je granica predzalivne vlažnosti 60–65% PVK, što je uslovljeno zemljištem i vrstom useva, tako da se optimum može odrediti samo na osnovu konkretnih uslova [2] [5]. U agroekološkim uslovima izvođenja ogleđa vodni režim zemljišta, koji je osnov za realizaciju režima ishrane biljaka, u varijanti 60–65% PVK nije bio povoljan kako za korišćenje unetih hraniva tako i za formiranje prinosa kukuruza. U predhodno pomenutoj varijanti, kao i u prirodnom vodnom režimu, iako je zemljište bilo dobro snabdeveno hranivima, bila je smanjena vlažnost zemljišta, pa samim tim smanjena i brzina usvajanja hranjivih materija od strane biljaka, [9]. Ovo se pre svega odnosi na azot i fosfor, koji direktno utiču na rast i produktivnost kukuruza.

Na svim varijantama unete količine NPK hraniva su bile veće od potrebnih i nakon berbe u trećoj godini izvođenja ogleđa u zemljištu su ostale znatne količine, koje svakako treba imati u vidu pri zasnivanju sledećeg useva (Tab. 5). Rezultati pokazuju da se visoka produkcija biomase kukuruza može održati unošenjem i manjih količine azota na navodnjavanom černozeu, što je pozitivno i sa ekološkog stanovišta i sa aspekta racionalnosti proizvodnje. Međutim, količine treba da su kontrolisane kontinuiranim praćenjem sadržaja NPK hraniva u zemljištu, jer kukuruz iznosi veliki deo, a žetvenim ostacima deo vraća u navodnjavano zemljište. Prema Veskoviću [18], za prinos od 10 t ha<sup>-1</sup> kukuruz prinosom iznese iz zemljišta 226 kg N ha<sup>-1</sup>, 98 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> i 159 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>.

Kad je uključeno dejstvo faktora vode koja je dodata navodnjavanjem, najpovoljniji odnos između zahteva da se održi plodnost zemljišta, kao i da se dobiju ekonomski opravdani prinosi, ne može se ostvariti bez praćenja ne samo sadržaja NPK, već ostalih agrohemisjskih osobina. Za razliku od redovne kontrole sadržaja NPK, ostale agrohemisjske osobine (pH, karbonati, humus i mikro elementi) se povremeno proveravaju, jer su u kraćem vremenskom periodu manje podložne promenama [14].

Tabela 5. Sadržaj N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O u zemljištu na kraju izvođenja oglea (kg ha<sup>-1</sup>)  
 Table 5. Content N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O in the soil by variants on the end of the trail

Dubina Depth (cm)	I			II			III			Kontrola Control variant		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0–20	120	22,8	21,8	112	21,8	23,0	123	28,2	26,6	177	32,0	24,7
20–40	109	12,8	18,9	105	13,3	18,9	102	20,8	23,8	155	24,0	22,2
40–60	86	3,2	11,1	84	2,7	11,6	116	4,1	13,1	97	10,9	17,2
60–80	78	2,7	9,6	70	2,2	8,8	71	3,2	10,8	42	5,3	14,0
80–100	50	2,3	8,5	21	2,1	8,5	64	3,2	10,0	21	3,2	9,6
Prosek Average	89	8,8	14,0	78	8,4	14,2	95	11,9	16,9	98	15,1	17,5

## ZAKLJUČAK

Rezultati proučavanja na černozeu pokazuju da su različite količine prispele vode na površinu zemljišta tokom vegetacionog perioda uticale da se po proučavanim varijantama ostvare veoma značajne razlike prinosa zrna kukuruza. U varijanti sa predzalivnom vlažnošću zemljišta 80–85% PVK ostvarena je najveća prosečna vrednost prinosa zrna 15,08 t ha<sup>-1</sup>. U drugim varijantama utvrđeni su statistički veoma značajno niži prosečni prinosi: 13,55 t ha<sup>-1</sup> (70–75%), 12,54 t ha<sup>-1</sup> (60–65% PVK) i 10,20 t ha<sup>-1</sup> (kontrola). Unete količine NPK hraniva su bile veće od potrebnih i nakon berbe u trećoj godini izvođenja oglea u zemljištu su ostale malo više ne iskorišćene količine N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O na svim varijantama. Najveći sadržaj svih elemenata bio je u prirodnom vodnom režimu i na varijanti 60–65% PVK, a najmanji u zalivnom režimu prema vlažnosti zemljišta 70–75% PVK. Po dubini profila uočljivo je premeštanje azota, kao i zadržavanje nitrata u delu zemljišta 0–40 cm kod svih varijanata, osim u varijanti 60–65 % PVK. Kod ove varijante sadržaj nitrata se povećavao sa dubinom i od ukupnog sadržaja azota na dubini do 100 cm ideo nitrata je bio 86,8%.

## LITERATURA

- [1] Belić, M., Pejić, B., Hadžić, V., Nešić, Lj., Bošnjak, Đ., Sekulić, P., Maksimović, L., Vasin, J., Dozet, D. 2003. Uticaj navodnjavanja na svojstva černoze. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 38, pp. 21–36.
- [2] Bošnjak, Đ. 1999. Kukuruz. *Navodnjavanje poljoprivrednih useva*, Stošić, M, i Stefanović, J., pp. 186–195. Novi Sad, Srbija: Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- [3] Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative andreproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89, pp. 1–6.
- [4] Delibašić, G., Babović M., Jakovljević, D. 2000. Uticaj abiotičkih činilaca na pojavu i razvoj biljnih bolesti. *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik*, 6 (1), pp. 281–290.
- [5] Dragović, S., Maksimović, L., Radojević, V., Cicmil, M. 2006. Navodnjavanje kukuruza. *Navodnjavanje u biljnoj proizvodnji*. Mitrović, M., Beograd, Srbija: Partenon. pp. 133–147.
- [6] Džamić, R., Stevanović D. 2000. Neophodni biogeni elementi u zemljištu. *Agrohemija*. Poljoprivredni fakultet Beograd, Milošević, S., Beograd, Srbija: Partenon. pp. 105–134.
- [7] Gajić, B., Stojanović, S., Pejčković, M., Živković, M., Đurović, N. 1997. Uticaj navodnjavanja na strukturu černoze. *Zbornik radova IX Kongresa Jugoslovenskog društva za proučavanje zemljišta*, Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Novi Sad, Srbija: Mala knjiga, Novi Sad. pp. 45–51.
- [8] Hussain, A., Ghaudhry, R. M., Wajid, A., Ahmed, A., Rafiq, M., Ibrahim, M. and Goheer, R. A. 2004. Influence of water stress on growth, yield and radiation use efficiency of various wheat cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6, pp. 1074–1079.

- [9] Ibrahim, S.A., Kandil, H. 2007. Growth, yield and chemical constituents of corn (*Zea Maize L.*) as affected by nitrogen and phosphorus fertilization under different irrigation intervals. *Journal of Applied Sciences Research*, 3 (10), pp. 1112–1120.
- [10] Kresović, B., Dumanović, Z., Vasić G. 1993. The Effect of Irrigation, Amount and Time of Application of N on Maize Yield. *Acta Biologica Jugoslavica, Zemljište i biljka*, 42 (3), pp. 213–219.
- [11] Manojlović, S. 1988. Aktuelni problemi upotrebe đubriva sa posebnim osvrtom na mogućnost zagađivanja zemljišta i predlozi za njihovo rešavanje kroz uvođenje i funkcionisanje kontrole plodnosti zemljišta i upotrebe đubriva. *Agrohemija (Yugoslavia)*, 5–6, pp. 393–442.
- [12] Paolo, E. D., Rinaldi, M. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 105, pp. 202–210.
- [13] Pejić, B. 2000. *Evapotranspiracija i morfološke karakteristike kukuruza u zavisnosti od dubine navlaženog zemljišta i njihov odnos prema prinosu*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- [14] Silveira, M. J., Vendramini, M.B., Sollenberger, L.E. 2010. Phosphorus management and water quality problems in grazingland eco systems. *International Journal of Agronomy*, 2010, ID 517603, pp. 8. Dostupno na: <http://www.hindawi.com/journals/ija/2010/517603/> [datum pristupa: oktobar, 2012].
- [15] Tapanarova, A. 2011. *Produkcija biomase kukuruza i soje na černozeu u uslovima različite vlažnosti zemljišta*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- [16] Vasić, G., Tolimir, M., Kresović B. 1997. Uticaj višegodišnjeg đubrenja kalijumom na prinos kukuruza u uslovima navodnjavanja. *Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta*. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta (ed), pp. 279–285. Novi Sad, Srbija: Stylos Novi Sad.
- [17] Vasić, G., Kresović, B., Tolimir, M. 1998. Effect of longterm phosphorous fertilisers on grain yield of maize grown under irrigation conditions. *16th World Congress of Soil Science*, I (14), pp.1–7. Dostupno na: <http://natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/en/symt14.htm> [datum pristupa: oktobar, 2012].
- [18] Vesković, M. 1989. *Bilans organske materije u zemljištu i prinos kukuruza na černozeu Zemun Polja pri različitim sistemima đubrenja*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.

# TRŽIŠTE POLJOPRIVREDNIH MAŠINA U EVROPSKOJ UNIJI I MAĐARSKOJ - AKTUELNA SITUACIJA I TRENDOVI U PERIODU 2011. - 2012. GODINA

László Magó<sup>1</sup>, Mićo V. Oljača<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Szent István Univerzitet, Mašinski fakultet, Institut za inženjerski menadžment, H-2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Mađarska*

<sup>2</sup> *Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Beograd*

**Sažetak:** Posle velikog pada 2009. godine, proizvodnja poljoprivrednih mašina u Svetu, veoma brzo i značajno se poboljšala. U 2011. godini promet poljoprivrednih mašina je iznosio 80 milijardi EUR-a. Evropska Unija danas je najznačajniji faktor u prometu poljoprivrednih mašina u Svetu, uprkos činjenici da se poslednjih pet godina njen udeo smanjivao, i danas je samo 1/3 od ranijih godina. To je zbog porasta proizvodnje u Kini, jer i pre deset godina, Kina je imala 10 % od svetkog proizvoda poljoprivrednih mašina, a danas je to približno 15-20%.

Proгноza je da će globalna proizvodnja poljoprivrednih mašina biti povećana u narednom periodu za 7%. U Evropi i u Severnoj Americi može se očekivati porast od oko 5%. Istočno Evropski region i Kina može da očekuje veći deo globalnog porasta, zbog postepenog premeštanja proizvodnje poljoprivrednih mašina iz Zapadne Evrope i iz Severne Amerike.

U 2011. godini ostvareni dohodci mađarskih poljoprivrednika značajno su bili poboljšani. Pored ovog, 2011. godine subvencije Evropske Unije za poljoprivredu u forintama povećane su 15%. Sve ovo je imalo dobar uticaj i na potražnju i kupovinu poljoprivrednih mašina. Uvoz poljoprivrednih mašina u Mađarsku povećao se za 2/3 i dostigao je skoro 300 miliona EUR-a. Ovo povećanje potražnje poljoprivrednih mašina, je bilo naročito vidljivo u oblasti traktora, i kod silo i žitnih kombajna.

**Ključne reči:** *poljoprivredne mašine, promet, proizvodnja, kupovina, potrebe.*

## AGRICULTURAL MACHINES MARKET IN EU AND HUNGARY - ACTUAL SITUATION AND TRENDS IN PERIOD 2011-2012.

László Magó<sup>1</sup>, Mićo V. Oljača<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Szent István University, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Engineering Management, H-2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Hungary*

<sup>2</sup> *University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Belgrade, Republic of Serbia*

**Summary:** After the damper in 2009, the production and trade of agricultural machinery recovered quickly. Turnover amounting to €80 billion was generated in 2011. This was an increase of 18% compared to the previous year.

The European Union is the largest location in terms of turnover value. However, its share has decreased steadily in the past few years and is currently about one third. The main reason for this is growth of China's production. Five years ago, it did not even represent 10% of the worldwide volume but is currently already between 15 and 20%.

Global production will grow by 7%. Growth of about 5% is predicted for Europe and North America, the traditional locations for machine construction, while the relocation of manufacturing plants to emerging economies and the growth of the national industries in those countries will lead to slightly higher growth in these regions – particularly in China and Eastern Europe.

The income situation of the Hungarian farms improved year 2011. In addition, government subsidies increased by about 15%. This also had an effect on investments in agricultural machinery. Hungarian imports of agricultural machinery increased by 66% compared to 2010, reaching €300 million. Growth on the area of tractor and harvesting equipment markets was high.

**Key words:** *agricultural machinery, traffic, production, buying, needs.*

## UVOD

Proizvodnja poljoprivrednih mašina u Evropskoj Uniji u 2011 god., iznosila je u finasijskom obimu približno 26 milijardi EUR-a. U Nemačkoj vrednost proizvedenih mašina povećana je na 7 milijardi EUR-a, što je 27% više od predhodne 2010 godine. Nemačka i dalje ostaje najveći proizvođač poljoprivrednih mašina i opreme u Evropi. Generalno, obim proizvodnje poljoprivrednih mašina povećan je u EU za 20% u 2011. godini. Tako iz celokupne proizvodnje poljoprivrednih mašina u Evropi po vrednosti Nemačkoj pripada: 27%, Italiji 18% Francuskoj 14% , a Mađarskoj pripada samo 1,4%. Navedene tri najvažnije države zajedno imaju 59 % proizvodnje poljoprivrednih mašina EU, gde od 27 članica, 16 država nema značajnih kapaciteta za proizvodnju poljoprivrednih mašina, i takve države uglavnom su uvoznici. Od novih EU država značajnu proizvodnju poljoprivrednih mašina ima samo Poljska, Češka Republika i Mađarska. Udeo mađarske proizvodnje poljoprivrednih mašina iz Evropske Unije je samo 1,4%, a iz proizvodnje novo učlanjenih 15 EU država je oko 18%. Tokom zadnjih tri godine sa 515 na 317 miliona EUR se smanjio izvoz mađarske industrije poljoprivrednih mašina. Treba navesti, i to, da posle tranzicije u 2008. godini u Mađarskoj je proizvedeno najviše mašina. Od navedenih EU zemalja samo Mađarska je danas neto uvoznik poljoprivrednih mašina. Izvoz se sastoji uglavnom iz nefinalnih kompletnih proizvoda- mašina, nego iz delova i komponenata mašina i hedera kombajna.

Navedeno povećanje u prodaji poljoprivrednih mašina u Nemačkoj izazvano je uglavnom zbog velike potražnje silo kombajna, žitnih kombajna i mašina za ubiranje krmnih i industrijskih biljaka. Za zadnje dve grupe mašina 2011. godina, bila je period preporoda i povećanje proizvodnji mašina. Obim proizvodnje se povećao u Nemačkoj i dostigao je 60.600 komada traktora.

Tab. 1. Poljoprivredne mašine proizvedene u Nemačkoj, VDMA, 2011 .

Broj mašina \ godina	2009	2010	2011
Žitni Kombajni	6.608	5.460	8.026
Silo-kombajni	1.876	1.890	2.548
Mašine za ubiranje krmnih biljaka	14.349	14.737	18.474
Prevrtači sena i trave	16.600	15.453	19.039
Prese za baliranje	4.807	5.474	6.548
Plugovi	4.934	3.739	4.610
Mašine za setvu	8.183	7.125	9.465
Prskalice	3.045	2.982	3.450

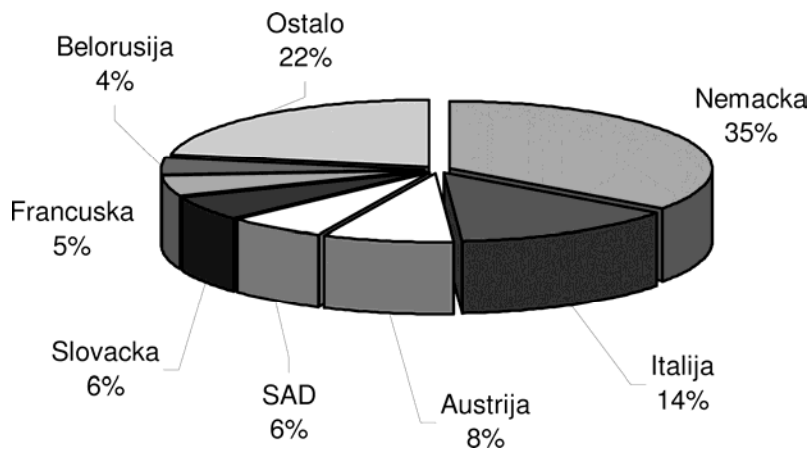
Prema očekivanju Nemačkog Saveza proizvođača mašina, u 2012 godini za 5% biće povećana proizvodnja poljoprivrednih mašina, i dostiće vrednost od 7,3 milijardi EURa. U prvom kvartalu 2012. godine, već je ostvareno 2,2 milijardi, što je rekordan iznos. Sve ovo je ostvareno pored 93% iskorišćenosti kapaciteta proizvodnje mašina. Veći porast proizvodnje od navedenog, ne treba očekivati, jer u zadnjim mesecima potražnja je malo opala, ili je stagnirala.

### Mađarska

Opšta ekonomska kriza u Svetu i EU ima uticaj i na mađarsku poljoprivredu. U Mađarskoj ima dosta malih, i porodičnih imanja. (U Mađarskoj, porodično gazdinstvo je pravni izraz (definicija) za poljoprivredno gazdinstvo koje je u vlasništvu jedne familije, i ima najviše 600 ha zemljišta, gde kompletna porodica radi u poljoprivredi.)

Ali u poslednje vreme može se primetiti promena u veličini poseda, uprkos tome prosečna veličina gazdinstva je oko 9 ha. Glavni poljoprivredni proizvodi su: kukuruz, žito, suncokret, uljana repica, šećerna repa, meso, i mleko.

U 2011. godini ostvareni dohodci poljoprivrednika značajno su bili poboljšani. Posle nižih prihoda u 2010. godine, u 2011., skoro za 25% su povećani dohodci. Pored ovog, 2011. godine subvencije Evropske Unije za poljoprivredu u forintama, povećane su 15%. Na ovaj način, poslovni index mađarske poljoprivrede je povećan na rekordni nivo. A sve ovo imalo je dobar uticaj i na potražnju, pa se uvoz poljoprivrednih mašina u Mađarsku povećao za 2/3 i dostigao skoro 300 miliona EURa. Ovo povećanje potražnje poljoprivrednih mašina, je bilo naročito vidljivo u oblasti traktora, i kod silo i žitnih kombajna. Važno je navesti (Graf.1.), da se preko 90% poljoprivrednih mašina uvozi u Mađarsku.



Grafik 1. Uvoz poljoprivrednih mašina u Mađarsku za period 2009-2011. godine  
(Izvor: Statistički Zavod Mađarske)

Treba napomenuti da u 2008. i 2009 godini, kad su bile značajne subvencije za kupovinu poljoprivrednih mašina, poljoprivredni sektor (uglavnom sve je privatizovano) je imao značajnu investiciju u pogledu nabavki mašina, što je skoro bilo iznad mogućnosti ovog sektora. Posle, kad su subvencije nestale u 2010 godini, prodaja mašina je opala na 1/3. Sa ovakvog niskog nivoa u 2010. godini, veliko poboljšanje u prodaju mašina se ostvarilo u 2011. god. Sve ovo je zaista značajno i ostvarilo se bez subvencija države. Danas, 2012. godine, trenutno, subvenciju dobijaju samo za neke mašine za povrtarstvo,

vinogradarstvo i mašine za ekološku proizvodnju (npr. sektori koji mogu uposliti više radne snage). Trenutno posle pozitivnih očekivanja u 2011 godini, poslovni index (kompleksni ekonomski pokazatelj koji pokazuje kako se osećaju, šta očekuju, kako planiraju poljoprivrednici) mađarske poljoprivrede pomalo se smirio. Opšta ekonomska situacije je ipak teška. A poljoprivrednici se uskoro ne nadaju objavi novih konkursa za značajne subvencije iz EU ili države Mađarske.

2012. godine, prvo jaka zima, a zatim i dugotrajna suša, dovode do 50-70% pada prinosa poljoprivrednih kultura. Posledica ovog stanja, je, tržište poljoprivrednih mašina u 2012. god., приметно stagnira.

## **STANJE DISTRIBUCIJE POLJOPRIVREDNIH MAŠINA U MAĐARSKOJ ZA 2012. GODINU**

Prema podacima Istraživačkog Instituta za poljoprivredu Ekonomiju u Budimpešti, u prvom kvartalu 2012. godine, za 42% je povećana investicija za nabavku poljoprivrednih mašina u Mađarskoj. U drugom kvartalu, ovaj broj smanjen za oko 30%. (Tab.2.). Potražnja za traktorima povećana je za 10 %, a potražnja za kombajnima se povećava za 17%. Ukupno je prodato 429 traktora u prvom kvartalu 2012. godine, sa 38 komada više nego u prvom kvartalu 2011. godine. Mnogo govori o slabim ekonomskim mogućnostima mađarskih poljoprivrednika, i u opštem stanju u poljoprivredi, podatak prema kome je skoro polovina novo kupljenih traktora (niža cena) proizvedena u istočnoj Evropi.

Broj prodatih kombajna u prvom kvartalu je bio 28. Prema navedenim podacima i brojevima (Tabela 2.) vidi se da je prodaja poljoprivrednih mašina u porastu, ali rekordni broj prodatih mašina iz perioda 2008-2009, neće biti dostignut.

Tabela 2. Iznos vrednosti porodatih poljoprivrednih mašina u Mađarskoj, (Izvor: AKI)

Prodaja poljoprivrednih mašina (milion EURa)					
Godina \ Kvartal	I. kvartal	II. kvartal	III. kvartal	IV. kvartal	Ukupno
2008	78,828	128,147	117,046	73,772	397,793
2009	55,246	106,909	126,958	189,158	478,271
2010	21,719	41,516	43,312	43,846	150,393
2011	44,660	67,228	67,221	96,488	275,597
2012	63,305	87,719			(151,024)

## **TRŽIŠTE TRAKTORA I ŽETVENIH MAŠINA U EVROPI**

### **Tržište traktora**

Na tržištu traktora u Zapadnoj Evropi posle slabe sezone 2009- 2010. godine, može se primetiti u 2011 godini, lagani oporavak i poboljšanje. Sve ovo je rezultat porasta potražnje u Nemačkoj i u Francuskoj, koji imaju najveće tržište traktora u Evropi. Najveći deo od 159.000 traktora, koji je registrovan broj u prodaji (pušten u promet) dolazi iz ove dve države, i iznosi 45% zauzetosti tržišta EU (pre toga, u 2011. godini, to je bilo 41%).

Snaga motora prodatih traktora varira se u zavisnosti od strukture poljoprivrede različitih zemalja. Tako udeo prodatih traktora koji imaju više od 120 kW, je u: Italiji 8%, Francuskoj 20%, Velikoj Britaniji 31%.

Navedenih godina trend prodaje je jednostavan, poboljšanje je vidljivo samo kod traktora većih snaga motora, jer se kod ovih teških kategorija može primetiti inovacija sa iskorišćenjem vučne sile, mogućnost veće/raličitog opsega radnih brzina, veći kapacitet, i brzo kretanje na putevima (npr traktori fast track).



Broj traktora, koji su pušteni u prodaju u prvom delu 2012 godine, je sličan kao prethodne 2011. godine, samo kod Skandinavskih država, a u Južnoj Evropi je došlo da slabijeg opadanja u prodaji. U Nemačkoj 2012. godine kod kompakt-traktora za rad u vinogradima, može se primetiti pad u potražnji. Proizvođači u Nemačkoj, očekuju smanjenje u prodaji posle rekordne 2011. godine, ali ovo opadanje neće biti značajano, jer mnogo narudžbi na tržištu od prošle 2011. godine, realizuje se u 2012. godini. Ovo je potvrđeno, jer prema statističkim podacima, broj registrovanih traktora u prvom kvartalu 2012. godine, za 11% je veći nego u 2011. godini

Tabela 3.: Broj prodatih i registrovanih traktora u Zapadnoj Evropi,  
Izvor: CEMA Statistical Group, VDMA, Federatie Agrotechniek

	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Francuska</b>	35083	40716	36800	29123	35409
<b>Nemačka</b>	28451	31250	29464	28587	35977
<b>Italija</b>	26836	27264	27057	23323	23429
<b>Velika Britanija</b>	17089	18564	16326	14486	15217
<b>Španija</b>	17250	15826	11796	10547	10002
<b>Austrija</b>	7558	7722	7735	7921	7766
<b>Finska</b>	4245	4491	4036	4292	4561
<b>Švedska</b>	4634	4462	3609	4098	4877
<b>Portugal</b>	4199	4129	2983	3583	3186
<b>Belgija</b>	3472	3897	2909	2858	3281
<b>Holandija</b>	4568	4520	2782	2733	3682
<b>Švajcarska</b>	2591	2590	2653	2746	3083
<b>Norveška</b>	4187	3708	2631	3232	3829
<b>Danska</b>	3961	3427	1878	1791	2286
<b>Irska</b>	5029	4531	1748	1315	1543
<b>Grčka</b>	3002	2610	745	525	496
<b>Luxemburg</b>	224	206	197	263	234
<b>Island</b>	368	133	29	31	49
<b>Ukupno</b>	<b>172747</b>	<b>180046</b>	<b>155378</b>	<b>141454</b>	<b>158907</b>

Tabela 4.. Prodaja poljoprivrednih mašina u Nemačkoj, (EURa),  
Izvor: VDMA, F.German Statistic Agency

Grupa mašina \ Godina	2009	2010	2011
Traktori	1342492	1345117	1698747
Mašine za obradu zemljišta	184740	171295	198681
Mašine za setvu i prskalice	178910	170170	197132
Mašine za berbu	712737	587735	758290
Mašine i oprema u stočarstvu	194081	210499	258657
Stacionarne mašine za transport	49435	53396	65114
Pokretne mašine za transport: kamioni, prikolice, itd.	46258	54110	68049
Ostale mašine	1225645	1275291	1513496
<b>UKUPNO</b>	<b>3951711</b>	<b>3867613</b>	<b>4758166</b>

### Tržište žitnih kombajna

Posle stagniranja u 2011 god., tržište žitnih kombajna povećano je za 5% u Zapadnoj Evropi, i prodato je 6850 komada kombajna, što predstavlja i višegodišnji trend. Dva najznačajnija tržišta su nemačko i francusko, gde je prodato preko 2000 kombajna. Ove količine su prosečne uprkos tome, da su poljoprivrednici u Zapadnoj Evropi u 2011 godini imali manje količine/iznose prihoda, pored povećane cene poljoprivrednih proizvoda. U Svetu porast prodaje kombajna je bio značajniji, i evropski proizvođači su ostvarili najveći uspeh svih vremena sa prodajom 38.240 komada kombajna. Može se konstatovati, da je Zapadno-Evropsko tržište prodaje kombajna, danas stabilno.

Tabela 5. Prodaja kombajna u Svetu (kom) (Izvor: VDMA)

Region (kom.)	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Svet</b>	26.500	37.860	34.750	34.960	38.240
<b>Zapadna Evropa</b>	6.770	8.890	7.980	5.580	6.850
<b>Severna i južna Amerika</b>	13.500	17.400	16.700	19.700	19.640
<b>Argentina</b>	2.415	2.295	724	1.685	1.409
<b>Australija</b>	371	538		703	1.125
<b>Belgija</b>	90	128	81	53	91
<b>Brazila</b>	2.347	4.458	3.817	4.549	5.338
<b>Bugarska</b>		299	339	241	289
<b>Kina*</b>		45.000	60.000	80.000	85.000
<b>Danska</b>	352	360	350	240	203
<b>Nemačka</b>	1.937	2.365	2.324	1.457	2.015
<b>Estonija</b>	84	141	66	49	66
<b>Finska</b>	320	450	310	200	240
<b>Francuska</b>	1.968	2.671	2.455	1.637	2.008
<b>Velika Britanija</b>	730	1.065	945	825	1.005
<b>Indija</b>					750
<b>Irska</b>	50	80	20	20	30
<b>Italija</b>	470	631	510	443	410
<b>Japan</b>		793	1.374	524	653
<b>Kanada</b>	1.661	2.208	2.575	2.710	2.915
<b>Kazahstan</b>	1.605	1.700	800	400	600
<b>Litvanija</b>	98	152	196		287
<b>Meksiko</b>	70	144			
<b>Holandska</b>	35	100	65	45	
<b>Austrija</b>	142	154	196	157	165
<b>Rusija</b>	7.349	8.943	5.405	4.054	4.256
<b>Švedska</b>	147	256	244	161	204
<b>Švajcarska</b>	49	41	40	42	
<b>Španija</b>	387	463	384	336	366
<b>Južno Afrička Republika</b>	160	341	275	188	260
<b>Južna-Koreja</b>			4.495	4.171	4.500
<b>Češka republika</b>	221	284	171	136	194
<b>Turka</b>	470	368	281	555	780
<b>Ukrajina</b>	1.320	3.610	1.677	1.499	2.027
<b>Madarska</b>	403	400	100	120	180
<b>SAD</b>	7.104	8.463	9.747	10.708	9.921

\* kombajni za pirinač;

Tabela 6.: Broj proizvedenih kombajna u Svetu (Izvor: VDMA)

Država/Proizvođač	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Argentina</b>	558	372	226	441	468
<b>Brazil</b>	5.148	8.407	4.503	7.007	7.566
<b>Nemačka</b>	6.994	10.692	6.608	5.460	8.026
<b>Finska - SAMPO</b>		400		650	680
<b>Italija - LAVERDA</b>	800	1.040	742	920	1.200
<b>Hrvatska - SAME-DEUTZ-FAHR</b>	222	364	238	143	400
<b>Poljska - CNH</b>	1.000	1.400	780	1.600	1.800
<b>Rusija - zajedno</b>	8.202	7.856	6.789	4.288	6.279
<b>CLAAS</b>	328	461	541	70	365
<b>CNH</b>				68	167
<b>JOHN DEERE</b>					81
<b>Domaći brendovi</b>	7.874	7.395	6.248	4.150	5.666
<b>USA - zajedno</b>	8.500	9.500	9.200	10.995	12.050
<b>AGCO</b>	645	860	950	1.055	1.185
<b>JOHN DEERE</b>	4.855	5.275	4.995	6.430	6.830
<b>CLAAS</b>	250	310	305	315	310
<b>CNH (NEW HOLLAND)</b>	2.750	3.055	2.950	3.195	3.725
<b>Belorusija</b>	1.643	2.821	1.584	2.035	1.900

## Prodaja silo-kombajna

Broj prodatih samohodnih silo-kombajna u Svetu iznosila je 2640 komada u 2011 god., a 1/4 od ovog broja je prodana na tržištu u Nemačkoj. Tako je ovo tržište zadržalo prednost ispred S.A.D. koje su imale prodatih oko 700 silo-kombajna.

Proizvodnja i povećanje količina biogasa se nastavlja, pa se zbog toga prodaja silo-kombajna poboljšava, i to, za redom 8 godina.

Pored toga proizvodnja količina biomase za energetske svrhe se takođe povećava, stabilizujući na ovakav način evropsko tržište prodaje silo-kombajna.

Tabela 7. Prodaja silo-kombajna u Svetu (kom.) (Izvor: VDMA)

Region (kom.)	2007	2008	2009	2010	2011
Svet zajedno (Zapadni brendovi)	2.320	2.880	2.180	2.330	2.640
Zapadna-Evropa	1.220	1.140	1.260	1.340	1.450
Belgija	45	65	50	59	31
Nemačka	499	524	456	608	695
Francuska	303	366	313	240	296
Velika Britanija	110	140	150	180	155
Italija	90	85	80	78	
Holandija	65	80	50	40	
Austrija	40		21	36	
Rusija (domaći brendovi)	1.461	1.656	952	869	1.396
Švajcarska		11	11	16	
Švedska		17	9	11	17
Španija	30	23	23	20	23
SAD	550	550			

## ZAKLJUČAK

Evropska Unija je najznačajnija u prometu poljoprivrednih mašina na Svetu, uprkos tome da se zadnjih pet godina njen udeo u prodaji mašina smanjuje, i danas je samo 1/3 od ranijih situacija. To je zbog porasta proizvodnje poljoprivrednih mašina u Kini. Pre deset godina, Kina je imala samo 10 % od svetkog proizvoda poljoprivrednih mašina, a danas je ovaj udeo dostigao vrednost 15-20%.

Prema prognozama VDMA-a globalna proizvodnja poljoprivrednih mašina će povećati za 7 %, i dostići 86 milijardi EURa, što je novi rekord u odnosu na današnju situaciju. U Evropi i Severnoj Americi može se očekivati porast od oko 5 %. Istočno Evropski region i Kina može da očekuje veću porast od navedene vrednosti, zbog postepenog premeštanja proizvodnje poljoprivrednih mašina iz regiona Zapadne Evrope i Severne Amerike, i zbog porasta proizvodnje Kineske industrije.

Generalno, osnova dobre ekonomske situacije industrije poljoprivrednog mašinstva u Svetu, i takođe u Mađarskoj, u krajnjem slučaju, dovode i do povećanih prihoda poljoprivrednika.

## LITERATURA

- [1] Bojtárné, L.M., (editor). 2012. *Mezőgazdasági gépforgalmazásunk piaci helyzete*. Agrárgazdasági Figyelő. Agrárgazdasági Kutató Intézet, 2012. Vol. 4. N<sup>o</sup>2.
- [2] Hajdú, J., Magó, L. 2003. *Характеристика рынка венгерских сельскохозяйственных машин. Техніко-технологічні аспекти розвитку та виробування нової техніки і технологій для сільськогосподарства України, Дослідницьке-Україне, 2003. Vol. 20. N<sup>o</sup>1. p. 169-173.*
- [3] Hajdú, J., Magó, L., 2008. *Mechanization of the Hungarian Agriculture in Present Days*. Proceedings of the 36th International Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering", Opatica, Croatia, 11-15. February 2008. Proc. p. 567-575.

- [4] Magó, L., 2010. *Razmatranje prometa poljoprivrednih mašina Mađarske na osnovu iskustava protekle decenije - The Overview of the Hungary Agricultural Machine Distribution based on the Experiences of the Past Decade*, Journal of Scientific Society of Power Machines, Tractors and Maintenance, Tractors and Power Machines, Novi Sad, Serbia. Vol. 15. N<sup>o</sup>4., p. 59-64.
- [5] Magó, L., 2011. *Agricultural Machine Distribution in the Hungary in Past Ten Years*. Scientific Journal Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun, Serbia, 2011. Vol. 36. N<sup>o</sup>4., p. 77-82.
- [6] VDMA – *Agricultural Machinery Report 2012*.
- [7] VDMA – *Erntemaschinenbericht 2012*.

# PROIZVODNJA I SKLADIŠTENJE KROMPIRA ZA FRESH MARKET

Marković Dragan, Marković Ivana, Simonović Vojislav\*

*Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*

**Sažetak:** Uslovi skladištenja svežih proizvoda utiču na konačan kvalitet koji zavisi od izabrane sorte prema krajnjoj upotrebnoj nameni. Sorta i skladišni period su faktori koji utiču na mehaničke osobine krompira. Cilj istraživanja je bio da se proceni odnos sorte i efekata dužine skladištenja u odnosu na fizičko-mehanička svojstva krompira. Visina temperature i vreme koje prođe od berbe do skladištenja u direktnoj su vezi sa vremenom uspešnog čuvanja. Pri najpovoljnijim uslovima čuvanja krtole gube od 8-10% od svoje težine. U nepovoljnim uslovima gubici mogu da se povećaju i na 50%.

**Ključne reči:** *krompir, skladištenje, fresh market.*

# PRODUCTION AND STORAGE OF POTATO FOR FRESH MARKET

Marković Dragan, Marković Ivana, Simonović Vojislav\*

*University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade*

**Abstract:** Requirements for storage of fresh produce affect the final quality of which depends on the cultivar selected to the final destination of usability. Cultivar and storage period are the factors that affect the mechanical properties of potatoes. The aim of this study was to evaluate the relationship of the variety and length of storage effects in relation to the physical and mechanical properties of potatoes. Elevation of temperature and the time that passes between harvest and storage are directly related to the times of successful preservation. In the best conditions of storage tubers lose 8-10% of their weight, losses in adverse conditions can be increased to 50%. What continues to be a challenging task for Serbian agriculture for creating a favorable position for an equal entry to compete in the international market.

**Key words:** *potato, storage, fresh market*

## UVOD

Sveže voće i povrće predstavlja najvažniji izvor vitamina i minerala u zdravoj ishrani. Jedna od najznačajnijih povrtarskih kultura je krompir (*Solanum tuberosum*) i predstavlja četvrtu najvažniju poljoprivrednu kulturu u svetu i deo je svakodnevne ishrane u mnogim zemljama a sama proizvodnja beleži rast na svetskom nivou. Današnji svetski lider u proizvodnji je Kina sa 74.799.084 t u 2010, dok Srbija u Evropi se nalazi tek na 37 mestu sa 887.363 t u 2010 a u svetu nije ni među prvih 50 zemalja [11].

---

\* - Kraljice Marije 16, 11000 Beograd, dmarkovic@mas.bg.ac.rs

-Rezultati istraživanja su deo projekta Ministarstva za nauku i obrazovanje, program Tehnološki razvoj, pod nazivom „Istraživanje i razvoj opreme i sistema za industrijsku proizvodnju, skladištenje i preradu povrća i voća“, broj TR 35043.

Snabdevanje tržišta svežim povrćem je vrlo složeno i zahteva dosta znanja i primenu određenih metoda, pošto je krompir vrlo podložan promenama izazvanim kako spoljašnjim tako i unutrašnjim faktorima. Smatra se da u razvijenim zemljama oko 25%, a u ostalim i do 50% svežeg povrća, zavisno od vrste, propadne usled loših uslova posle berbe. Uspešno poslovanje u poljoprivrednoj proizvodnji, moguće je samo uz pažljivo planiranje i precizno izvođenje složenih tehničko-tehnoloških procesa na kojima se savremena biljna proizvodnja zasniva i što tačnijem predviđanju ishoda iste [28].

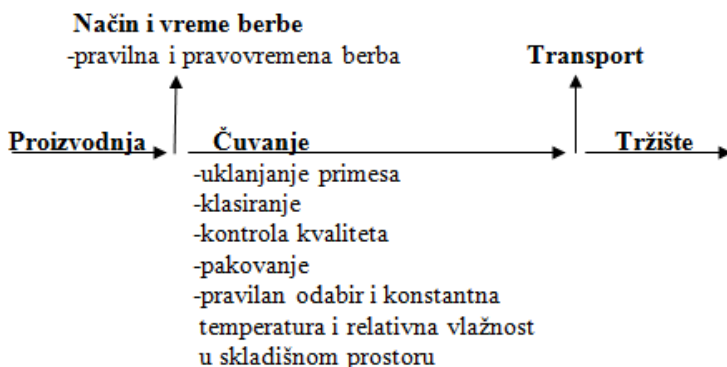
Danas postoji veliki broj sorti krompira dostupni u marketima i mnoge od njih su klasifikovane na osnovu ukusa, izgleda i upotrebne namene. Takođe, njihova cena zavisi od pomenutih karakteristika. Bezbednost hrane predstavlja veliki problem u trgovini svežim prehrambenim proizvoda u odnosu na druge vrste poljoprivrednih proizvoda [37], jer se proizvodi kao takvi transportuju i njima se rukuje u svežem obliku tokom celog lanca prerade i distribucije što dovodi u pitanje bezbednost i ukupan kvalitet proizvoda [39] i samim tim se nameću veći zahtevi za osiguranje kvaliteta proizvoda. Prema sadašnjem zakonodavstvu EU, postoje uslovi i preporuke za veleprodaju i maloprodaju u označavanju sorti krompira [40], a sve to u cilju zaštite potrošača i same kontrole kvaliteta proizvoda.

Kao problem se javlja i to što distribuirivni lanaci retko kad imaju kapacitete da skladište svaki proizvod pod idealnim uslovima tj. na odgovarajućoj temperaturi i relativnoj vlažnosti vazduha [32]. Krompir se uobičajeno čuva u rashladnim skladištima do trenutka distribucije u markete. Zbog toga je veoma važno da se utvrdi kako skladištenja može da modifikuje ili očuva fizičko-mehaničke osobine.

## MATERIJAL I METODE RADA

Kvalitet hrane je danas glavni kriterijum za izbor tehnologije i opreme za njenu preradu [27]. Opšte se smatra da 80% kvaliteta ubranog voća i povrća je definisano pre no što je usev odnesen sa njive, a samo 20% kvaliteta je pod uticajem posleubirajućih fakotra [14]. U komercijalnom rukovanju svežim prehrambenim proizvodima, rok trajanja se razlikuje od laboratorijskih studija.

Na slici 1., je prikazana šema prerade krompira za fresh market i osnovni činioci koji utiču na kvalitet krajnjeg proizvoda.



Slika. 1 Šema prerade krompira namenjenog za fresh market  
Figure 1. Potato processing scheme intended for fresh market

Berba mora da bude pravilna i pravovremena jer kašnjenje znači smanjenje prinosa i kvaliteta. Razlikuje se tehnološka i fiziološka zrelost. Fiziološka zrelost se postiže kada je postignut konačan razvoj ploda a to može slediti proces dozrevanja kojim se postiže

tehnološka zrelost koju zahteva tržište. Problemi koji se javljaju kod skladištenja krompira kao svežeg proizvoda su sledeći: gubitak težine, vlaženje tj. znojenje, kaliranje i prerano klijanje. Da bi se umanjili ili izbegli ovi posleubirajući efekti, proizvođači i prerađivači koriste hemijske tretmane kako bi očuvali izgled ili poboljšali izgled, kvalitet i da bi produžili rok trajanja proizvoda. Voće i povrće kojima se trguje širom sveta i lista pesticida koji mogu biti primenjeni na poljoprivrednu proizvodnju je uglavnom nepoznat [35].

Hemijske i strukturne osobine biljnih delova kao i u svim hortikulturnim proizvodima, utiču na kvalitet krtola krompira. U tabeli 1., je prikazan hemijski sastav krtola krompira. Hemijski sastav krtola zavisi od sorte i primenjene agrotehnike: preko 80% suve materije krtole predstavljaju ugljeni hidrati, a skrob predstavlja blizu 90% ugljenih hidrata. Vitamin C, B, E, K, kao i mnogi mikro i makro elementi, važan su sastojak krtola.

Postoji dosta istraživanja na temu fizičko-mehanička evolucija tkiva tokom skladištenja hortikulturnih proizvoda proizvedenih za sveže tržište (posebno jabuka), a najviše radova vezano za krompir su studije koje su vezane za krompir koji je namenjen za preradu. Istraživane su uglavnom promene mehaničkih osobina krompira namenjenog za kuvanje i prženje [25, 2, 1, 5], ali se malo zna o efektima perioda skladištenja na sam kvalitet krtola [6], posebno kada je u pitanju čuvanje na duži period. Sorta i period skladištenja utiču i na nivo isparavanja i disanja krtola i stoga utiču na svojstva tkiva i krajnji kvalitet proizvoda [30]. Promena mehaničkih osobina skladištenih krtola krompira uglavnom se određuje prema fizioloških promena koje uključuju strukturne komponente tkiva (ćelijski zid, srednja lamela) u odnosu na gubitak od isparavanja ćelijske vode i proizvodnje ćelijske vode od disanja [6, 13, 3]

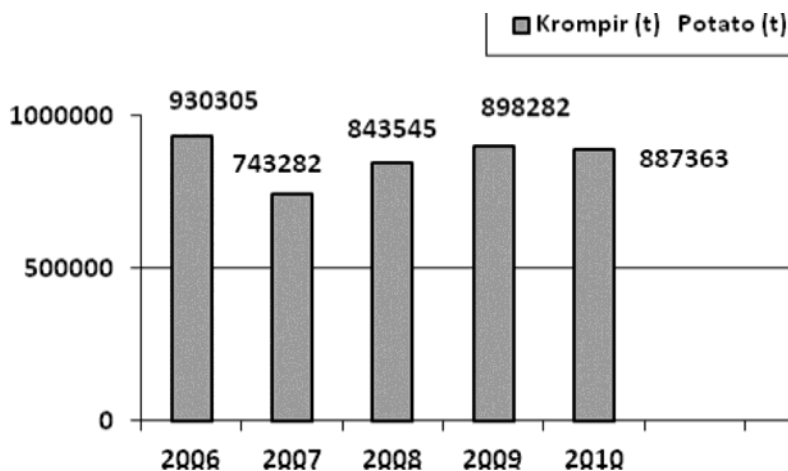
Tabela 1. Hemijski sastav krtola krompira [21]  
Table 1. The chemical composition of potato tubers [21]

Komponenta <i>Component</i>	Prosek (%) <i>Average (%)</i>	Raspon (%) <i>Range (%)</i>
Voda <i>Water</i>	76,3	63,2-86,9
Suva materija <i>Dry matter content</i>	23,7	13,2-36,8
Ugljeni hidrati <i>Carbohydrates</i>	18,0	13,0-30,0
Skrob <i>Starch</i>	17,5	8,0-29,4
Ukupni šećeri <i>Total sugar</i>	0,5	u tragu-8,0
Proteini <i>Proteins</i>	2,0	0,7-4,6
Vlakna <i>Fibers</i>	0,7	0,2-3,5
Masti <i>Fat</i>	0,1	0,04-0,96
Pepeo <i>Ash</i>	0,1	0,4-1,9

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Kvalitet krompira varira u odnosu na faktore kao što su klima, uslovi rasta, sorta i zrelost žetve i metod berbe [4] i hladno skladištenje uvodi dodatne varijabilnosti [7]. Često se krompir puni u skladištene kutije na samom polju pomoću koša na samom beraču (indirektno box punjenje), jer ovom vrstom punjenja dolazi do većeg raspada grudvi zemlje i do uniformnosti distribucije stranog materijala i samim tim se olakšava čišćenje krtola [17]. Mirovanje krompira traje 2–5 meseci, a zavisi pre svega od sorte. Trajanje

prisilnog mirovanja zavisi od režima skladištenja i primenjenih sredstava protiv klijanja. Optimalna temperatura čuvanja krompira u svežem stanju za stalnu ishranu iznosi 5 do 7°C a vlažnost vazduha 92-95% [26]. Prosečni specifični toplotni kapacitet krtola do tačke smrzavanja je 3,60 kJ/kg K. Tačka smrzavanja u zavisnosti od sadržaja suve materije je od -0,6 do -1,7°C. Toplota disanja uglavnom zavisi od temperature. Prosečna toplota disanja na 5°C je oko 1.560 kJ/tdan (18,2 W/t), na 7°C je oko 1.750 (20,4 W/t), a na 10°C je oko 2.000 kJ/tdan (23,3 W/t) [22].

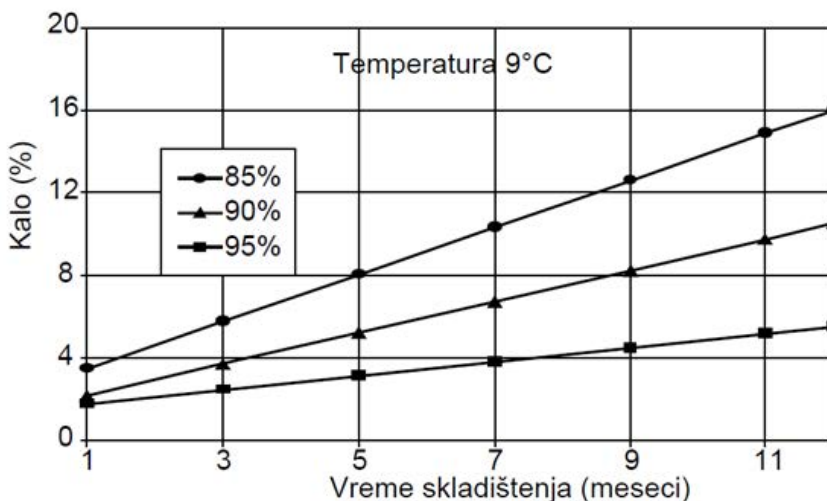


Grafik 1. Proizvodnja krompira u periodu 2006-2010.  
 Chart 1. Potato production in the period 2006-2010.

Zavisno od kapaciteta distributivnih centara razlikuju se i tehnologije prerade i čuvanja krompira. Kapaciteti se kreću od 500 do 100.000 tona ili to mogu biti skladišta od 2.000 do 10.000 tona. Specijalno konstruisana savremena skladišta mogu obezbediti kvalitetno čuvanje 6-9 meseci a to podrazumeva potrebnu temperaturu i relativnu vlažnost u komorama, mehanizovan postupak skladištenja, nesmetan rad i kontrolu u toku zimskog perioda. Na grafiku 1, je prikazana ukupna proizvodnja krompira u Republici Srbiji u poslednjih pet godina na osnovu koga se može zaključiti da prinos bitno ne varira ali da se zbog potražnje i skladišnih kapaciteta treba i mora povećati primenom savremenije mehanizacije, pravilnim hemijskim tretmanima i automatizacijom preradnih sistema.

Pri ulasku krompira u skladište njegova temperatura je oko 16°C. Kako bi se izbegla pojava znojenja krompira, sušenje se vrši vazduhom čija je temperatura 2 do 3°C niža, u skladištu se postepeno smanjuje temperatura od trenutka ulaska krompira u komoru i poželjno je da relativna vlažnost bude što veća, iznad 80%. Ukoliko je relativna vlažnost vazduha niska, povećano je kaliranje krompira, ali i transformacija skroba u redukujuće šećere. Na slici 2., je prikazana zavisnost kaliranja krompira u odnosu na relativnu vlažnost u komori. Mnogi faktori interaktivno utiču na akumulaciju šećera u krtolama krompira tokom skladištenja kao što je promena količine vode [31, 10], toplotni stres [36], niska plodnost i hranljivost [19], zrelost krtola u trenutku berbe [29, 33], specifična težina [18], temperatura u skladišnoj komori [8, 16], temperaturno upravljanje [20] i sorta. Do gubitaka na težini dolazi usled isparavanja vode preko pokožice i usled respiracije, a kao dodatni problem se javlja i klijanje krompira. Tako da bez hemijskih sredstava ne mogu se sprečiti gubici mase i kvaliteta zbog preranog klijanja a hemijska sredstva su u obliku praha, emulzija-tečnosti ili tečnosti-aerosola-dima [23]. Nanošenje može biti izvedeno odmah ili dve do tri sedmice nakon uskladištenja.





Slika 2. Kaliranje krompira u funkciji relativne vlažnosti vazduha u komori [23]  
 Figure 2. Shrinkage of potato as a function of relative humidity in the chamber [23]

U prvom mesecu skladištenja gubici su najveći i iznose oko 2–3%, u naredna 4 meseca gubici se kreću od 0,5 do 0,8% mesečno. Posle ovog vremena gubici se naglo povećavaju. Naročito u prolećnim mesecima, kada počinje buđenje klica. Velike gubitke mogu prouzrokovati i bolesti u skladištu, naročito suva trulež. Smatra se da je normalan kalo za 8 meseci skladištenja oko 11%, od toga 7,5% je kalo usled isparavanja, a 3,5 usled truljenja i dugih oštećenja. Postoji par značajnih studija o pritisku i zateznoj čvrstoći krompir [9, 12, 24]. Schoorl and Holt (1983) na primer su istraživali pucanje krompira, pritiskanjem celih krtola između ravnih ploča i ustanovili su da pucanje nastaje kada uskladištena energija pređe kritičnu vrednost. Voisey et al. (1969) pronalazi značajnu razliku između merenja obuhvaćenih mehaničkim testovima na krtolama na istim sortama koje su rasle na različitim lokacijama.

Kada proizvod dodje do krajnje tačke lanca, tj. u market jedan od problema koji se javlja, osim neadekvatne temperature, jesu i efekti od izložene svetlosti. U nekim studijama je pokazano da krompir koji je izložen direktnoj svetlosti do 3 sedmice sadrži nivo solanina viši od dozvoljenog ali da ipak zavisi od sorte [15].

## ZAKLJUČAK

Tokom prerade i distribucije preporučuje se održavanje iste temperature u zavisnosti od izabrane sorte za dugoročno skladištenje krompira. Sva ograničenja, posebno u poslednjem delu lanca distribucije tj. rukovanje u maloprodajama, zahtevaju da svi učesnici u distributivnom lancu povećaju razumevanje potrebu za poboljšanjem menadžmenta samog rukovanja, temperature i vlažnosti vazduha, da bi se ograničili gubici u kvalitetu. Nepravilan izbor ovih parametara može dovesti do fiziološkog stresa i smanjenja roka trajanja a time i kvaliteta proizvoda. Pri najpovoljnijim uslovima čuvanja krtole gube od 8-10 % od svoje težine. U nepovoljnim uslovima gubici mogu da se povećaju i na 50 %. Preduslovi za uspešno skladištenje krompira su:

- dobra tehnička rešenja izgrađenog skladišta,
- uskladištenje fiziološki dozrelog i suvog krompira, bez mehaničkih oštećenja, mehaničkih primesa (zemlja i sitan kamen), trulih i bolesnih krtola,
- ako je potrebno, obaviti kvalitetnu hemijsku zaštitu krtola.

Nakon proučavanja studija koje su sprovedene na modifikaciji mehaničkih svojstava skladištenih krtola, česta je pojava različitih rezultata istih tipova testova što pokazuje kompleksnu prirodu studija strukturnih komponenti tkiva krtola krompira.

Upoređivanjem poljoprivrede Srbije i drugih zemalja, može se uočiti da postoje veće razlike u pokazateljima poljoprivredne proizvodnje između Srbije i razvijenih zemalja Evrope što dalje predstavlja zadatak i izazov za poljoprivredu Srbije za stvaranje povoljne pozicije za ravnopravan ulazak u konkurentsku borbu na međunarodnom tržištu.

## LITERATURA

- [1] Abbott, J.A., 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 15(3): 207–225.
- [2] Alvarez, M.D., Canet, W., 1998. Rheological characterization of fresh and cooked potato tissues (cv. Monalisa). *European Food Research and Technology*. 207(1): 55–65.
- [3] Alvarez, M.D., Canet, W., 2000. Storage time effect on the rheology of refrigerated potato tissue (cv. Monalisa). *European Food Research and Technology*. 212(1): 48–56.
- [4] Bentini, M., Caprara, C., Martelli, R., 2006. Harvesting damage to potato tubers by analysis of impacts recorded with an instrumented sphere. *Biosystems Engineering*, 94(1): 75–85.
- [5] Blahovec, J., Vacek, J., Patočka, K., 1999. Texture of fried potato tissue as affected by pre-blanching in some salt solutions. *Journal of Texture Studies*. 30(5): 493–507.
- [6] Brusewitz, G.H., Pitt, R.E., Gao, Q., 1989. Effects of storage time and static preloading on the rheology of potato tissue. *Journal of Texture Studies*. 20(3): 267–284.
- [7] Burton, W.G., 1989. *The Potato*. John Wiley & Sons, New York.
- [8] Burton, W.G., 1989. Post-harvest physiology. In: Burton, W.G. (Ed.), *The Potato*, 3rd ed. Longman Scientific and Technical, Harlow: 423–522.
- [9] Canet, W., Alvarez, M.D., Gil, M.J., 2007. Fracture behaviour of potato samples (cv. Desiree) under uniaxial compression. *Journal of Food Engineering*. 82(4): 427–435.
- [10] Eldredge, E.P., Holmes, Z.A., Mosley, A.R., Shock, C.C., Stieber, T.D., 1996. Effects of transitory water stress on potato tuber stem-end reducing sugar and fry color. *Am. Potato J.* 73, 517–530.
- [11] FAOSTAT. 2011. Food and agriculture organization. Dostupno na: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID%C2%BC567#ancor> [Datum pristupa: 29.10.2012.]
- [12] Finney, Jr.E.E., Hall, C.W., 1967. Elastic properties of potatoes. *Transactions of the ASAE*, 10(1): 4–8.
- [13] Gao, Q., Pitt, R.E., Bartsch, J.A., 1989. Elastic–plastic constitutive relations of the cell walls of apple and potato parenchyma. *Journal of Rheology*, 33(2): 233–256.
- [14] Gladon, R., 2006. Post harvest technology of fruits and vegetables in USA. *Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi/PTEP*. 10(1-2):1-5.
- [15] Haddadin, M.S.Y., Humeid, M.A., Qaroot, F.A., Robinson R.K., 2001. Effect of exposure to light on the solanine content of two varieties of potato (*Solanum tuberosum*) popular in Jordan. *Food chemistry*. 73:205-208.
- [16] Hertog, M.L.A.T.M., Tijskens, L.M.M., Hak, P.S., 1997. The effects of temperature and senescence on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers: amathematical model. *Postharvest Biol. Technol.* 10: 67–79.
- [17] Hoffman, T., Maly, P., Furll, C., Schellbe, K., 2007. Harvest and storage of potato in boxes. *Poljoprivredna tehnika*. 32(2): 55-60.
- [18] Iritani, W.M., Weller, L.D., 1976. Relationship of specific gravity to sugar accumulation in stored Norgold and Russet Burbank potatoes. *Am. Potato J.* 53: 57–65
- [19] Iritani, W.M., Weller, L.D., 1978. Influence of low fertility and vine killing on sugar development in apical and basal portions of Russet Burbank potatoes. *Am. Potato J.* 55: 239–246.
- [20] Iritani, W.M., Weller, L.D., 1980. Sugar development in potatoes. *Cooperative Ext, College of Agric. Bulletin 0717*, Washington State University.
- [21] Jakovljević, M., 1979. *Savremena proizvodnja krompira*, Nolit, Beograd.

- [22] Janković, M., 2000. Tehnologija hlađenja, Opšti deo, II dopunjeno izdanje, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [23] Janković, M., Kosi, F., 2005. Tehnološki i tehnički parametri skladištenja krompira namenjenog proizvodnji čipsa, 56. Međunarodni kongres o klimatizaciji, grejanju i hlađenju. SMEITS. Beograd. Zbornik radova. 321-327.
- [24] Khan, A.A., Vincent, J.F.V., 1993. Compressive stiffness and fracture properties of apple and potato parenchyma. *Journal of Texture Studies*, 24(4): 423-435.
- [25] Leung, H. K., Barron, F.H., Davis, D.C., 1983. Textural and rheological properties of cooked potatoes. *Journal of Food Science*. 48(5): 1470-1474.
- [26] Markoski, M., 2006. Rashladni uređaji - prvi deo. Mašinski fakultet u Beogradu, Beograd.
- [27] Marković, D., Veljić, M., Čebela, Ž., Božić, S., 2010. Systems for optic color calibration, Procesna tehnika i energetika u poljoprivredi, Novi Sad, 14(1): 23-26.
- [28] Mileusnic, Z., Đević, M., Miodragović, R., Petrović, D., 2008. Struktura direktnih energetskih inputa u proizvodnji merkantilnog kukuruza. *Poljoprivredna tehnika*. 33(3): 57-64.
- [29] Miller, R.A., Harrington, J.D., Kuhn, G.C., 1975. Effect of variety and harvest date on tuber sugars and chip color. *Am. Potato J.* 52: 379-386.
- [30] Mohsenin, N.N., 1986. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- [31] Owings, T.R., Iritani, W.M., Nagel, C.W., 1978. Respiration rates and sugar accumulation in normal and moisture stressed Russet Burbank potatoes. *Am. Potato J.* 55: 211-220.
- [32] Paull, R., 1999. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest biology and technology*. 15:263-277.
- [33] Pritchard, M.K., Adam, L.R., 1992. Preconditioning and storage of chemically immature Russet Burbank and Shepody potatoes. *Am. Potato J.* 69: 805-815.
- [34] Schoorl, D., Holt, J.E. 1983. Cracking in potatoes. *Journal of Texture Studies*. 14(1): 61-70.
- [35] Stan, H.J., 2000. Pesticide residue analysis in foodstuffs applying capillary gas chromatography with mass spectrometric detection State-of-the-art use of modified DFG-multimethod S19 and automated data evaluation. *Journal of Chromatography A*. 892: 347-377.
- [36] Timm, H., Yamaguchi, M., Clegg, M.D., Bishop, J.C., 1968. Influence of high temperature exposure on sugar content and chipping quality of potatoes. *Am. Potato J.* 45: 359-365.
- [37] Unnevehr, L.J., 2000. Food safety issues and fresh food product exports from LDCs. *Agricultural Economics*. 23 (3), 231-240.
- [38] Voisey, P.W., Tape, N.W., Kloek, M., 1969. Physical properties of the potato tuber. *Canadian Institute of Food Technology Journal*. 2: 98-103.
- [39] Zepp, G., Kuchler, F., Lucier, G., 1998. Food safety and fresh fruits and vegetables: is there a difference between imported and domestically produced products, *Vegetables and Specialities/VGS-271*. Economic Research Service, USDA.
- [40] Woolfe, M., Primrose, S., 2004. Food forensics: using DNA technology to combat misdescription and fraud. *Trends in Biotechnology*. (22): 222-226.

# ANALIZA EKONOMSKIH POKAZATELJA U PRIMENI GPS TEHNOLOGIJE U POLJOPRIVREDNOM KOMBINATU BEOGRAD

**Dragan Marković, Dragan Krstić, Vojislav Simonović, Ivana Marković\***

*Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet*

**Sažetak:** U ovom radu ispitan je stepen ušteda pri primeni najsavremenijih tehničkih sistema za satelitsko navođenje i automatsko upravljanje pri obavljanju poljoprivrednih operacija tokom cele sezone. Uzorno imanje bila je Poljoprivredna korporacija Beograd koja se prostire na oko 21.000 hektara obradive površine. Analiziran je uticaj oblika parcele i pravca kretanja agregata traktor-priključna mašina pri kalkulisanju ušteda usled smanjenja preklopa susednih prohoda. Izvršena je analiza ušteda po kulturama (kukuruz, pšenica, soja, šećerna repa i detelina) i po operacijama za svaku kulturu pojedinačno, prema tehnologiji proizvodnje primenjenoj na uzornom imanju. Detaljno su prikazani podaci samo za kukuruz. Poređenjem ostvarenih stepena uštede zaključeno je pri kojim operacijama je primena navođenja ekonomski najopravdanija i koliki nivo opremljenosti uređajima za navođenje i upravljanje je potreban. Posebno je analizirana funkcionalna zavisnost ekonomskih ušteda u gorivu i inputima za operacije distribucije mineralnog hraniva i hemijske zaštite biljaka. Tabelarno je data procena stepena svih očekivanih ušteda za operacije koje se odnose na pet analiziranih kultura.

**Ključne reči:** kukuruz, precizna poljoprivreda, satelitsko navođenje, uklapanje prohoda, gorivo, inputi, uštede.

## ANALYSIS OF ECONOMIC INDICATORS FOR GPS TECHNOLOGIES APPLICATION IN AGRICULTURAL CORPORATION BELGRADE (PKB)

**Dragan Marković, Dragan Krstić, Vojislav Simonović, Ivana Marković**

*University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade,  
Republic of Serbia*

**Abstract:** This paper examined the level of savings in the application of modern technical systems for satellite guidance and control over performing agricultural operations throughout the season. The exemplary property was Agricultural Corporation Belgrade (PKB), which covers about 21.000 hectares of arable land. The effects of plot shape and direction of movement of tractor-attachment units in calculating the savings from reduced overlapping of adjacent passes were studied. The analysis was carried out of savings per crop (maize, wheat, soybean, sugar beet and alfalfa) and the operations for each crop separately, based on the manufacturing technology applied to an exemplary property. Detailed data are shown only for maize. Comparing the achieved level of savings, the

---

\* Kontakt autor. E-mail: dmarkovic@mas.bg.ac.rs

Rezultati istraživanja su deo projekta Ministarstva za nauku i obrazovanje, program Tehnološki razvoj, pod nazivom „Istraživanje i razvoj opreme i sistema za industrijsku proizvodnju, skladištenje i preradu povrća i voća“, broj TR 35043.

application of guidance for the type of the most economically viable operations was found as well as the needed equipment level of guidance devices and management. In particular, the analysis involved the functional dependence of the economic savings in fuel and inputs for the operations such as mineral fertilizers distribution and chemical plant protection. Tabulated are the data estimates for the degree of anticipated savings for operations related to the five analyzed crops.

**Key words:** maize, precision farming, satellite navigation, pass fitting, fuel, inputs, savings.

## UVOD

Brzi napredak u elektronici, računarstvu i računarskim tehnologijama inspirisao je ponovni interes u razvoju sistema vođenja vozila. Sadašnji predlozi uglavnom su bazirani na mašinskom vidu i satelitskom pozicioniranju [5].

Najdirektnija posledica opremanja traktora i drugih mašina opremom za satelitsko pozicioniranje i automatsko upravljanje je preciznije uklapanje prohoda. Ovo podrazumeva preciznije vođenje mašina po pravcu i smanjenje preklopa (sledstveno i smanjenje broja prohoda po parceli) tokom obavljanja određene operacije [11].

Iz preciznijeg vođenja mašina po pravcu proističu sledeće direktne prednosti i uštede: smanjenje gubitaka i oštećenja biljne mase i kvalitetnija struktura. Iz smanjenja broja prohoda po parceli proističu sledeće direktne prednosti i uštede: smanjenje poljoprivrednih inputa, smanjenje potrošnje goriva, poboljšanje ekoloških uslova, poboljšanje ergonomskih uslova, povećanje produktivnosti rada [7]. Stepem navedenih direktnih prednosti i ušteda pri određenoj poljoprivrednoj operaciji zavisi od samih zahteva operacije.

Samo korišćenje satelitske navigacije donosi i dve indirektno prednosti i uštede koje se odnose na sve poljoprivredne operacije. Prva indirektna prednost je mogućnost rada noću što je naročito bitno pri ograničenim vremenskim rokovima za obavljanje određenih poljoprivrednih operacija. To ograničenje prevashodno potiče od loših meteoroloških prilika. Preklop pri podrivanju/tanjiranju i manuelnom navođenju danju je 10-20 cm, a noću 40-50cm [1,2]. Pri korišćenju preciznog navođenja uz pomoć satelitskog navođenja preklop može da se svede na 5- 10 cm u svim uslovima [10]. Druga indirektna prednost se odnosi na to što većina sistema za satelitsko navođenje ima integrisane i druge funkcije, koje mogu dobro da posluže za menadžment, knjigovodstvo, razne dokumentacije i planiranje proizvodnje u narednom [6,9]. Uslovi u Srbiji dozvoljavaju preciznost od 2 do 3 cm primenom Agros servisa i kinematske metode pozicioniranja [4,8].

## MATERIJAL I METOD RADA

Ušteda (ekonomska dobit), koja se ostvaruje primenom satelitskog pozicioniranja i automatskog upravljanja, nije ista za sve biljne vrste i primenjene agrotehničke mere odnosno proizvodne tehnologije. Pri proračunu potencijalnih ušteda u proizvodnji na imanjima PKB korišćeni su podaci preuzeti iz evidencije za proteklu sezonu odnosno 2010. godinu, a za proračun je odabrano 5 najzastupljenijih biljnih vrsta, i to: merkantilni kukuruz/silažni kukuruz (ukupno 6573 ha), merkantilna pšenica/merkantilni ječam (ukupno 6049 ha), merkantilna soja (ukupno 2384 ha), šećerna repa (ukupno 1247 ha), lucerka (ukupno 2705 ha).

Pored biljne vrste navedena je zasejana površinama prema podacima preuzetim iz *plana setve po kulturama za period 2009/10*, a navedene biljne vrste zauzimaju ukupno 18959 ha odnosno 88% od ukupno zasejanih 21491 ha u redovnoj i drugoj setvi na imanju PKB.

Za proračun ušteda pri primeni tehnike u domenu satelitskog pozicioniranja i automatskih upravljanja traktorima i drugim mašina na imanjima PKB korišćen je tabelarni program GPS AgroKalkulator v.1 koji je razvijen u okviru studije Isplativost primene GPS

navođenja i uklapanja prohoda u poljoprivredi Vojvodine, a raspoloživ u Pokrajinskom sekretarijatu za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo.

U pojedinim poljoprivrednim operacijama (poput DMH i zaštite biljaka) koristi se više sredstava tj. inputa ( $i_1, i_2, \dots, i_n$ ) istovremeno, čija je količina po hektaru  $k_1, k_2, \dots, k_n$ , a nabavna cena po jedinici  $c_1, c_2, \dots, c_n$ . U proračun je potrebno ubaciti ukupnu količinu po hektaru (ukoliko je potrebno podeljenu s brojem zahvata) sa prosečnom cenom srazmernom količinama odgovarajućih inputa. Ovom prilikom korišćena je sledeća relacija za izračunavanje srednje cene smeše:

$$c_s = \frac{k_1 \cdot c_1 + k_2 \cdot c_2 + \dots + k_n \cdot c_n}{\sum_{j=1}^n k_j} \quad (1)$$

Širine zahvata priključnih mašina korišćene u proračunu odgovaraju realnim širinama zahvata mašina koje se inače koriste na imanjima PKB. Koeficijent iskorišćenja mašina je velik, 85%, jer se smatra da se u transportu i na uvratinama ne troši više od 15% vremena. Cena goriva za traktore je 1 €l<sup>-1</sup>, a cena goriva za poljoprivredne avione 1,6 €l<sup>-1</sup>. U Tabeli 1 prikazani su radni zahvati korišćenih priključnih mašina na imanjima PKB, preklopi sa i bez navođenja, kao i radne brzine sa i bez navođenja.

Tabela 1. Karakteristike korišćenih mašina  
Table 1. Properties some of used machines

Mašina <i>Machine</i>	Radni zahvat mašine [m] <i>Working width[m]</i>	Preklop [m] <i>Overlap [m]</i>		Brzina [km·h <sup>-1</sup> ] <i>Speed [km·h<sup>-1</sup>]</i>	
		Bez navigacije <i>Without guidance</i>	GPS navigacija <i>GPS guidance</i>	Bez navigacije <i>Without guidance</i>	GPS navigacija <i>GPS guidance</i>
Podrivač <i>Sub soiler</i>	6	0,5	0,30	7	7,5
Tanjirača <i>Disc harrow</i>	6	0,5	0,30	9	9,5
Drljača <i>Harrowing</i>	6	0,5	0,30	10	10,5
Setvospremač <i>Seedbed cultivator</i>	6	0,5	0,30	10	10,5
Valjci Cambridge <i>Rollers Cambridge</i>	6	0,5	0,30	8	8,5
Sejalica <i>Seeding machine</i>	6	0,2	0,02	8	8,5
Prskalica <i>Sprayer</i>	18	1,5	0,50	9	9,5
Rasipač <i>Fertilizer spreader</i>	24	2,0	0,50	10	10,5
Avion <i>Agriculture plane</i>	30	4,0	2,00	150	155
Kombajn <i>Combine harvester</i>	9	0,9	0,50	6	6,5

Svaka od navedenih poljoprivrednih operacija u Tabeli 2, iziskuje različitu preciznost u vođenju mašina ili pri uklapanju prohoda, pa otuda je potrebno koristiti različite korekzione signale kako je to prikazano u Tabeli 2. Podrazumeva se da je sa aspekta kvaliteta i efikasnosti obavljanja operacija uvek pogodniji precizniji signal, ali s aspekta ekonomske isplativosti, to nije uvek neophodno, a naročito ako je upravljanje manuelno, a ne automatsko.

Tabela 2. Preporuke za vrstu korekcionog signala po poljoprivrednim operacijama  
 Table 2. Recommendations for the type of correction signal on agricultural operations

	EGNOS	OmniStar StarFire	RTK
Oranje <i>Plowing</i>			
Razrivanje <i>Scarifying</i>	•	•	•
Tanjiranje <i>Disc harrowing</i>	•	•	•
Drljanje <i>Harrowing</i>	•	•	•
Valjanje <i>Rolling</i>	•	•	•
Branjanje <i>Daming</i>	•	•	•
Predsetvena priprema <i>Preseeding preparation</i>	•	•	•
DMH rasturačem <i>Spread by tractor</i>	•	•	•
DMH avionom <i>Spread by plane</i>	•	•	•
Setva uskoredna <i>Seeding at narrow-row spacing</i>		•	•
Setva širokoredna <i>Seeding at wide-row spacing</i>			•
Prihranjivanje uskoredno <i>Narrow-row spacing fertilization</i>	•	•	•
Prihranjivanje širokoredno <i>Wide-row spacing fertilization</i>			•
Zaštita prskalicom uskoredna <i>Plant protection by sprayer, narrow-row spacing</i>	•	•	•
Zaštita prskalicom širokoredna <i>Plant protection by sprayer, wide-row spacing</i>			•
Zaštita avionom <i>Plant protection by plane</i>	•	•	•
Međuredna kultivacija <i>Interrow cultivation</i>			•
Žetva strmih žita <i>Small grains harvest</i>		•	•
Berba kukuruza, žetva suncokreta <i>Maize harvest, sunflower harvest</i>			
Košanje kukuruza za silažu <i>Cutting corn for silage</i>			
Vađenje šećerne repe <i>Sugar beet harvest</i>			•
Košanje <i>Mowing</i>		•	•
Grabuljanje, prevrtanje <i>Raking, rolling</i>			
Presovanje, baliranje <i>Pressing, baling</i>			

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

**Uticaj oblika parcele.** Najpre je ispitano kako ušteda zavisi od oblika parcele. Svaka parcela se aproksimira pravougaonom parcelom jednake površine i najsličnijeg oblika. Potrebno je ispitati kako oblik parcela istih površina manifestovan kroz dužinu i širinu parcele utiče na stepen ušteda, kao i pravac kretanja traktora tokom operacije. Oblik parcele manifestuje se koeficijentom  $r$  koji se predstavlja kao količnik dužine  $a$  i širine  $b$  parcele:

$r = a / b$ . Ako je širina zahvata priključne mašine  $d$ , onda je broj prohoda po dužini parcele  $n_a = b / d$ , a broj prohoda po širini parcele  $n_b = a / d$ . Ako se sa  $p$  označi smanjenje preklopa tokom operacije pri kojoj se koristi satelitsko navođenje, onda je ukupna površina koja nije tretirana dva puta pri susednim prohodima:  $p_a = bpa / d$  odnosno  $p_b = apb / d$ . Iz ovog proizilazi da je ušteda usled smanjenja dvostrukog tretiranja delova parcele nezavisna od pravca kretanja agregata traktor-priključna mašina, te da traktor treba voditi dužim pravcem, jer se smanjuje broj uvratina na kojima se manevriše agregatom.

Nastanak oplazina, usled manje tačnosti navođenja, takođe ima efekta na ekonomske pokazatelje traktorskih sistema za obradu zemljišta jer se na tim mestima zemljište uopšte ne obradi u toku prohoda ili se sledeće operacije rade na neobrađenom delu zemljišta, a to onda prouzrokuje, na primer manji prinos. Pošto se površina oplazina teško meri, uvek se pretpostavlja da se primenjuje preklop, koji sa sigurnošću eliminiše nastanak oplazina [13].

**Analiza ušteta za kukuruz.** Proračun potencijalnih ušteta u proizvodnji merkan-tilnog i silažnog kukuruza uz primenu satelitskog pozicioniranja i automatskog upravljanja na traktorima i drugim mašinama izveden je prema podacima istorije polja imanja na poljoprivrednom gazdinstvu Lepušnica – Glogonjski rit površine 90 hektara.

Kukuruz na navedenom polju korišćen je za silažu, premda bi proračun bio identičan i pri nameni kukuruza za berbu u klipu ili vršidbu.

Ušteda u proizvodnji kukuruza uz primenu satelitskog pozicioniranja postizala bi se pre svega pri sledećim operacijama:

1. Tanjiranje, najznačajniji efekat je u smanjenju preklopa, a sledstveno i količini potrošenog goriva. Procenjena ušteda na ovoj parceli je 96,43 evra ili 1,07 evra po hektaru za ovu operaciju.
2. Distribucija mineralnog hraniva avionom, najznačajniji efekat je u smanjenju preklopa, a sledstveno i u količini rasutog mineralnog hraniva i količini potrošenog goriva [12]. Procenjena ušteda na ovoj parceli je 534,20 evra ili 5,93 evra po hektaru za ovu operaciju.
3. Distribucija mineralnog hraniva rasturačem, najznačajniji efekat je u smanjenju preklopa, a sledstveno i u količini rasutog mineralnog hraniva i količini potrošenog goriva. Dodatna prednost može biti mogućnost lokacijski specifične distribucije. Procenjena ušteda na ovoj parceli je 427,83 evra ili 4,75 evra po hektaru za ovu operaciju.
4. Setvospremiranje, najznačajniji efekat je u smanjenju preklopa, a sledstveno i količini potrošenog goriva. Procenjena ušteda na ovoj parceli je 86,33 evra ili 0,96 evro po hektaru za ovu operaciju.

Upravo su ove operacije uzete u obzir pri proračunu uštete. Preciznost signala za pozicioniranje nije neophodno da bude najveće tačnosti, a upravljanje može biti i manuelno.

Sledeće operacije zahtevaju najprecizniji signal i obavezno automatsko upravljanje traktorom da bi se ostvario željeni efekat, pre svega u održavanju preciznog pravca:

1. Setva, najznačajniji efekat je u održavanju pravca, te ekvidistantnosti i paralelnosti redova, što omogućava pravilnu strukturu biljaka na parceli i kasnije vođenje traktora u narodnim operacijama po setvenim tragovima,
2. Zaštita prskalicom, uz vođenje traktora po setvenim tragovima omogućava komforniji rad rukovaocu, uz eventualnu implementaciju lokacijski specifične zaštite omogućava uštedu i ekološku zaštitu,
3. Međuredno kultiviranje, uz vođenje traktora po setvenim tragovima sprečava oštećenje biljaka radnim organima kultivatora sprečavajući oštećenje i gubitke biljaka.

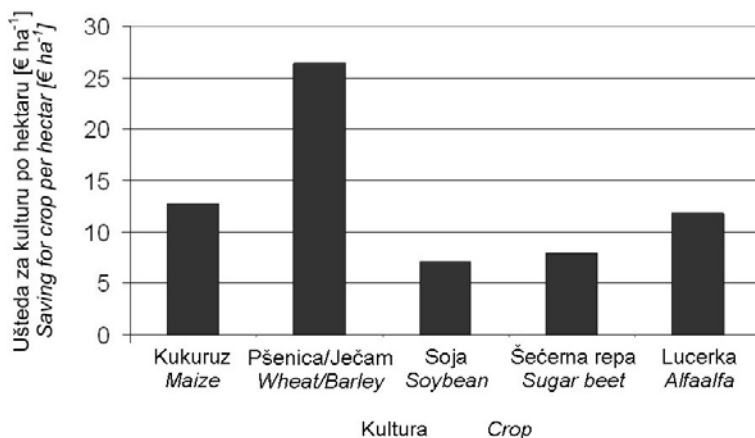


Pri sledećim operacijama u proizvodnji kukuruza primena satelitskog pozicioniranja nema značajniji uticaj:

1. Oranje,
2. Silaža/berba.

Ukupna potencijalna ušteda na ovoj parceli je 1.144,79 evra ili 12,72 evra po hektaru.

**Uporedna analiza rezultata i isplativosti.** Realne uštede za pet najzastupljenijih kultura na imanjima PKB neznatno variraju oko proračunate, i to kao posledica različitog oblika parcela, ali je uočljiva tendencija porasta uštede pri porastu širine parcele u odnosu na površinu. Poznajući strukturu setve i proračunate uštede po hektaru (Grafik 1) moguće je izračunati uštedu po kulturama i ukupnu uštedu za pet navedenih kultura (Tabela 3).



Grafik 1. Dijagram sa uporednim prikazom potencijalnih ušteda po hektaru za pet ispitivanih biljnih vrsta  
Chart 1. Diagram showing the comparative potential savings per hectare for five tested plants

Kao konačan rezultat analize potencijalnih ušteda pri korišćenju satelitskog pozicioniranja na imanjima PKB, i pri automatskom upravljanju traktorima i drugim mašinama, dobija se suma od 301.980 evra po sezoni. Prosečna ušteda po hektaru pri strukturi setve u sezoni 2009/10. bila je 15,92 €ha<sup>-1</sup>. Ovo je direktna ušteda u inputima i gorivu. Svakako treba imati u vidu i povećanje produktivnosti, mogućnost ušteda zbog mogućeg noćnog rada korišćenjem satelitskog pozicioniranja, mogućnost ostvarivanja koncepta precizne poljoprivredne proizvodnje kroz menadžment, knjigovodstvo, razne dokumentacije i planiranje proizvodnje u narednom periodu, poboljšanje uslova rada za rukovaoce mašinama, i najzad, mogućnost doprinosa ekološkoj zaštiti u okviru gradskog „zelenog prstena“ [3].

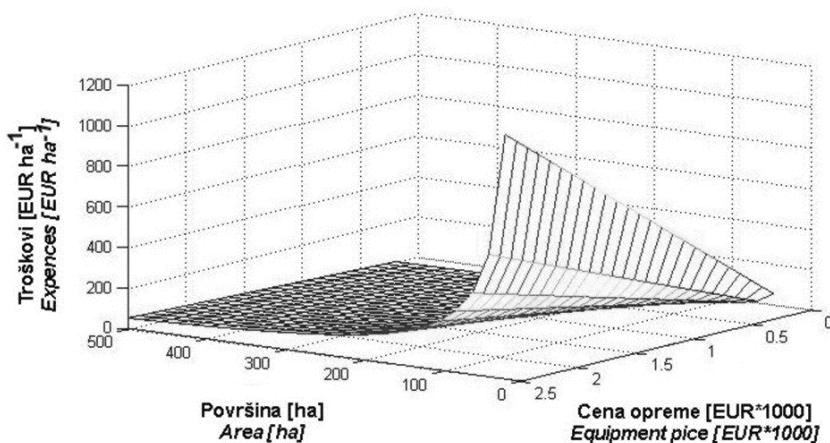
Troškovi uređaja su fiksno karaktera. Bez obzira na eksploatacione pokazatelje kupljenog uređaja, troškovi uređaja na godišnjem nivou ostaju isti. S druge strane, troškovi uređaja, izraženi po jedinici površine, opadaju s povećanjem površine na kojoj se primenjuju.

Tabela 3. Prikaz ušteda po hektaru, ukupnih ušteda po kulturama i ukupne uštede za sve kulture u sezoni 2009/10

Table 3. Display savings per hectare, the total savings by the cultures and total savings for all crops in the 2009/10 season

Kultura <i>Crop</i>	Površina pod kulturom [ha] <i>Area under crop [ha]</i>	Ušteda za kulturu po hektaru [€ha <sup>-1</sup> ] <i>Saving for crop per hectare [€ha<sup>-1</sup>]</i>	Ukupna ušteda za kulturu [€] <i>Total savings per crop [€]</i>
Kukuruz <i>Corn</i>	6573	12,72	82.097
Pšenica/Ječam <i>Wheat/Barley</i>	6049	26,37	159.512
Soja <i>Soy</i>	2384	7,13	16.450
Šećerna repa <i>Sugar beet</i>	1247	7,93	9.639
Lucerka <i>Alfalfa</i>	2705	11,82	31.973
Ukupna ušteda za sve kulture <i>Total saving for all crops</i>			301.980

Na Grafiku 2 prikazano je formiranje troškova po jedinici površine (1 ha), u zavisnosti od veličine površine na kojoj se navigacioni uređaji primenjuju. Uređaj za navigaciju ili kompletan sistem koji se koristi za navigaciju i upravljanje traktorom je isplativ pri primeni za površinu na kojoj su troškovi manji od projektovane potencijalne uštede. Rastom površine, koja se obrađuje primenom satelitskog navođenja opadaju jedinični troškovi uređaja. Pri tome treba imati u vidu i to koliko hektara jedan traktor, u toku godine, može da obradi. Za različite operacije koriste različiti traktori. Montažno demontažni uređaji mogu da se premeštaju s jednog traktora na drugi, ali ukoliko se neke operacije odvijaju istovremeno, potrebna je nabavka dva ili više uređaja, što utiče na ekonomske pokazatelje.



Grafik 2. Troškovi uređaja izraženi po jedinici površine u zavisnosti od veličine površine na kojoj se primenjuje sistem za navođenje

Chart 2. Costs expressed per unit area depending on the size of the surface on which system is used to specify

## ZAKLJUČAK

Savremena poljoprivreda u razvijenim zemljama suočena je sa zahtevima da se ostvari što viši kvalitet, da se proizvodi po što nižim cenama i da bude što manje uticaja na životnu sredinu. Primena satelitskog navođenja poljoprivrednih mašina omogućava ispunjavanje svih navedenih zahteva.

Analizom mogućih ušteda zaključeno je da za proizvodne tehnologije koje se koriste u PKB veću uštedu je moguće ostvariti za uskoredne kulture u odnosu na širokoredne, a analiza je dala odgovor i na pitanje pri kojim operacijama je korišćenje satelitskog pozicioniranja i automatskog upravljanja svrsishodno i ekonomski opravdano. Najveća ušteda se ostvaruje pri proizvodnji kultura koja zauzimaju najveću površinu u PKB (strmine i kukuruz), i pri proizvodnim tehnologijama koje zahtevaju veći broj operacija. Najznačajnije uštede se ostvaruju pri DMH i zaštiti biljaka i iznose oko 1-6 €/ha u zavisnosti od norme, od vrste đubriva odnosno sredstva za zaštitu i primene rasturača/prskalice ili aviona, dok su uštede pri operacijama obrade tla prosečno oko 1 €/ha, a za setvu oko 4 €/ha. Opseg uštede zavisi od primenjene tehnologije proizvodnje odnosno broja operacija i zahteva operacija. Povećanjem širine zahvata mašina povećava se nepreciznost i preklap, te je primena satelitskog navođenja ekonomski isplativija u tim slučajevima.

## LITERATURA

- [1] Amiama, C. 2007. Design and field test of an automatic data acquisition system in a self-propelled forage harvester. *Electron. Agric.* 61, p.p. 192-200.
- [2] Auernhammer, H. 2001. Precision farming - the environmental challenge. *Comput. Electron. Agric.* 30, p.p. 31-43.
- [3] Božić, M., Topisirović, G., Kalanović-Bulatović, B. 2010. Primena GIS tehnologije u poboljšanju ratarske proizvodnje na teritoriji grada Beograda. *Poljoprivredna tehnika*, 35(2), p.p. 79-88.
- [4] Gavrić, M., Martinov, M. 2006. Postupci i tačnost primene GPS u poljoprivredi. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 32(1-2), p.p. 96-102.
- [5] Karadžić, B., Malinović, N., Meši, M., Mehandžić, R., Turan, J., Anđelković, S. 2007. Automatsko vodenje mašina pri međurednoj obradi ratarskih kultura. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 33(3-4), p.p. 187-195.
- [6] Luck, J., Pitla, S., Shearer, S., Mueller, T., Dillon, C., Fulton, J., Higgins, S. 2010. Potential for pesticide and nutrient saving via map-based automatic boom section control of spray nozzles. *Comput. Electron. Agric.* 70, p.p. 19-26.
- [7] Mago, L. 2009. Smanjenje troškova mehanizacije sa primenom GPS u ratarskim proizvodnjama. *Poljoprivredna tehnika*, 34 (2), p.p. 91-95.
- [8] Marković, D., Simonović, V. 2008. Automatizacija žitnih kombajna – stanje i perspektive. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 34 (3-4), 245-251.
- [9] Petrovački, D., Konjović, Z. 2007. GPS bazirana infrastruktura za upravljanje prostornim resursima u Srbiji - I deo. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 33(1-2): p.p. 68-75.
- [10] Renschler, C.S., Flanagan, D.C., Engel, B.A., Kramer, L.A., Sudduth, K.A. 2002. Site-specific decision-making based on RTK GPS survey and six alternative elevation data sources: watershed topography and delineation. *Trans. ASAE* 45 (6), p.p. 1883-1895.
- [11] Schneider, M., Wagner, P. 2007. Preduslovi za usvajanje savremenih poljoprivrednih tehnologija – primer precizna poljoprivrede. *Poljoprivredna tehnika*, 32(2), p.p. 9-14
- [12] Turan, J., Findura, P. 2009. Uklapanje prohoda pri raspodeli mineralnog đubriva. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 35 (1-2), p.p. 9-15.
- [13] Zhang, N., Wang, M., Wang, N. 2002. Precision agriculture – worldwide overview. *Comput. Electron. Agric.* 36: 113-13.

# ISPITIVANJE UJEDNAČENOSTI ISEJAVANJA SEMENA METODOM ODZIVNIH POVRŠINA

**Dragan Marković, Žarko Čebela, Vojislav Simonović, Ivana Marković\***

*Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet*

**Sažetak:** Predmet ovog rada je optimizacija ujednačenosti isejavanja semena korišćenjem metode odzivnih površina i provera optimalnog nivoa promenljivih. Promenljive su modelirane kao potpritisak na setvenim pločama, prečnik setvenih otvora i periferna brzina setvenih ploča. Metoda može da se koristi za optimizaciju međusetvenog rastojanja svih ratarskih i povrtarskih kultura za čiju setvu se koristi pneumatska sejalice sa potpritisakom. Modeli su shodno usvojenim koeficijentima važeći za brzinu rotacije setvenih ploča od  $0.053 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  do  $0.192 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , za prečnik otvora na setvenim pločama od 1.66 mm do 3.34 mm i za potpritisak na setvenim pločama od 2.64 kPa do 9.36 kPa.

**Ključne reči:** sejalice, razmak, pritisak, odzivna površina.

## RESEARCH OF SEEDING DISTANCE UNIFORMITY BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

**Dragan Marković, Žarko Čebela, Vojislav Simonović, Ivana Marković**

*University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade,  
Republic of Serbia*

**Abstract:** The subject of this paper is to optimize the uniformity seeding distances using response surface methodology and validated optimal level variables. Variables are modeled as a vacuum on the seed plate, diameter planting holes and peripheral speed of sowing records. The method can be used to optimize seeding distance of field and vegetable crops for which sowing is used pneumatic vacuum seeding machine. The models are valid for the speed of rotation of the plate seeding  $0.053 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  to  $0.192 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , the diameter of the holes in the seed plate from 1.66 mm to 3.34 mm and the vacuum of the seed plate 2.64 kPa to 9.36 kPa. Accuracy seeding distance depends on the diameter of the holes in the seed plate. The optimum value of about 3 mm in diameter is used for cotton seeds in the experiment. The level of vacuum pressure is important and connected with a diameter holes and the choice of its optimal level based on the physical properties of the seeds is about 5.5 kPa.

**Key words:** seeding machine, distance, pressure, response surface.

---

\* Kontakt autor. E-mail: dmarkovic@mas.bg.ac.rs

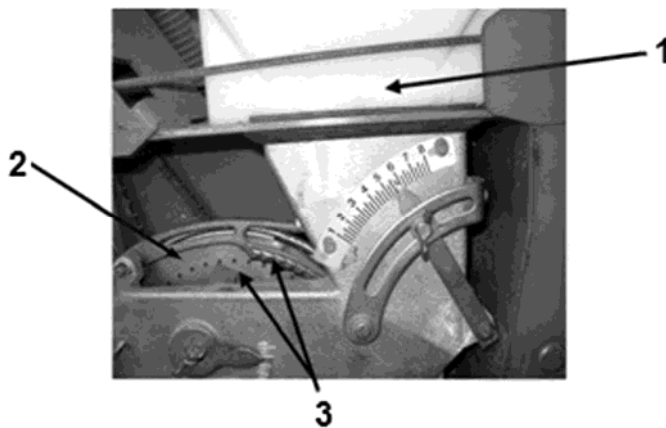
Rezultati istraživanja su deo projekta Ministarstva za nauku i obrazovanje, program Tehnološki razvoj, pod nazivom „Istraživanje i razvoj opreme i sistema za industrijsku proizvodnju, skladištenje i preradu povrća i voća“, broj TR 35043.

## UVOD

Vazдушna struja u kojoj vlada potpritisak u setvenim aparatima pneumatskih sejalice koristi se da usisnim efektom nanese i zadrži seme na setvenoj ploči. Setvene ploče koje služe za distribuciju semena od ispusta rezervoara za seme do brazdice u zemljišu su tanke i kružnog oblika. Razmak isejanog semena zavisi od: broja zahtevanih semena po m<sup>2</sup>, podešenog međurednog razmaka, odabrane setvene ploče i od spregnutih prenosnika u menjačkoj kutiji. Razmak između semena u redu zavisi od norme setve, a određuje se i na osnovu biološkog zahteva određenog hibrida. Broj posejanog semena treba da je veći za 10-12% od broja biljaka u sklopu u nicanju [9].

## MATERIJAL I METODE RADA

Precizna sejalice koja je korišćena u eksperimentu sastojala se od setvenog aparata sa vertikalnim setvenim pločama opstrujavanih vazдушnom strujom u kojoj vlada potpritisak. Seme iz levkastog otvora rezervoara za seme dospeva na otvore rotacione setvne ploče pod dejstvom potpripitiska u vazduhu sa suprotne strane ploče. Potpripitisk se prekida na donjoj strani sekcije i seme propada u sprovodnu cev pod dejstvom gravitacije. Ukoliko se na jednom otvoru nalazi više semena, upravljiv uređaj uklanja višak i vraća ih u levak. Opšti prikaz uređaja koji je korišćen u eksperimentu prikazan je na slici 1.



Slika 1. Opšti prikaz setvene jedinice:

1. levak rezervoara za seme, 2. setvena ploča, 3. skidač viška semena

*Figure 1. An overview of the planting unit:*

*1. funnel seed box, 2. seed plate, 3. excess seed remover*

Traka probnog stola, dužine 15 m i širine 14 cm, postavljena je ispod setvenog aparata. Njena uloga je da prihvati isejano seme i da obezbedi uslove za određivanje položaja semena koje se koristi za testove u laboratoriji u cilju određivanja performansi setvenog aparata. Merenje razmaka semena vrši se sa onim brojem isejanog semena koji odgovara pređenom putu sejalice od 10 metara pri datoj brzini za svaki test [4]. Setveni aparat postavljen je što je bliže traci da bi se eliminisalo skakanje semena, a setvena ploča je pogonjena elektromotorom dok je ventilator za stvaranje potpripitiska različitih nivoa pogonjev priključnim vratilom traktora. Traka je pogonjena nezavisno od setvene ploče. Brzina kretanja sejalice manifestovana brzinom trake i brzina rotacije setvene ploče su sinhronizovani. Setveni aparat bio je podešen za teorijsko međusetveno rastojanje od 11.8 cm [3].

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Kao statistička i matematička tehnika, metoda odzivnih površina bila je potrebna za optimizaciju rukovanja (periferna brzina setvene ploče i potpritisak) i konstruktivnih promenljivih (prečnik otvora).

Problem odzivne površine obično je usmeren na neki odziv  $Y$ , koji je u funkciji  $k$  nezavisnih promenljivih  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k$ , odnosno:

$$Y = f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k)$$

i odzivna površina može uzeti različite oblike u zavisnosti od tipa funkcije odziva. U ovom radu je izabrana odzivna funkcija definisana oblikom kvadratnog polinoma na sledeći način:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_i \sum_j \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon, \quad i \leq j, \quad (1)$$

gde je:

- $Y$  - zavisna promenljiva (odziv),
- $X_{ij}$  - kodirane nezavisne promenljive,
- $\beta_0$  - prekid,
- $\beta_{i,j,k}$  - koeficijenti regresije,
- $\varepsilon$  - greška.

Kodirana nezavisna promenljiva  $X_i$  se izračunava pomoću sledeće jednačine:

$$X_i = \frac{\xi_i - \xi^*}{d_s} \quad (2)$$

gde je:

- $\xi$  - nezavisna promenljiva u originalnim jedinicama,
- $\xi^*$  - vrednost nivoa (centralna tačka) nezavisne promenljive,
- $d_s$  - vrednost koraka u originalnim jedinicama.

Određivanje centralne tačke za svaku nezavisnu promenljivu bazirana je na uslovima u polju i fizičkim osobinama semena. Konstruisanje zahteva pet nivoa za svaku nezavisnu promenljivu. Ovi nivoi bili su kodirani: -1.682, -1, 0, 1 i 1.682 (redom) [1].

Korišćeno je pet različitih setvenih ploča sa različitim prečnikom. Centralna tačka u ovom konstruisanju je kodirana kao nula a centralna tačka za prečnik otvora izabrana je da bude 2.5 mm. Vrednost koraka je 0,5mm i na osnovu toga su izračunati prečnici otvora setvenih ploča 1.66; 2.0; 3.0 i 3.34 mm. U eksperimentu su bile korišćene setvene ploče sa prečnika 185 mm i sa 48 otvora po obodu. Ploče su dobavljane od proizvođača sejalice, a otvori na pločama su bili bušeni laserskim mašinama sa tolerancijom od  $\pm 0,1$  mm. Maksimalan prečnik otvora je takav da ne dozvoljava semenu da prođe kroz njega.

Sejalica korišćena u eksperimentu poseduje točak koji se kotrlja po zemljištu i koji prenosi kretanje do setvene ploče pomoću prenosnika snage.

Sejalica je funkcionisala sa pet različitih perifernih brzina setvenih ploča. Ovo su bile brzine 0.05; 0.08; 0.12; 0.16 i 0.19 m s<sup>-1</sup>. Selektovanje periferne brzine setvene ploče ostvareno je uzimajući u obzir brzinu kretanja sejalice u polju [2, 6, 7].

Potpritisak u pet nivoa je menjan promenama brzine priključnog vratila. Nivo potpripitaska je bio centriran u 6.0 kPa dok su drugi nivoi bili izračunati za vrednost koraka od 2.0 kPa kao 2.64; 4.0; 8.0 i 9.36 kPa.

U tabeli 1 data je lista nezavisnih promenljivih i kodirani nivoi faktora.

Tabela 1. Kodirani nivo za nezavisne promenljive korišćenjem funkcija odzivne površine  
 Table 1. Coded levels for independent variables using response surface functions

Faktor <i>Factor</i>	Jedinica <i>Unit</i>	Kod <i>Cod</i>	Kodirani nivoi <i>Coded levels</i>				
			-1.682	-1	0	+1	+1.682
Periferna brzina <i>Peripheral speed</i>	m·s <sup>-1</sup>	X <sub>1</sub>	0.05	0.08	0.12	0.16	0.19
Prečnik otvora <i>Diameter of hole</i>	mm	X <sub>2</sub>	1.66	2.00	2.50	3.00	3.34
Potpritisak <i>Vacuum</i>	kPa	X <sub>3</sub>	2.64	4.00	6.00	8.00	9.36

Svaki operativni uslov postavljen je pažljivo, a nivo potpritisaka se meri korišćenjem vakuum metra. Ispitivanje je obavljeno u tri ponavljanja.

Performanse ujednačenosti sejanja pomoću preciznih sejatica definisane su merama: indeks izostavljanja semena, indeks višestrukosti semena, indeks kvaliteta setve i preciznost, koeficijent varijacije ostvarenih razmaka itd. Indeks izostavljanja semena  $I_{miss}$  je procenat rastojanja većih 1,5 puta od željenog međusetvenog rastojanja. Indeks višestrukosti semena  $I_{mult}$  je procenat rastojanja manjih ili jednakih polovini željenog međusetvenog rastojanja. Indeks kvaliteta setve  $I_{of}$  je procenat rastojanja koja su veća od polovine, a manja od 1,5 puta željenog međusetvenog rastojanja.

U idealno preciznom procesu sejanja, ne postoji izostavljanje i višestrukost i indeks kvaliteta setve je 100%. Međutim, u realnim uslovima, neka odstupanja od teorijskog razmaka tokom srtve su očekivana. Ovo znači da indeks kvaliteta setve može biti u upotrebi, ali rastojanja između semena nisu identična teorijskom razmaku. Iz ovog razloga, potreban je drugi indikator za ujednačenost sejanja. Stoga, ustanovljen je dodatni kriterijum za performanse nazvan geometrijskim odstupanjem od teorijskog razmaka. Ova definicija je data sledećom jednačinom:

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Z - Z_{th})^2}{N}} \quad (3)$$

gde je:

$Z$  [cm] - izmereni razmak,

$Z_{th}$  [cm] - teorijski razmak,

$N$  [-] - broj posmatranja;

Trebalo bi zabeležiti da je ova definicija različita od dobro poznate standardne devijacije. To je mera koliko tačno se seme smešta u zemljište i odstupa od teorijskog razmaka. Ova funkcija bi mogla da se posmatra kao funkcija nepovoljnosti pošto je neko odstupanje od teorijskog razmaka nepovoljno.

Tabela 2 Kodirane i nekodirane nezavisne promenljive i vrednosti performansi  
 Table 2. Coded and uncoded independent variable values and performance

R.B. No.	Nezavisne promenljive <i>Independent variable values</i>			Zavisne promenljive (vrednosti performansi) <i>Dependent variable values (performance values)</i>			
	$X_1$ $v$ [m·s <sup>-1</sup> ]	$X_2$ $d$ [mm]	$X_3$ $P$ [kPa]	$I_{af}$ [%]	$I_{miss}$ [%]	$I_{mult}$ [%]	$E_{rms}$ [%]
1	-1 0.08	-1 2	-1 4	54.13 2.69	45.86 2.69	0 0	23.53 1.74
2	-1 0.08	1 3	-1 4	97.92 0.90	2.08 0.90	0 0	2.19 0.11
3	1 0.16	-1 2	-1 4	26.51 0.69	72.48 2.42	1.01 1.75	41.19 3.78
4	1 0.16	1 3	-1 4	93.23 5.49	4.69 2.71	2.08 3.65	2.93 0.67
5	-1 0.08	-1 2	1 8	91.15 0.90	7.81 0.00	1.04 0.90	4.38 0.88
6	-1 0.08	1 3	1 8	97.40 0.90	1.04 0.90	1.56 0	2.06 0.15
7	1 0.16	-1 2	1 8	73.81 1.21	25.08 3.02	1.01 1.75	8.11 0.73
8	1 0.16	1 3	1 8	95.31 1.57	3.12 1.57	1.56 1.57	2.93 0.11
9	-1.682 0.053	0 2.5	0 6	93.23 0.91	4.69 1.57	2.09 1.81	3.77 1.08
10	1.682 0.192	0 2.5	0 6	70.43 1.86	24.27 2.46	4.30 3.36	7.35 0.75
11	0 0.12	-1.682 1.66	0 6	39.49 8.44	52.50 5.99	0.90 1.56	34.01 5.27
12	0 0.12	1.682 3.34	0 6	88.53 2.38	5.20 3.25	6.26 2.68	4.08 1.07
13	0 0.12	0 2.5	-1.682 2.64	61.21 7.39	49.39 4.44	3.00 1.34	21.55 4.58
14	0 0.12	0 2.5	1.682 9.36	84.69 2.06	11.26 2.06	4.05 0	5.33 0.63
15	0 0.12	0 2.5	0 6	89.06 4.69	8.85 3.93	2.08 0.91	4.79 0.31
16	0 0.12	0 2.5	0 6	86.98 1.80	8.33 2.38	4.69 1.56	4.45 0.41
17	0 0.12	0 2.5	0 6	89.42 1.83	6.35 1.59	4.23 2.42	4.32 0.61
18	0 0.12	0 2.5	0 6	88.56 2.41	9.88 0.92	1.56 1.57	4.87 0.92
19	0 0.12	0 2.5	0 6	86.46 5.49	7.29 0.90	6.25 4.69	4.84 0.48
20	0 0.12	0 2.5	0 6	88.02 1.81	9.37 1.57	2.61 0.91	5.87 0.91

Pri idealnom rasporedu semena u zemljištu ne treba da postoji izostavljanje ili višestrukost, indeks kvaliteta setve treba da bude 100%, a geometrijsko odstupanje takođe da bude nula [10].

Kao što se može videti sejalice koja vrši isejavanje pri perifernoj brzini 0,08 m·s<sup>-1</sup>, s prečnikom otvora setvene ploče 3mm i potpritiskom 4 kPa (eksperiment 2, Tab. 2) daje odgovarajući rezultat kvadratnog člana indeksa kvaliteta setve, indeksa izostavljanja i višestrukosti semena i geometrijskog odstupanja [8]. Rezultati mogu biti tumačeni dobro izabranim opsegom nezavisnih promenljivih i vrednošću koraka.

Sledeće polinomne funkcije sa transformisanim zavisnim promenljivim za preciznije predviđanje razvijeni su korišćenjem tri ponavljanja u svakom slučaju za:



- model indeksa kvaliteta setve ( $I_{qf}$ )

$$\sqrt{I_{qf}} = 9,33 - 0,412X_1 + 0,943X_2 + 0,702X_3 + 0,351X_1X_2 + 0,693X_2X_3 - 0,361X_2^2 - 0,385X_3^2, \quad (4)$$

- model indeksa izostavljanja semena ( $I_{miss}$ )

$$\sqrt{\frac{I_{miss}}{100 - I_{miss}}} = 0,317 + 0,129X_1 - 0,307X_2 - 0,208X_3 - 0,103X_1X_2 + 0,197X_2X_3 - 0,101X_2^2 - 0,112X_3^2, \quad (5)$$

- i model geometrijsko odstupanja  $E_{rms}$ :

$$\sqrt{E_{rms}} = 2,165 - 0,304X_1 + 1,192X_2 + 0,752X_3 + 0,223X_1X_2 + 0,788X_2X_3 - 0,511X_2^2 - 0,353X_3^2. \quad (6)$$

Rezultati postepene regresivne analize za svaku funkciju data je u Tabelama 3-5.

Sejalica je delovala u optimalnom nivou da verifikuje rezultate od svakog modela. Napravljeni su takođe neki dodatni potvrdni testovi za dalju verifikaciju modela. Sejalica je takođe testirana za različite teorijske razmake od 7 do 14,2 cm. Ovi testovi bili se preduzeti za dalju potvrdu optimalnog nivoa nađenih promenljivih. Sva ponavljanja bila su upotrebljavana za razvijanje funkcija odzivnih površina. Funkcije odzivnih površina bile su razvijene za svaki kriterijum ispitivanih osobina.

Model za indeks višestrukosti semena nije izvođen pomoću raspoloživih podataka. Modeli su važeći za brzinu rotacije setvenih ploča od  $0,053 \text{ m s}^{-1}$  do  $0,192 \text{ m s}^{-1}$ , za prečnik otvora na setvenim pločama od 1.66 mm do 3.34 mm i za vakum na setvenim pločama od 2.64 kPa do 9.36 kPa.

Na osnovu rezultata postepene regresivne analize, najvažnija promenljiva koja je merodavna za setvu je prečnik rupe, pošto je odgovoran za 38%, 43% i 47% varijacija u posmatranim indeksima, (Jednačine 1-3, Tabele 3-5).

Tabela 3. Rezultati postepene regresije za model indeksa kvaliteta setve  
Table 3. Results for the gradual regression model index quality planting

Promenljiva Variable	Koeficijent Coefficient	Prosečna greška Average error	Verovatnoća, p Probability, p	Koeficijent odredenosti, $R^2$ [%] Coefficient of Determination, $R^2$ [%]
const	9,330	0,0616	$2 \times 10^{-70}$	-
$X_2$	0,943	0,0481	$1 \times 10^{-25}$	38,67
$X_3$	0,702	0,0481	$1 \times 10^{-20}$	60,12
$X_2 X_3$	-0,693	0,0629	$3 \times 10^{-15}$	72,36
$X_1$	-0,412	0,0481	$3 \times 10^{-11}$	79,76
$X_3^2$	-0,385	0,0629	$9 \times 10^{-7}$	85,66
$X_2^2$	-0,361	0,0466	$3 \times 10^{-10}$	91,61
$X_1 X_2$	0,351	0,0629	$9 \times 10^{-7}$	94,75

Tabela 4. Rezultati postepene regresije za model indeksa izostavljanja semena  
 Table 4. Results for gradual regression model index omitting seeds

Promenljiva Variable	Koeficijent Coefficient	Prosečna greška Average error	Verovatnoća, p Probability, p	Koeficijent odredenosti, $R^2$ [%] Coefficient of Determination, $R^2$ [%]
const	0,317	0,0196	$6 \times 10^{-22}$	-
$X_2$	-0,307	0,0153	$4 \times 10^{-26}$	43,28
$X_3$	-0,208	0,0153	$1 \times 10^{-18}$	63,14
$X_2X_3$	0,197	0,0200	$1 \times 10^{-13}$	73,61
$X_I$	0,129	0,0153	$3 \times 10^{-11}$	81,24
$X_3^2$	0,112	0,0140	$6 \times 10^{-10}$	86,50
$X_2^2$	0,101	0,0140	$1 \times 10^{-8}$	91,50
$X_I X_2$	-0,103	0,0200	$3 \times 10^{-6}$	94,39

Tabela 5. Rezultati postepene regresije za model geometrijskog odstupanja  
 Table 5. Results gradual regression model for geometric tolerances

Promenljiva Variable	Koeficijent Coefficient	Prosečna greška Average error	Verovatnoća, p Probability, p	Koeficijent odredenosti, $R^2$ [%] Coefficient of Determination, $R^2$ [%]
const	2.165	0.064	$2 \times 10^{-70}$	-
$X_2$	-1.192	0.050	$1 \times 10^{-29}$	47.60
$X_3$	-0.752	0.050	$1 \times 10^{-30}$	66.55
$X_2X_3$	0.788	0.065	$1 \times 10^{-16}$	78.74
$X_I$	0.511	0.048	$3 \times 10^{-14}$	87.01
$X_3^2$	0.353	0.048	$2 \times 10^{-9}$	91.45
$X_2^2$	0.304	0.050	$1 \times 10^{-7}$	94.54
$X_I X_2$	-0.230	0.065	$9 \times 10^{-4}$	95.58

U sva tri modela opisana jednačinama i tabelarno uočava se nedostatak kvadratnog uticaja periferne brzine setvene ploče. Ovo znači da periferna brzina ploče linearno utiče na ovaj fizički problem i da manja brzina znači veći indeks kvaliteta setve [5]. Manja brzina ploče takođe redukuje indeks izostavljanja semena i kvadratnokoreno odstupanje. Optimalni nivoi prečnika otvora i vakuma vrednovani po sva tri modela veoma su bliski (Tab. 6).

Interesantno je primetiti da su površine indeksa izostavljanja semena i  $E_{rms}$  vrlo sličnog oblika. Gubici koji su se dogodili za vreme testova prouzrokovali su odstupanja u teorijskom međusetvenom rastojanju, i kao rezultat,  $E_{rms}$  funkcija ima slični oblik kao funkcija indeksa izostavljanja zrna.

Tabela 6 Optimalni nivoi promenljivih za razvijene modele  
 Table 6 Optimal levels of variables in developed models

Model Model	Optimalni nivo za prečnik otvora The optimal level for hole diameter		Optimalni nivo za vakuumski pritisak The optimal level of vacuum pressure	
	Kodirano Coded	Nekodirano [mm] Uncoded [mm]	Kodirano Coded	Nekodirano [kPa] Uncoded [kPa]
$I_{gf}$	1,173	3,08	-0,11	5,8
$I_{miss}$	1,250	3,12	-0,17	5,7
$E_{rms}$	1,320	3,16	-0,41	5,2

Da bi se pronašao optimalan opseg korišćenja je optimizacija nivoa prečnika rupe i vakuumske pritiska pomoću tri različita modela, a konture odzivnih površina indeksa izostavljanja semena, indeksa kvaliteta setve i kvadratnokorenog odstupanja bili su preklapani. Optimalni nivo koji je prikazan za svaki model je u istakanom regionu i ovo je takav region u kome se može očekivati indeks kvaliteta setve približno 99% ili 100% i mini-

malna kvadratnokorena greška i indeks izostavljanja semena. Prečnik rupe od 3.1 mm i potpritisak od 5.5 kPa su podesni nivoi za rad sejalice u optimalnom radnom režimu, respektivno, za odabrane koeficijente.

## ZAKLJUČAK

Metodologija odzivnih površina je koristan alat i daje vrednosti optimalnih performansi u preciznih sejalice. Razvijene jednačine mogu biti korišćenje za postavljanje performansi u zavisnosti od promenljivih poput indeksa kvaliteta setve, indeksa izostavljanja semena i odstupanja od teorijskog međusetvenog rastojanja za sličan tip sejalice kao što je ona korišćena u studiji pod poznatim radnim uslovima. Tačnost međusetvenog rastojanja najviše zavisi od prečnika otvora na setvenim pločama. Optimalna vrednost ovog prečnika je oko 3 mm. Nivo potpritisaka je važan i povezan sa prečnikom otvora a izbor za njegov optimalni nivo na osnovu fizičkih osobina semena je oko 5.5 kPa. Periferna brzina setvenih ploča takođe utiče na međusetveno rastojanje, ali porast u brzini odražava se obrnuto proporcionalno na kvalitet setve, indeks izostavljanja semena i kvadratnokoreno odstupanje. U praktičnim uslovima povećavanje kapaciteta sejalice, broj otvora na setvenim pločama trebao bi biti maksimalan pošto će ovo smanjiti perifernu brzinu setvenih ploča, a sledstveno, maksimalan indeks kvaliteta setve povećava tačnost međusetvenog rastojanja, kao i smanjenje izostavljanja i višestrukosti semena. Geometrijsko odstupanje trebalo bi da bude korišćeno kao pokazatelj, pošto tačnost razmaka ne treba da bude zasnovana samo na gornjem maksimumu indeksa kvaliteta setve već takođe na minimiziranju izostavljanja i višestrukosti semena i odstupanju od teorijskog razmaka.

## LITERATURA

- [1] Box, G.E.P, Draper, N. 1987. *Empirical Model-Building and Response Surfaces*. John Wiley & Sons, New York, 669.
- [2] Kachman, S.D., Smith, J.A. 1995. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. *Transactions of the ASAE*. 38(2): 379-387.
- [3] Karayel, D., Barut, Z.B., Özmerzi, A. 2008. Mathematical Modelling of Vacuum Pressure on a Precision Seeder. *Biosystems Engineering*. 87(4): 437-444.
- [4] Karayel, D. 2007. Performance of a modified precision vacuum seeder for no-till sowing of maize and soybean. *Soil and Tillage Research*. 41(2): 56-67
- [5] Marković, D., Veljić, M., Simonović, V. 2009. Razvoj rešenja za softversko upravljanje brzinom setvenih ploča sejalice. *Poljoprivredna tehnika*. 34(1): 137-144
- [6] Milenković, B., Barać, S. 2010. Uticaj brzine rada setvenih agregata na ostvareni prinos kukuruza. *Poljoprivredna tehnika*. 35(2): 73-77.
- [7] Milenković, B., Barać, S. 2008. Uticaj brzine rada setvenih agregata na distribuciju semena u redu i ostvareni sklop biljaka kukuruza. *Poljoprivredna tehnika*. 33(2): 65-71.
- [8] Mileusić, Z., Đević, M., Petrović, D., Miodragović, R. 2008. Optimizacija traktorsko-mašinskih sistema za obradu zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 34(3-4).
- [9] Moody, F.H., Hancock, J.H., Wilkerson, J.B. 2003. Evaluating planter performance-cotton seed placement accuracy. *ASAE Paper*. 3: 1146.
- [10] Yazgi, A., Degirmencioglu, A. 2007. Optimisation of the seed spacing uniformity performance of a vacuum-type precision seeder using response surface methodology. *Biosystems Engineering*. 97(3): 347-356.

## FORMIRANJE BAZNOG MODELA TRANSPORTA POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA

Zoran Mileusnić<sup>\*1</sup>, Rajko Miodragović<sup>1</sup>, Đorđe Mišković<sup>2</sup>,  
Aleksandra Dimitrijević<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,  
Beograd-Zemun

<sup>2</sup>Plattner d.o.o. Bačka Palanka

**Sadržaj:** U radu su objašnjeni principi organizacije transportnog procesa i transportnog ciklusa i dati su svi potrebni inputi za formiranje baznog modela transporta poljoprivrednih proizvoda. Predmet ovog rada je razvoj baznog modela transporta i proračun potrebnih resursa. Izrada plana je bitna i bitan je plan kao dokument po kome se postupa, ali plan je samo jedan dokument u datom preseku vremena. Upravo razvoj ovakvog modela treba da omogući lakše planiranje i izradu osnovnog plana i sve njegove naknadne korekcije. Praktičan cilj rada su osnovni parametri modela neophodni u procesu planiranja optimizacije transportnih sistema.

**Ključne reči:** transport, bazni model, parametri i komponente modela, transportni ciklus

## BASIC MODEL FOR OPTIMAL TRANSPORT ORGANISATION IN AGRICULTURE

Zoran Mileusnić<sup>1</sup>, Rajko Miodragović<sup>1</sup>, Đorđe Mišković<sup>2</sup>,  
Aleksandra Dimitrijević<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering,  
Belgrade-Zemun, Republic of Serbia

<sup>2</sup>Plattner d.o.o. Bačka Palanka, Republic of Serbia

**Abstract:** In this paper basic principles of transport organization in agriculture are presented as well as details about the transportation cycles. The paper also gives all necessary inputs for the model definition regarding the transportation for the agricultural products. The paper deals with the development of the basic model for calculation of the necessary resources in optimal transportation organization. Development of the plan is very important and the plan itself is only a single document in the given time section. Development of such a plan should make planning and development of the basic plan easier. The most important part of this research was to define and analyze all the necessary inputs for the optimal organization of the agricultural product transportation.

**Key words** transportation, basic model, model parameters and components, transportation cycle.

---

\* Kontakt autor. E-mail: zoranm@agrif.bg.ac.rs

Rezultati istraživanja su proizašli iz projekta TR 310 51 „Unapređenje biotehnoških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda“, koga finansira Ministarstvo prosvete, neuke i tehnološkog razvoja RS.

## UVOD

Transport i manipulacija teretom predstavljaju veoma važan deo procesa u poljoprivrednoj proizvodnji, a može se reći da se to posebno odnosi na fazu ubiranja roda. Vremenski period za koji to mora biti urađeno je promenljiva kategorija te to ima za posledicu pojavu dva uticajna faktora. Prvi je, koliko vremena proizvod u zahtevanoj fazi zrelosti može da opstane sa nepromenjenim kvalitetom. Drugi faktor je koliko je proizvod osetljiv na delovanje atmosferskih parametara. Svakako je dominantan uticaj onog faktora koji ima kraći vremenski period. Pred proces transporta se postavljaju dva oprečna zahteva. Traži se da transport bude obavljen u što kraćem roku, a da istovremeno troškovi transporta budu minimalni kako bi manje uticali na cenu. Jasno je da i jedan i drugi zahtev ne mogu biti zadovoljeni u potpunosti. Stoga se pribegava kompromisnom rešenju da se potrebno vreme ne prekorači, a da se u tom vremenu troškovi minimiziraju. Ovaj uslov se postiže: proračunom svih potrebnih elemenata, pravovremenim planiranjem, pripremom transporta, organizacijom transporta, realizacijom transporta prema planu, stalnim praćenjem realizacije, korektivnim akcijama u odnosu na odstupanje od plana i kontrolom u svim fazama. Prema tome, transport je proces kojim se mora upravljati.

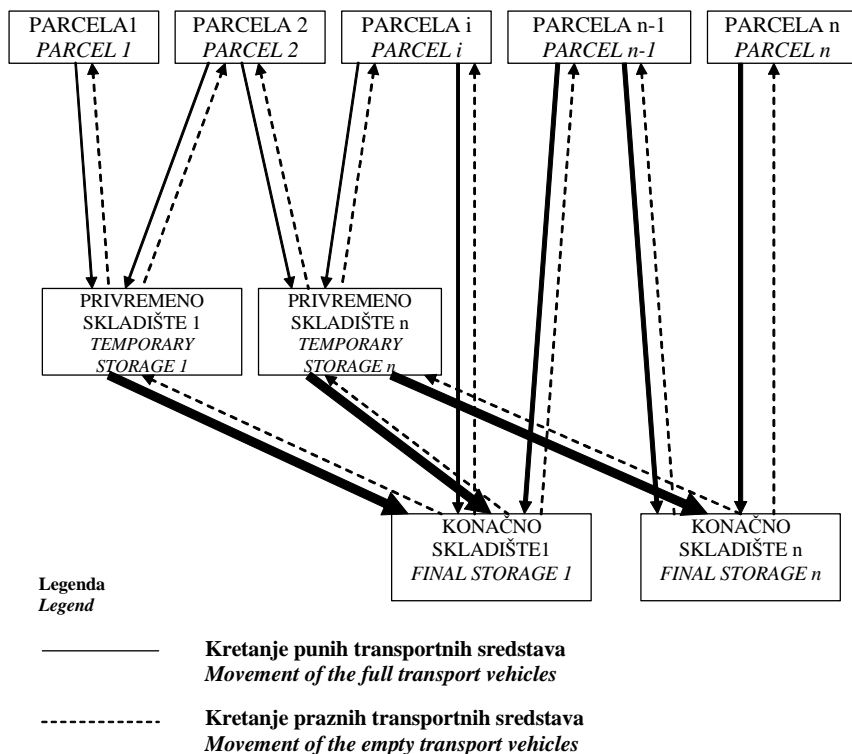
Predmet ovog rada je razvoj baznog modela transporta i proračun potrebnih resursa prema zadatom modelu transporta. Bazni model omogućava da se brzo izdvoje konkretni sažeti modeli po kojima bi bili izvedeni navedeni proračuni. Na taj način se dobijaju neophodni elementi za planiranje transporta.

Osnovni cilj rada je razvoj baznog modela transporta poljoprivrednih proizvoda od ubiranja do konačnog uskladištenja i proračun potrebnih resursa. Praktičan cilj su osnovni elementi neophodni u procesu planiranja optimizacije transportnih sistema.

## MATERIJAL I METOD RADA

Organizacija izvršenja transporta obavlja kroz više radnji, kao što su: priprema za transport, utovar tereta na utovarno-pretovarnom mestu, transport od mesta utovara do mesta istovara, istovar i skladištenje i izvršenje kretanja iz reona istovara do mesta razmeštaja [7].

Postupak izrade konkretnog modela je iterativni postupak i neodvojiv je od procesa proračuna. Prvo se postavi model, izvrši proračun, pa se zatim koriguje model i ponovo vrši proračun. Radi ilustracije ovog postupka, ovde je u skraćenom obliku prikazan bazni model transporta pri žetvi pšenice i on se naziva „neformalni opis modela“ [11]. Varijable i parametri nisu posebno prezentovani. Model se sastoji od komponenti koje su nazvane: parcela, privremeno skladište i konačno skladište (Slika 1).



Slika 1. Bazni model transporta pri žetvi pšenice  
 Figure 1. Base model for the wheat transportation during harvesting

Transportno-manipulativne jedinice se pojavljuju kao integracioni elementi u transportu i prosta primena paleta ili kontejnera, bez sistematizacija jedinica u transportu komadnih sredstava, ne omogućava njegovo puno iskorišćenje. Uvedene i prihvaćene transportno-manipulativne jedinice su mere koje omogućuju optimizaciju transporta i koordinaciju zahteva za racionalnim transportom [5].

Karakteristike poljoprivrednih proizvoda mogu se sagledavati i klasifikovati sa različitim stanovišta i po različitim principima deobe, a sve u zavisnosti od cilja zbog koga se te karakteristike uopšte sagledavaju [6]. U ovom radu su interesantne samo one karakteristike koje imaju uticaj na transport i manipulaciju poljoprivrednim proizvodima: direktne (mehanička svojstva) i indirektna (zahtevano vreme potrebno za transport). Sa stanovišta transporta interesantne su i sledeće karakteristike: namena poljoprivrednog proizvoda, mehanička svojstva poljoprivrednog proizvoda, potreba za klasiranjem, interval strpljivosti [8], osetljivost na uticaj atmosferskih parametara, posebne karakteristike transportovanog materijala.

Transport poljoprivrednih proizvoda je deo šireg logističkog lanca. Logistički lanci su u ovom radu prikazani samo u meri koja je neophodna za razvoj modela transporta. "Logistika predstavlja umeće rukovođenja i upravljanja tokom materijala i proizvoda od izvora do krajnjeg potrošača" [4], [7] i [9]. Procesnom dekompozicijom logistički lanac transporta se može razložiti na šest osnovnih procesa [1]: transport, poručivanje, pakovanje, skladištenje, pretovar i držanje zaliha.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Da bi se transport mogao što bolje organizovati neophodno je: izvršiti izbor najpovoljnijeg tipa vozila prema poslu i vrsti materijala, odrediti potreban broj vozila, uskladiti mogućnost rada na utovarno-istovarnim mestima prema broju planiranih vozila i odrediti brojno stanje potrebne radne snage za izvršenje posla [2], [3] i [10].

Jedan od osnovnih pokazatelja izbora tipa vozila je koeficijent iskorišćenja nosivosti vozila. Statički koeficijent iskorišćenja nosivosti, kada transport obavlja jedno vozilo, jeste odnos stvarno prevezene mase tereta u jednoj ili više vožnji i mase koju bi moglo vozilo prevesti da je maksimalno opterećeno:

$$\gamma_v = \frac{Q}{q} \quad (1)$$

gde je:

$q$  [t] - fabrička ili deklarirana nosivost vozila,

$Q$  [t] - masa tereta prevezena vozilom za više vožnji.

Ako se radi o grupi ili voznom parku istih vozila, onda je statički koeficijent iskorišćenja nosivosti:

$$\gamma_v = \frac{Q}{Aq} \quad (2)$$

gde je:

$A$  [vozila] - broj angažovanih vozila u transportu.

Koeficijent dinamičkog iskorišćenja nosivosti vozila ( $\varepsilon$ ) služi za analizu iskorišćenja vozila sa gledišta ostvarenog transportnog rada u nekom zadatku.

$$\varepsilon = \frac{U}{qAk} \quad (3)$$

gde je:

$U$  [tkm] - ostvareni transportni rad,

$q$  [t] - deklarirana nosivost vozila,

$Ak$  [km] - ukupno pređeni put sa teretom.

Radna proizvodnost predstavlja prosečan učinak jednog vozila za jedan čas proveden na radu, izraženo u [t·km] ili [t·h<sup>-1</sup>] i dobija se kao odnos planiranog ili ostvarenog transportnog rada i ukupnog vremena:

$$W_u = \frac{U}{AT_r} = \frac{AQ_v L_t}{AT_r} = \frac{QL}{AT_r} \quad (4)$$

$$W_Q = \frac{Q}{AT_r} \quad (5)$$

gde je:

$W_u$  [tkm·h<sup>-1</sup>] - radna proizvodnost vozila prema transportnom radu,

$W_Q$  [t·h<sup>-1</sup>] - radna proizvodnost vozila prema količini tereta,

$Q_v$  [t] - masa tereta prevezena vozilom u jednoj vožnji,

$Tr$  [h] - ukupno radno vreme.

Za proračun potrebnog broja vozila mora se znati ukupna količina tereta i vrsta tereta, jer od toga zavisi koliko se tereta može smestiti na jedno vozilo i potrebno vreme za koje treba biti obavljen transport (za broj obrta). Potreban broj vozila ( $A$ ) se računa iz odnosa:

$$A = \frac{Q}{Q_v Z} = \frac{Q}{q \gamma_v Z} [\text{vozila}] \quad (6)$$

gde je:

$Z$  [tura] - broj obrta (tura).

U slučajevima kada se obavljaju veliki i složeni transportni poslovi, kao što su žetva pšenice, kukuruza i drugih kultura, kada poslovi vremenski traju duže, a intenzitet eksploatacije je veliki, potreban broj transportnih sredstava se povećava za 10-15%. Razlog povećanja su otkazi koji mogu da se dogode na transportnim sredstvima.

Prostori za utovar i istovar obrazuju front utovara i istovara čije razmere zavise od načina postavljanja vozila i njihovih dimenzija. Ako na utovarno-istovarnom mestu u toku jednog dana treba pretovariti određenu količinu tereta ( $Q$ ), onda se broj radnih mesta ( $N$ ) određuje prema propusnoj moći jednog mesta ( $Q_{cm}$ ) i ukupnog vremena rada utovarno-istovarne stanice ( $T$ ):

$$N = \frac{Q}{Q_{cm} T} \quad (7)$$

Propusna moć jednog radnog mesta se izražava količinom tereta koji se može utovariti ili istovariti za 1 čas rada na radnom mestu, prema:

$$Q_{cm} = \frac{1}{t_1} [th^{-1}] \quad (8)$$

gde je:

$t_1$  [h·t<sup>-1</sup>] - vreme potrebno za utovar ili istovar jedne tone,

pa je onda potreban broj radnih mesta:

$$N = \frac{Q t_1}{T} \quad (9)$$

Propusna moć utovarno-istovarne stanice ( $Q_c$ ) zavisi od broja radnih mesta i njihove propusne moći:

$$Q_c = N Q_{cm} = \frac{N}{t_1} \quad (10)$$

Ako je poznat broj vozila i vrsta tereta, koje u toku zadatog vremena treba opslužiti u stanici za utovar ili istovar, onda se potreban broj radnih mesta izračunava preko propusne moći jednog radnog mesta, ali izraženo brojem vozila:

$$N = \frac{A}{A_{cm} T} = \frac{A q \gamma_v t_1}{T} \quad (11)$$

Propusna moć dobija se preko propusnih moći pojedinih radnih mesta, koje zavise od potrebnog vremena za utovar jednog vozila. Propusna moć jednog radnog mesta u ovom slučaju se računa prema:

$$A_{cm} = \frac{1}{t_{u(i)}} = \frac{1}{Q_v t_1} [\text{vozh}^{-1}] \quad (12)$$



Propusna moć utovarno-istovarnog mesta ( $A_c$ ) je tako:

$$A_c = NA_{cm} = \frac{N}{t_u} = \frac{N}{Q_v t_1} [\text{vozh}^{-1}] \quad (13)$$

Ako je pak poznat broj radnih mesta, onda se određuje broj vozila koja se mogu opsluživati na tom mestu prema:

$$A = \frac{NT}{q\gamma_v t_1} = \frac{NT}{Q_v t_1} [\text{vozila}] \quad (14)$$

Organizacija radnih mesta mora biti sprovedena tako da nema zastoja u radu i da vozila ne čekaju na utovar ili istovar. Pod ritmom rada stanice ( $R$ ) podrazumeva se vreme između otpravljanja utovarenih ili istovarenih vozila iz stanice ( $t_{u(i)}$ ). Ako u utovarno-istovarnoj stanici ima više radnih mesta, smanjuje se vreme između gotovosti vozila za pokret srazmerno broju mesta, pa je tada:

$$R = t_{u(i)} = Q_v t_1 \quad (15)$$

Na utovarno-istovarnoj stanici sa više radnih mesta, skraćuje se vreme između gotovosti vozila za pokret srazmerno broju mesta, pa je tada:

$$R = \frac{Q_v t_1}{N} \quad (16)$$

Interval stizanja ( $I_v$ ) je vreme između dolaska dva uzastopna vozila na pretovarno mesto. On je jednak vremenu obrta vozila na liniji ako radi jedno vozilo:

$$I_v = t_0 \quad (17)$$

odnosno, ako ima više vozila ( $A_1$ ), onda se interval stizanja skraćuje:

$$I_v = \frac{t_0}{A_1} [h] \quad (18)$$

Optimalna organizacija se postiže u slučaju da su ritam rada stanice i interval stizanja vozila isti, iz uslova:

$$R = I_v \quad (19)$$

Odavde se zamenom dobija potreban broj radnih mesta na utovaru ili istovaru:

$$N = \frac{A_1 t_{u(i)}}{t_o} \quad (20)$$

ili potreban broj vozila koji se može opslužiti na  $N$  radnih mesta:

$$A_1 = \frac{N t_o}{t_{u(i)}} [\text{vozila}] \quad (21)$$

Kada je potreban broj vozila za izvršenje zadatka veći od broja vozila ( $A_1$ ) koji može da se opsluži na utovarno-istovarnoj stanici, tada je broj radnih mesta ograničenje. U tom slučaju mora se povećati broj radnih mesta, smanjiti vreme utovara, ili produžiti vreme izvršenja zadatka. Potreban broj transportnih sredstava ( $A$ ) za pretovar zavisi od ukupne količine tereta koji treba pretovariti ( $Q$ ), broja obrta ( $Z$ ) koji vozila mogu izvršiti u raspoloživom vremenu i od količine tereta koja se može smestiti na jedno vozilo ( $Q_v$ ):

$$A = \frac{Q}{Q_v Z} = \frac{Q}{q \gamma_v Z} \quad (22)$$

Broj radnika ( $Z_v$ ) zavisi od količine tereta koji treba da se pretovari ( $Q$ ), od toga koliko jedan radnik može da pretovari za jedan čas rada (od njegove proizvodnosti  $W_z$ ) i od vremena za koje pretovar treba da se obavi ( $T_s$ ):

$$Z_v = \frac{Q}{W_z T_s} [\text{radnika}] \quad (23)$$

Proizvodnost radnika, kada nije normirana, može se izračunati, a zavisi od broja prenošenja (radnih ciklusa  $n$ ) koje radnik obavi za jedan čas i mase tereta u jednom ciklusu ( $q_k$ ):

$$W = n q_k [th^{-1}] \quad (24)$$

Broj ciklusa u jednom času zavisi od trajanja jednog radnog ciklusa ( $T_c$ ), a izražava se u sekundama:

$$n = \frac{3600}{T_c} \quad (25)$$

Ako je masa tereta data u kilogramima, onda se pretvara u tone, pa je proizvodnost:

$$W_z = \frac{3600 q_k}{T_c 1000} = \frac{3,6 q_k}{T_c} [th^{-1}] \quad (26)$$

Do vremena trajanja ciklusa može se doći snimanjem vremena ili proračunavanjem na osnovu raspoloživih podataka. Vreme trajanja jednog ciklusa, se načelno, sastoji od vremena prihvatanja tereta, ( $t_p$ ), i vremena prenosa i povratka po novi teret i vremena odlaganja tereta, ( $t_s$ ):

$$T_c = t_p + \frac{2L}{v} + t_s [s] \quad (27)$$

gde je:

$L$  [m] - put prenosa tereta,

$v$  [ $m \cdot s^{-1}$ ] - srednja brzina koja se za put do 30 m kreće 0,5-1  $m \cdot s^{-1}$ ,

$t_p, t_s$  [s] - vreme iznosi od 3 do 5 sekundi.

Zamenom vrednosti u jednačini (23) za proizvodnost ( $W_z$ ) iz jednačine (26), dobija se potreban broj radnika ( $Z_v$ ):

$$Z_v = \frac{Q}{\frac{3,6 q_k}{T_c} T_s} = \frac{Q T_c}{3,6 q_k T_s} \quad (28)$$

Proizvodnost po radniku u pretovaru iznosi u privredi 0,6-1,2 [ $t \cdot h^{-1}$ ] za duži rad. Radnu snagu treba realno planirati kako ne bi došlo do nagomilavanja ljudi, ili pak produženja vremena pretovara zbog manjeg broja ljudi. U slučajevima kada nema vremena za proračune, radna snaga se određuje i prema opštim empirijskim vremenskim normama, koje su date u Tabeli 1.

Ovo su privredne norme, a u ekstremnim uslovima ih treba povećati za 10 do 20%. U utovarno-istovarne norme su uračunata i sva vremena pripreme vozila i dokumentacije pre i posle obavljenog procesa. Tehnička proizvodnost kod mašina sa prekidnim dejstvom

zavisi od broja radnih ciklusa koji se obavi u toku jednog časa i mase tereta koju može da se pretovari u jednom ciklusu:

$$W_t = nq_m = \frac{3600}{T_c} q_m [th^{-1}] \quad (29)$$

gde je :

- $W_t$  [t·h<sup>-1</sup>] - tehnička proizvodnost mašine,  
 $q_m$  [t] - nosivost mašine ili radnog organa,  
 $T_c$  [s] - vreme trajanja ciklusa.

Tabela 1. Norme utovara i istovara vozila u zavisnosti od nosivosti [7]  
 Table 2. Norms for loading and unloading vehicles, depending on the load [7]

Nosivost vozila [t] Capacity of the transport [t]	Vreme trajanja [min] Duration [min]	
	Utovar Loading	Istovar Unloading
< 1,5	19	13
1,5 - 2,5	20	15
2,5 - 4,0	24	18
4,0 - 7,0	29	22
7,0 - 12,0	37	28
12,0 - 15,0	45	34

Vreme za koje se obavi jedan ciklus je različito:

a) za mašine s horizontalnim premeštanjem tereta:

$$T_c = t_u + \frac{L}{v_1} + t_i + \frac{L}{v_2} [s] \quad (30)$$

gde je :

- $v_1, v_2$  [m·s<sup>-1</sup>] - brzina zahvatnog organa sa teretom i bez tereta,  
 $t_u, t_i$  [s] - vreme utovara i istovara tereta,  
 $L$  [m] - put prenosa tereta,

b) kod mašina s vertikalnim kretanjem tereta:

$$T_c = t_u + \frac{2h}{v} + t_i [s] \quad (31)$$

gde je :

- $h$  [m] - visina dizanja ili spuštanja tereta,  
 $v$  [m·s<sup>-1</sup>] - srednja brzina podizanja i spuštanja.

c) kod mašina sa kombinovanim premeštanjem tereta:

$$T_c = t_u + t_i + \left( \frac{4h}{v} + \frac{L}{v_1} + \frac{L}{v_2} \right) \varphi [s] \quad (32)$$

gde je :

- $\varphi$  [-] - koeficijent manji od jedinice, a određuje se prema vrsti mašine.

Tehnička proizvodnost kod mašina s neprekidnim dejstvom pri pretovaru komadne robe može se odrediti kao:

$$W_t = nq_k [th^{-1}] \quad (33)$$

gde je:

- $n$  [kom·h<sup>-1</sup>] - broj komada pretovarenih u toku jednog časa,  
 $q_k$  [t] - masa jednog komada.

Broj komada u toku časa je zavisan od rastojanja između njih i brzine prenosa, odnosno kretanja zahvatnog organa:

$$n = \frac{3600}{T} = \frac{3600}{\frac{x}{v}} = \frac{3600v}{x} [\text{kom}] \quad (34)$$

gde je:

- $t$  [s] - vreme pretovara jednog komada,
- $h$  [m] - rastojanje između komadnih tereta na traci,
- $v$  [m·s<sup>-1</sup>] - brzina kretanja zahvatnog organa.

Zamenom za  $n$  iz izraza (34) u izraz (33) se dobija tehnička proizvodnost:

$$W_t = \frac{3600vq_k}{1000x} = \frac{3,6vq_k}{x} [th^{-1}] \quad (35)$$

Eksploataciona proizvodnost predstavlja učinak mašine, u određenom vremenu ili u toku jedne smene u konkretnim uslovima i sa određenom organizacijom. Može se izračunati umanjivanjem tehničke proizvodnosti zbog gubitaka u radnom vremenu i nepotpunog iskorišćenja nosivosti zahvatnog organa kao:

$$W_e = W_t \delta \gamma_0 T_s [t / \text{smeni}] \quad (36)$$

gde je:

- $W_e$  [t·smena<sup>-1</sup>] - eksploataciona proizvodnost,
- $T_s$  [h] - vreme rada pretovarne stanice,
- $\delta$  [-] - 0,8-0,9 - koeficijent iskorišćenja radnog vremena,
- $\gamma_0$  [-] - koeficijenti iskorišćenja nosivosti zahvatnih organa.

Na osnovu eksploatacione proizvodnosti i ukupnih količina materijala za pretovar određuje se potreban broj pretovarnih mašina ( $Z_m$ ):

$$Z_m = \frac{Q}{W_e} [\text{kom}] \quad (37)$$

Osnovni uslov za racionalnu upotrebu pretovarnih mašina jeste da one ne prekidaju rad. Zato je najbolje da se organizuje kružno kretanje vozila u koja se vrši pretovar (utovar ili istovar). U ovom slučaju vreme pretovara ( $t_u$ ) treba izjednačiti s intervalom stizanja vozila ( $I_v$ ) kako bi se postigao optimalan rad:

$$t_u = I_v \quad (38)$$

Vreme za koje pretovarna mašina utovari jedno vozilo može se uzeti iz normativa ili izračunati prema:

$$t_u = Q_v t_1 [h] \quad (39)$$

gde je:

- $Q$  [t] - količina tereta na vozilu,
- $t_1$  [h·t<sup>-1</sup>] - vreme utovara 1t tereta

Vreme utovara ( $t_1$ ) se dobijao kada se vreme jednog časa подели s proizvodnošću mašine:

$$t_1 = \frac{1}{W_t} [ht^{-1}] = \frac{60}{W_t} [\text{min } t^{-1}] \quad (40)$$

Zamenom izraza (40) u izraz (39) za ( $t_u$ ) se dobije:

$$t_u = \frac{Q_v}{W_t} [h] \quad (41)$$

Interval u kome stiže vozilo na pretovarnu stanicu zavisi od vremena trajanja jednog obrta ( $t_o$ ) i broja vozila:

$$I_v = \frac{t_o}{A_r} [h] \quad (42)$$

Zamenom se dobija potreban broj vozila za racionalan pretovar prema:

$$\frac{Q_v}{W_t} = \frac{t_o}{A_r} \quad (43)$$

$$A_r = \frac{W_t t_o}{Q_v} \quad (44)$$

Ukoliko se raspolaže sa  $N$  mašina ili radnih mesta, onda će broj vozila biti:

$$A_r = N \frac{W_t t_o}{Q_v} \quad (45)$$

Ako se planiranje vrši prema prosečnim normama za mehanizovani pretovar, onda se broj potrebnih vozila računa kao:

$$t_u = \frac{t_o N}{A_r} \quad (46)$$

$$A_r = \frac{t_o N}{t_u} \quad (47)$$

Vreme utovara i istovara vozila zavisi od nosivosti vozila i količine tereta koju pretovarna mašina zahvata odjednom. Pri proračunu, ako je poznat broj raspoloživih vozila, može se iz gornjih jednačina izabrati pretovarna mašina prema potrebnoj proizvodnosti. Potrebna radna snaga za obavljanje mehanizovanog pretovara, kada se mašina opslužuje radnicima, dobija se iz uslova da se operacije pretovara odvijaju neprekidno:

$$Z_r = \frac{W_t}{W_z} \quad (48)$$

Proizvodnost radne snage se određuje na isti način kao i kod ručnog pretovara:

$$Z_v = \frac{W_t T_c}{3,6 q_k} \quad (49)$$

gde je:

$q_k$  [t] - masa jednog komada tereta.

S obzirom na broj traktora i na njihove karakteristike, jasno je da je i da će traktorski transport biti korišćen kao sredstvo izvršenja transporta pri ubiranju. Prednost traktorskog transporta nad kamionskim je u tome što traktori imaju znatno veću prohodnost, mogu se koristiti za razne namene i ne moraju se zadržavati na mestu utovara-istovara. Jedina slaba

strana su im niske brzine kretanja [6]. Broj sredstava zavisi od količine tereta i raspoloživog vremena. Ako se za transport koristi jedan traktor, onda su potrebne najmanje 3 prikolicе za efikasno iskorišćenje traktora. Pri korišćenju većeg broja traktora, broj prikolicа zavisi od vremena utovarno-istovarnih radova i trajanja vožnje. Ukupan broj prikolicа u ovom slučaju ( $P_r$ ), jeste suma prikolicа koje su u transportu ( $P_v$ ), na utovaru ( $P_u$ ), i na istovaru ( $P_i$ ):

$$P_r = P_v + P_u + P_i \quad (50)$$

Za svaku prikolicu, koja se nalazi u vožnji, potreban je jedan traktor, pa će ukupan broj potrebnih traktora ( $A_t$ ) biti:

$$A_t = P_v \quad (51)$$

Broj potrebnih prikolicа određuje se iz uslova da nema čekanja. To se postiže ako je ritam rada utovarno-istovarnog mesta, ( $R_{ui}$ ), jednak intervalu pristizanja vozila ( $I_v$ ):

$$R_{ui} = I_v \quad (52)$$

Zavisno od broja radnih mesta, ritam utovarno-istovarnog mesta se računa posebno na utovaru i istovaru, ako su različita vremena utovara i istovara, pri tome on predstavlja odnos zbirnog vremena i ukupnog broja prikolicа:

$$R = \frac{t_{u(i)}}{N_{u(i)}} = \frac{t_{ui}}{N_{ui}} = \frac{t_{ii}}{P_{ui}} \quad (53)$$

Interval kretanja je vremenski period između dolaska dva uzastopna vučna vozila. On zavisi od vremena trajanja obrta traktora i njihovog broja:

$$I_v = \frac{t_{ot}}{A_t} [h] \quad (54)$$

gde je:

- $t_{ot}$  [h] - vreme obrta traktora,
- $A_t$  [kom] - broj vučnih traktora,
- $P_{ui}$  [kom] - broj prikolicа na utovaru i istovaru.

Vreme obrta traktora obuhvata vožnju u oba pravca i vremena potrebnog za priključivanje i otkaçivanje prikolicа na utovarno-istovarnim mestima ( $t_{po}$ ). Vreme vožnje je određeno daljinom transporta i srednjom brzinom kretanja traktora ( $V_{st}$ ):

$$t_{ot} = 2t_v + 2t_{po} = 2\left(\frac{L_t}{V_{st}} + t_{po}\right) = \frac{2(L_t + V_{st}t_{po})}{V_{st}} [h] \quad (55)$$

Ako se ovo uvrsti u izraz (54) za interval kretanja:

$$I_v = \frac{t_{ot}}{A_t} = \frac{2(L_t + V_{st}t_{po})}{V_{st}A_t} \quad (56)$$

dobija se:

$$\frac{t_{ui}}{P_{ui}} = \frac{2(L_t + V_{st}t_{po})}{V_{st}A_t} \quad (57)$$

$$P_{ui} = \frac{t_{ui}V_{st}A_t}{2(L_t + V_{st}t_{po})} \quad (58)$$

Ukupan broj potrebnih prikolica dobija se sabiranjem:

$$P_r = P_v + P_{ui} = A_t + \frac{t_{ui} V_{st} A_t}{2(L_t + V_{st} t_{po})} \quad (59)$$

$$P_r = A_t \left[ 1 + \frac{t_{ui} V_{st} A_t}{2(L_t + V_{st} t_{po})} \right] \quad (60)$$

Kada je poznat broj prikolica, onda se može odrediti broj vučnih vozila ( $A_t$ ). Ako je količina tereta ograničena, onda se prema njoj izračunava broj prikolica:

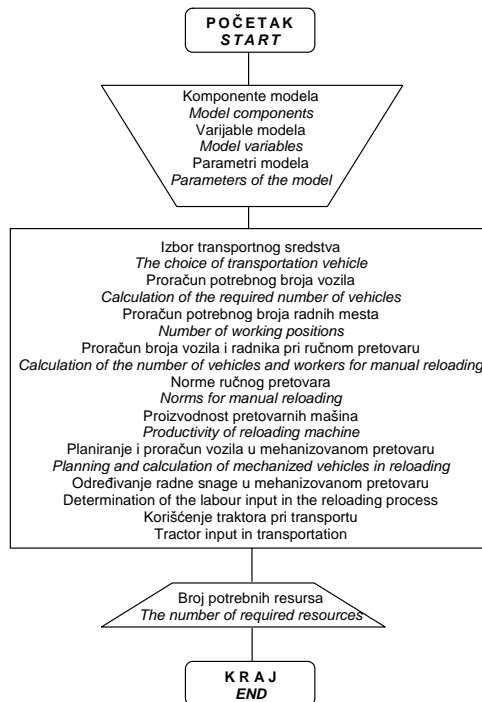
$$P_r = \frac{Q}{q_t \gamma_t Z} [\text{prikolica}] \quad (61)$$

gde je:

$q_t$  [t] - nosivost prikolice,

$\gamma_t$  [-] - koeficijent iskorišćenja nosivosti.

Preporučljivo je da se pri organizaciji rada predvidi rezerva transportnih kapaciteta 10-15% za intervenciju u slučaju poremećaja u intervalima stizanja vozila. Pri transportu velike količine materijalnih sredstava, broj vučnih sredstava treba uvećati za jedno po stanici, radi obezbeđenja manipulacije punim i praznim prikolicama. Osnov za planiranje su resursi koji se mogu upotrebiti da bi transportni zadatak bio najbrže izvršen. Svako angažovanje resursa preko tog broja predstavlja u suštini samo trošak. Bez promene osnovnih elemenata uvedenih u proračun, transportni zadatak ne može biti izvršen brže, a povećanje resursa je u tom slučaju nepotrebno. Algoritam proračuna koji su predhodno dati, prikazan je na Slici 2.



Slika 2. Algoritam modela za proračun potrebnih resursa u transportu  
 Figure 2. The algorithm for the calculation of the model required resources in transport

## ZAKLJUČAK

Do konačnog uskladištenja poljoprivrednih proizvoda, transport predstavlja poslednju fazu u procesu poljoprivredne proizvodnje. Neadekvatnom realizacijom ove faze proizvodnje može se u velikoj meri dovesti u pitanje jednogodišnji rad i ulaganja, a to ima za posledicu smanjenje efikasnosti i porast cene celokupnog procesa proizvodnje.

Model koji je prikazan je bazni. Kao takav on se ne može primeniti, ali zato omogućava da se brzo uspostave konkretni, takozvani, "sažeti" modeli, koji su primenljivi.

Ponuđeni model, omogućava da se brzo proračunaju potrebni resursi. Ovi modeli „brzih proračuna“ daju rezultate sa zadovoljavajućom tačnošću, što je provereno, kako eksperimentalno, tako i empirijski. Primena kompleksnijih metoda za ovakve slučajeve ne bi dala bolje rezultate, već bi samo nepotrebno, zakomplikovala model. To ne znači da u nekim drugim slučajevima složenije metode ne treba primenjivati.

Primenom ovog modela mogu se dobiti svi elementi za planiranje transporta u konkretnim, različitim situacijama. Na ovaj način se dobija alat koji omogućava da se u slučaju poremećaja može brzo doći do novih elemenata koji omogućavaju da se izvrši preplaniranje.

## LITERATURA

- [1] Cakić, S. 2000. *Istraživanje i izbor pokazatelja stanja iskorišćenja sredstava integralnog transporta*. Magistarski rad. VTA, Beograd.
- [2] Đokić, L. 1979. *Organizacija drumskog transporta*. Građevinska knjiga, Beograd.
- [3] Jevtić, M. 1984. *Logistika*. VIZ, Beograd.
- [4] Mileusnić, N. 1990. *Unutrašnji transport i skladišta*. Naučna knjiga, Beograd..
- [5] Miladinović, V., Mitić, Ž. 1980. *Savremene metode skladištenja, manipulisanja i transporta*. TŠC KoV JNA, Zagreb.
- [6] Novaković, D., Đević, M. 1999. *Transport u poljoprivredi*. Poljoprivredni fakultet, Beograd,
- [7] Pantelić, V. 1986. *Snabdevanje tehničkim materijalnim sredstvima*. CVTŠ, Zagreb.
- [8] Vukićević, S. 1995. *Skladišta*. Preving, Beograd.
- [9] Zečević, S. 1996. *Model optimizacije logističkih lanaca u uslovima funkcionisanja RTC*. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- [10] Zečević, S. 1996. *Savremeno tumačenje logistike i logističkih sistema. Konceptija razvoja saobraćajnih sistema Jugoslavije do 2010 godine*. Zbornik radova. Subotica.
- [11] Zeigler, B.P. 1976. *Theory of modeling and simulation*. J.Wiley, New York.



# SNAGE STATORA I ROTORA ASINHRONOG GENERATORA SA DVOSTRANIM NAPAJANJEM PRIMENJENOG U VETROELEKTRANAMA

Žarko Milkić<sup>2\*</sup>, Đukan Vukić<sup>2</sup>, Aleksandar Čukarić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica

<sup>2</sup> Univerzitet i Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku

**Sažetak:** Zbog stohastičke prirode vetra, asinhroni generator sa dvostranim napajanjem, može se efikasno koristiti u procesu transformacije energije vetra u električnu energiju, naročiti za slučaj većih snaga. Posebna pogodnost ove vrste generatora ogleda se u tome, što efikasno mogu raditi sa brzinama koje su veće ili manje od sinhronne brzine. Na osnovu matematičkog modela, primenom teorije prostornih vektora, izvedeni su izrazi, odnosno nacrtane su karakteristike za aktivne i reaktivne snage statora, odnosno rotora.

Analizom dobijenih karakteristika uočeni su specifični tokovi aktivnih snaga sinhronih generatora sa dvostranim napajanjem, na osnovu čega je nacrtan energetski bilans i ukazano na prednosti njihovog korišćenja.

**Cljučne reči:** asinhroni generator sa dvostranim napajanjem, vetroelektrana, energetski pretvarač, snage statora i rotora, gubici snage

## STATOR AND ROTOR POWER OF THE DOUBLY-FED ASYNCHRONOUS GENERATOR APPLIED IN WIND POWER PLANTS

Žarko Milkić<sup>1</sup>, Đukan Vukić<sup>2</sup>, Aleksandar Čukarić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Pristina, Faculty of Technical Sciences, Kosovska Mitrovica, Republic of Serbia

<sup>2</sup> University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia

**Abstract:** Due to the stochastic nature of the wind, doubly-fed asynchronous generator can be used effectively in the process of transforming wind energy into electrical energy, especially for the case of higher power. A special advantage of this type of generator is reflected in the fact that they can work effectively with speeds that are greater or less than the synchronous speed. Mathematical model are defined applying a theory of space vectors. Expressions for active and reactive power of the stator and rotor are derived and obtained main characteristics are processed.

Analyzing the characteristics identified specific active power flow double-fed asynchronous generator, based on which energy balance is drawn, and the advantages of their use.

**Key words:** doubly-fed asynchronous generator, wind power plants, semiconductor converter, stator and rotor power, power losses.

---

\* Kontakt autor. E-mail: zarkomilkic@yahoo.com

Rad je rezultat istraživanja u okviru projekta „Razvoj novih informaciono-komunikacionih tehnologija, korišćenjem naprednih matematičkih metoda, sa primenama u medicini, telekomunikacijama, energetici, zaštititi nac. baštine i obrazovanju“, III-44006.

## UVOD

Od svih obnovljivih izvora energije, kada je u pitanju njena transformacija u električnu energiju, najznačajniju ulogu ima vetar, jer je vremenski neograničen, ekološki čist, a ujedno besplatan. U tom procesu pretvaranja energije vetra u električnu energiju, kao jedan od najvažnijih zahteva koji se tom prilikom javlja jeste izbor i konstrukcija električnog generatora, koga treba da karakteriše pouzdan i efikasan rad u datim uslovima, pogodan način priključenja na mrežu itd. Kako je korišćenje standardnih električnih generatora povezano sa nizom problema, kao jedno od najpogodnijih, nameće se rešenje sa asinhronim generatorom sa dvostranim napajanjem [1]. Upravo je zbog toga, ova vrsta generatora zadnjih godina predmet intenzivnih proučavanja. Njegov se rad zasniva na tome, što se stator priključuje direktno, a rotor preko energetske pretvarača napona i učestanosti, na istu mrežu. Zahvaljujući velikom razvoju energetske elektronike, pre svega povećanjem snage snažnih IGBT tranzistora, moguće je rad asinhronog generatora sa dvostranim napajanjem efikasno prilagoditi kako vetroturbini, tako i elektroenergetskom sistemu.

Na osnovu matematičkog modela, koji je definisan primenom teorije prostornih vektora, napisane su jednačine za aktivne i reaktivne snage statora i rotora. Koristeći ove jednačine, izvršen je proračun za generator snage  $S_n = 200$  kVA i nacrtane su karakteristike ovih snaga u funkciji klizanja, odnosno brzine obrtanja. Zahvaljujući sposobnosti energetske pretvarača u kolu rotora, da omogućavaju protok snage u oba smera, uočene su značajne prednosti u primeni ovih generatora.

## MATERIJAL I METOD RADA

Posmatra se rad asinhronog generatora sa dvostranim napajanjem u sinhronom režimu rada. Zato je najpogodnije koristiti matematički model dobijen primenom teorije prostornih vektora [2], [3], [4], koji je definisan u odnosu na referentnu osu vezanu za stator, čija je brzina jednaka sinhronoj brzini  $\omega_s$ , (kružna učestanost statora).

Naponske jednačine i jednačine za flukseve napisane u relativnim jedinicama imaju oblik:

$$u_s = -i_s r_s - (p + j)\psi_s \quad (1)$$

$$u_r = -i_r r_r - (p + js)\psi_r \quad (2)$$

$$\psi_s = i_s x_s + i_r x_m \quad (3)$$

$$\psi_r = i_s x_m + i_r x_r \quad (4)$$

gde je:

$$x_s = x_{s\gamma} + x_m \quad - \text{ukupna induktivna otpornost po fazi statora,}$$

$$x_r = x_{r\gamma} + x_m \quad - \text{ukupna induktivna otpornost po fazi rotora,}$$

a klizanje definisano relacijom:

$$s = f_r / f_s = (\omega_s - \omega) / \omega_s \quad (5)$$

Za stacionarni režim ( $p = 0$ ), dobijamo:

$$u_s = -i_s r_s - j\psi_s \quad (6)$$

$$u_r = -i_r r_r - js\psi_r \quad (7)$$

$$\psi_s = i_s x_s + i_r x_m \quad (8)$$

$$\psi_r = i_s x_m + i_r x_r \quad (9)$$

Vektor napona statora  $u_s$ , usvajamo da se poklapa sa pozitivnim smerom realne ose, dok vektor napona rotora  $u_r$ , prednjači za ugao  $\mathcal{G}$ . Dakle,

$$u_s = u_s \cdot e^{j0^\circ} \quad u_r = u_r \cdot e^{j\mathcal{G}} \quad (10)$$

odnosno, ugao  $\mathcal{G}$  je ugao pomeraja između vektora napona statora i rotora.

Na osnovu vektorskih dijagrama asinhronog generatora sa dvostranim napajanjem u sinhronom režimu rada [3], pokazuje se da se veza između ugla pomeraja vektora napona statora i rotora  $\mathcal{G}$  i ugla između ose rotora i vektora napona statora  $\delta$  (ugao opterećenja, po analogiji sa sinhronim mašinama) definiše relacijom:

$$\delta = \mathcal{G} - \alpha \quad (11)$$

gde je ugao  $\alpha$  definisan sledećim izrazom:

$$\alpha = \arctg\left(-\frac{b}{a}\right) = \arctg \frac{sr_s x_r - r_r x_s}{r_s r_r + sx_s x_r - sx_m^2} \quad (12)$$

Rešavanjem naponskih jednačina i jednačina za flukseve [5], [6], dobijamo izraze za:

- aktivne snage statora i rotora

$$p_s = \frac{u_s^2}{k_1^2 + k_2^2} \left[ (r_r k_1 + sx_r k_2) - ux_m (k_2 \cos \mathcal{G} + k_1 \sin \mathcal{G}) \right] \quad (13)$$

$$p_r = \frac{u_s^2}{k_1^2 + k_2^2} \left[ usx_m (k_1 \sin \mathcal{G} - k_2 \cos \mathcal{G}) + u^2 (r_s k_1 + x_s k_2) \right] \quad (14)$$

- reaktivne snage statora i rotora

$$q_s = -\frac{u_s^2}{k_1^2 + k_2^2} \left[ (sx_r k_1 - r_r k_2) - ux_m (k_1 \cos \mathcal{G} - k_2 \sin \mathcal{G}) \right] \quad (15)$$

$$q_r = -\frac{u_s^2}{k_1^2 + k_2^2} \left[ u^2 (x_s k_1 - r_s k_2) - usx_m (k_1 \cos \mathcal{G} + k_2 \sin \mathcal{G}) \right] \quad (16)$$

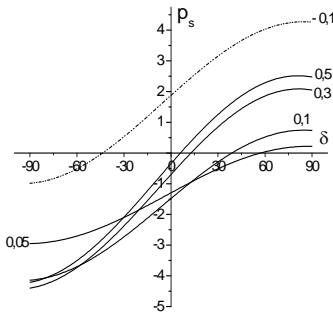
gde su:  $k_1 = r_s r_r - s(x_s x_r - x_m^2)$ ,  $k_2 = sr_s x_r + r_r x_s$  i  $u = u_r / u_s$ .

Pogodno je analizu ovih veličina izvršiti u funkciji ugla opterećenja  $\delta$ , pošto asinhroni generator radi u sinhronom režimu. Pri tome napon i učestanost statora ostaju konstantni, dok se rotorske veličine menjaju uz konstantan odnos napona rotora i učestanosti rotora, odnosno  $u_r / f_r = const$ . Kako je  $s = f_r / f_s$  u relativnim jedinicama će biti  $u_r = s$ .

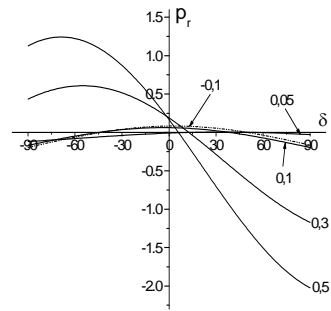
## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Na osnovu izraza (13) i (14), na Sl. 1. i 2. prikazane su zavisnosti aktivnih snaga statora i rotora, dok su na osnovu izraza (15) i (16) na Sl. 3. i 4. predstavljene zavisnosti reaktivnih snaga statora i rotora, sve u funkciji ugla opterećenja, za konstantne vrednosti klizanja. Karakteristike su nacrtane za asinhroni generator snage 200kVA, čiji su parametri ekvivalentne šeme, u relativnim jedinicama:  $r_s = 0,022$ ,  $r_r = 0,026$ ,  $x_{s\gamma} = 0,14$ ,  $x_{r\gamma} = 0,14$  i  $x_m = 3,4$ .

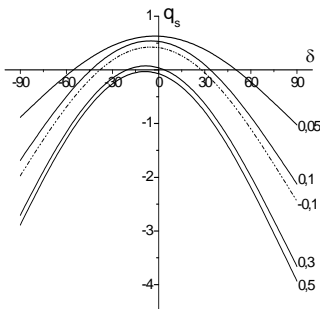
Analizom prikazanih karakteristika dolazi se do saznanja o specifičnim tokovima aktivnih snaga asinhronog generatora sa dvostranim napajanjem, [6], na osnovu čega je na Sl. 5. nacrtan je dijagram aktivnih snaga i gubitaka. U slučaju kada generator radi sa brzinama manjim od sinhrona ( $s > 0$ ), snaga se predaje mreži, odnosno potrošačima sa strane statora, dok se rotor napaja iz mreže. Pri brzinama većim od sinhrona ( $s < 0$ ), aktivna snaga predaje se mreži kako sa strane statora, tako i sa strane rotora. To praktično znači, da se pri brzinama većim od sinhrona, dvostranim napajanjem asinhronog generatora može postići režim rada sa snagom većom od nominalne, pošto je ukupna aktivna snaga jednaka zbiru snaga statora i rotora.



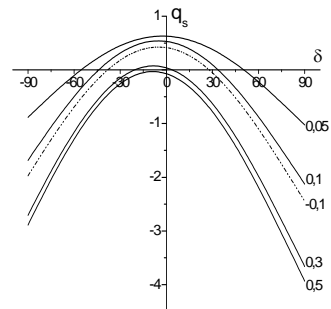
Slika 1. Aktivna snaga statora  
Figure 1. Active stator power



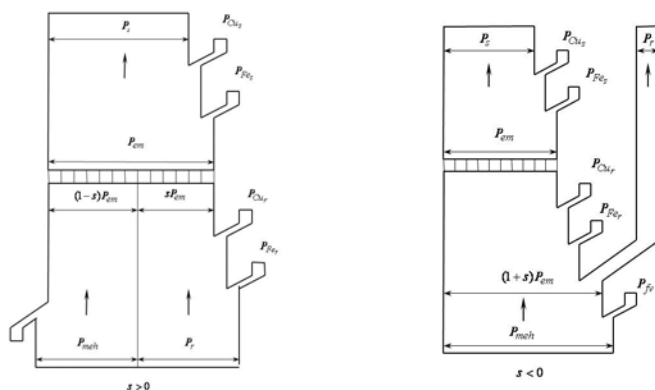
Slika 2. Aktivna snaga rotora  
Figure 2. Active rotor power



Slika 3. Reaktivna snaga statora  
Figure 3. Reactive stator power



Slika 4. Reaktivna snaga rotora  
Figure 4. Reactive rotor power



Slika. 5. Aktivne snage i gubici asinhronog generatora sa dvostranim napajanjem  
 Figure 5. Doubly-fed asynchronous generator active power and losses

## ZAKLJUČAK

Asinhroni generator sa dvostranim napajanjem predstavlja dobro tehničko rešenje za pretvaranje energije vetra u električnu [7], [8]. Njegova osobina da pouzdano radi u uslovi- ma promenljive brzine obrtanja rotora, čini ga najzastupljenijim, naročito u vetroelek- tranama veće snage, gde su njegove prednosti posebno izražene. Može da radi sa brzinama većim i manjim od sinhronne brzine. U režimu rada sa negativnim klizanjem predaje mreži aktivnu snagu veću od nominalne, kako sa strane statora, tako i sa strane rotora.

Opseg regulacije rada asinhronog generatora sa dvostranim napajanjem je uobičajeno  $\pm 30\%$  u odnosu na sinhronu brzinu. Kako je snaga koja se prenosi kroz rotor srazmerna klizanju, to će i snaga energetskog pretvarača biti srazmerna opsegu regulisanih brzina, odnosno 30% od nominalne snage vetrogeneratora. To je značajna prednost ove vrste generatora u odnosu na ostale vetrogeneratore, kod kojih snaga energetskog pretvarača odgovara njihovoj nominalnoj snazi.

Još jedna prednost asinhronog generatora sa dvostranim napajanje, ogleda se u tome, što je moguće upravljanje i njegovom reaktivnom snagom [9]. Savremeni vetrogeneratori mogu raditi sa faktorom snage  $\cos \varphi = \pm 0,9$ . Naravno, generisana reaktivna snaga utiče na povećanje instalisane snage energetskog pretvarača, o čemu treba voditi računa.

Ovakvo nezavisno upravljanje aktivnom i reaktivnom snagom ostvaruje se najčešće korišćenjem četvorokvadratnih PWM pretvarača sa snažnim IGBT tranzistorima, koje karakteriše znatno kraće vreme reagovanja u odnosu na tiristore.

## LITERATURA

- [1] Petersson, A. 2003. *Analysis, Modeling and Control of Double – Fed induction Generators for Wind Turbines*. Geteborg, Chalmers University of Tehnology, Geteborg (Sweden), 2003.
- [2] Bažnov, A.I. 1980. Pehodnye processy v mašinah peremennogo toka. *Энергия, Leningrad, 1980*.
- [3] Milkić, Ž. 2009. *Analiza rada asinhronne mašine sa dvostranim napajanjem i primena u vetro- generatorskim postrojenjima*. Doktorska disertacija. Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica.
- [4] Milkić, Ž., Čukarić, A., Vukić, Đ., Ercegović, Đ. 2007. Matematički model asinhronog genera- tora sa dvostranim napajanjem i primena u vetroelektranama. *Traktori i pogonske mašine*, broj 4, pp. 161-168, Novi Sad, 2007.

- [5] Čukarić, A., Milkić, Ž., Vukić, Đ. 2008. Karakteristika momenta asinhronog generatora sa dvostranim napajanjem primenjenog u vetroelektranama. *Poljoprivredna tehnika*, broj 4, pp. 37-44, Beograd 2008.
- [6] Milkić, Ž., Vukić, Đ., Čukarić, A. 2007. Aktivna i reaktivna snaga asinhronog generatora sa dvostranim napajanjem. *Poljoprivredna tehnika*, broj 4, pp. 1-9, Beograd 2007.
- [7] Vukić, Đ., Ercegović, Đ., Radičević, B. 2004. Generatori za pretvaranje energije vetra u električnu energiju. *Poljoprivredna tehnika*, broj 4, pp. 94-102, Beograd 2004.
- [8] Vukić, Đ., Ercegović, Đ., Radičević, B.. 2006. Primena asinhronih generatora sa dvostranim napajanjem za korišćenje energije vetra. *CANU, Odeljenje prirodnih nauka, Zbornik radova, knjiga 10*, str. 117-125, Podgorica, 2006.
- [9] Milkić, Ž., Vukić, Đ., Čukarić, A., Ercegović, Đ. 2008. Regulisanje snage asinhronog generatora sa dvostranim napajanjem primenjenog u vetroelektranama. *Traktori i pogonske našine*, broj 2 pp. 93-98, Novi Sad 2008.

# MODELI NAPREDNE PLASTENIČKE PROIZVODNJE PAPRIKE

Nebojša Momirović

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet u Zemunu

**Sažetak:** Napredna povrtarska proizvodnja u zaštićenom prostoru ostvaruje se multifunkcionalnim integrisanjem više metoda i tehnika u cilju dobijanja proizvoda za svežu potrošnju sa visokom biološkom vrednošću. Ovaj rad prikazuje najnovija dostignuća u oblasti modelovanja tehničkih, bioloških i ekonomskih pretpostavki proizvodnog procesa radi postizanja stabilne i održive proizvodnje. Mogućnost delimične ili pune biološke kontrole najčešćih bolesti i štetočina u različitim proizvodnim modelima opredeljena je preciznošću kontrole mikroklimе, dužinom vegetacionog perioda, odnosno perioda berbe i pretpostavljenom visinom prinosa, odnosno krajnjim finansijskim rezultatom.

Korišćenje modernih polietilenskih folija, mreža za zasenu i energetske barijera omogućilo je, osim pasivne energetske efikasnosti i niz prednosti u vrlo preciznoj kontroli promena u mikroklimatu. Fotoselektivne folije menjaju karakter i spektralni sastav sunčevog zračenja, što uslovljava slabiju infekciju bolestima i štetočinama, ali rezultuje i adekvatnom reakcijom useva u pogledu ranostasnosti, veličini plodova, njihovoj uniformnosti i kumulativnom i ukupnom prinosu.

Indukovana sistemična otpornost jedan je od načina delovanja koji omogućuje smanjenje infekcije zemljišnim patogenima kroz redovno unošenje organskih kompostiranih đubriva kao i unošenje korisnih mikroorganizama *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* i dr. Osim mikoparazitizma, kolonizaciju korenovog sistema prati i konstatno lučenje različitih enzima i bioaktivnih jedinjenja, čime se smanjuje prisustvo inokuluma, kao i osetljivost na bolesti kod novoselekcionisanih hibrida paprike.

Korišćenjem feromonskih klopki i predatora *Amblyseius swirskii*, *Orius laevigatus*, *Aphidius colemani*, kao i uz primenu oksimatrina, prirodnog ekstrakta *Sophora flavescens*, možemo uspešno održavati ravnotežu u biološkoj zaštiti u kontrolisanim uslovima mikroklimе plastenika, sa nizom posebno prilagođenih tehničkih rešenja.

**Ključne reči:** proizvodni modeli, pasivna energetska efikasnost, integralno gajenje paprika, korisni mikroorganizmi, predatori

## ADVANCED CROP MODELS FOR GREENHOUSE PRODUCTION OF PEPPERS

Nebojša Momirović

University of Belgrade, Faculty of Agriculture

**Abstract:** Advanced vegetable production under protected conditions have accomplished by multifunctional integration of several methods and techniques in order to get produce for fresh consumption with an added biological value. This paper deals with recent achievements in the field of modeling technical, biological and economical issues, in order to achieve stable and sustainable production. Possibilities for partial or even full biological control of common pests and diseases in different crop models have defined by precise control of microclimate, by length of vegetation of harvesting period and by expected level of yield, as well as final financial results.

The usage of modern greenhouse covering films and mulch films, shading nets and screen savers has afforded several benefits in more precise control of microclimate fluctuations. Photo-selective plastic films could change the character and spectral composition of solar radiation, which leads to less pests and disease infection and better crop performances, such as earliness, fruit size and uniformity and cumulative and total yield.

Induced systemic resistance is one of the modes of action that allows soil born diseases suppression with regular application of organic composted amendments as well application of beneficial microorganisms: *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* etc. Besides its mycoparasitism, permanent exudations of enzymes and bioactive ingredients after roots colonization have influenced the decrease of inoculum presence and disease susceptibility among resistant new bleedings of peppers.

By pheromone traps and usage of predators *Amblyseius swirskii*, *Orius laevigatus*, *Aphidius colemani*, as well application of oxymatrine extracted from *Sophora flavescens* we could manage good balance in biological protection under especially adopted and designed greenhouse microclimate conditions.

**Key words:** crop models, passive energy efficiency, greenhouse microclimate, IPM peppers, beneficial, predators

## **ZAHTEVI TRŽIŠTA U POGLEDU KVALITETA I ZDRAVSTVENE BEZBEDNOSTI PAPRIKE I ODABIR NAPREDNE GENETIKE (PRINOSNOST, TRŽIŠNOSTI, ADAPTIBILNOSTI I OTPORNOST)**

Potpuno razumevanje na koji način osnovni činioci sredine, način proizvodnje i pojedine agrotehničke mere utiču na sastav i kvalitet povrća jeste od fundamentalnog značaja za postizanje sabilne proizvodnje zdravstveno bezbednog i biološki vrednog povrća. Potrošači preferiraju zdravo, bio, ili “organsko” povrće, jer u principu veruju, da je mnogo ukusnije i da je proizvedeno u saglasnosti sa potrebom zaštite prirode i životne sredine, ali i sa namenom zaštite ljudskog zdravlja. Visok kvalitet i zdravstvena bezbednost, visoka nutritivna i biološka vrednost, visoka estetska vrednost: intenzitet boje, sjaj, uniformnost veličine i oblika, ukus i miris, kao i visoka tržišnost: dobro čuvanje, transportabilnost i dug period u prodaji, jesu najvažnije osobine u marketingu povrća namenjenog potrošnji u svežem stanju.

Mnoga istraživanja posvećena su u poslednjim dekadama ispitivanju uticaja konvencionalnog, integralnog i organskog načina gajenja na kvalitet povrća. Uglavnom kada se govori o kvalitetu povrća raspravljamo u kojoj meri sadržaj antioksidanasa i minerala doprinosi njegovoj upotrebnoj vrednosti u ishrani. Rezultati Aghili et al., (2012) ukazuju da je paprika u tipu babure odličan izvor askorbinske kiseline i kalijuma za ljudski organizam.

Unapređena mineralna ishrana u plasteničkoj proizvodnji može doprineti povećanju sadržaja mikroelemenata u plodovima, u odnosu na papriku poreklom sa otvorenog polja, u kojoj je ustanovljena niža koncentracija Cu, Mn, Fe, Zn i askorbinske kiseline i generalno niži kvalitet.

Mada ima mnogo suprotstavljenih mišljenja, Perez-Lopez et al., (2007) izveštavaju da je poređenjem efekta konvencionalnog, integralnog i organskog načina gajenja na boju i sadržaj minerala u plasteničkoj proizvodnji paprike, ustanovljen najveći intenzitet crvene i žute boje u plodovima iz organske proizvodnje, kao i najviši sadržaj minerala i ukupnih karotenoida. Autori navode da je koncentracija ukupnih karotenoida bila 3231, 2493, i 1829 mg kg<sup>-1</sup> za organsku, integralnu i konvencionalno proizvedenu papriku.

U trogodišnjim ispitivanjima Chassy et al., (2006), su utvrdili sadržaj ukupnih fenola, sadržaja suve materije, askorbinske kiseline i flavonida: aglikona, kvercetina, kampferola i luteolina u dve sorte paradajza i dve sorte paprike babure, gajene u konvencionalnoj i



organskoj zemljoradnji. Signifikantno viši nivo rastvorljive suve materije (17%), kvercetina (30%), kempferola (17%) i askorbinske kiseline (26%) ustanovljen je kod sorte paradajza Burbank. Kod sorata paprika u tipu babure nisu ustanovljene razlike u zavisnosti od načina gajenja. Sorte i uslovi gajenja, po svemu sudeći, igraju vrlo važnu ulogu u sadržaju antioksidativnih komponenti i ukupnog antioksidativnog kapaciteta.

Deepa et al. (2006) navodeći rezultate deset različitih kultivara crvene paprika gajenih tokom dve uzastopne godine, u pogledu sadržaja askorbinske kiseline,  $\beta$ -karotena i ukupne antioksidativne aktivnosti, navodi da većina sorti ispunjava standard u pogledu sadržaja vitamina C, ali vrlo mali boj kultivara u pogledu sadržaja  $\beta$ -karotena.

U ispitivanjima novo-selekcionisanog materijala prikazanim u tabeli 3. jasno je da osim na kvalitet, biološka zaštita kao deo integralnog i organskog sistema gajenja, utiče u pozitivnom smislu i na visinu prinosa paprika babure.

Tabela 1. Prinos perspektivnih hibrida u skринing ogledima u 2012. godini

Hibridi u ispitivanju	Biološka zaštita		Konvencionalno gajenje	
	Ukupni prinos (kg m <sup>-2</sup> )	Prosečna masa ploda (g)	Ukupni prinos (kg m <sup>-2</sup> )	Prosečna masa ploda (g)
Vedrana	15,77	168	14,60	177
Irenne	15,46	168	14,97	189
E 20B.39520	16,88	158	14,35	169
E 42.27881	19,65	174	16,45	168
E 20B.38909	20,08	158	14,54	166
Bianca	13,80	151	-	-
Bobita	16,69	149	-	-
Nemesis	14,66	133	-	-
Skytia	18,42	122	-	-
Editta	12,07	127	-	-
E 49.38574	19,34	129	-	-
Kameleon	14,35	118	-	-

Zahvaljujući smanjenu primene hemijskih zaštitnih sredstava i manjem fitotoksičnom efektu, produženoj fotosintetskoj aktivnosti i drugim fiziološkim pretpostavkama, zametanje plodova je intenzivnije, a porast plodova ubzan, što za krajnji rezultat ima značajno veći prinos i manju prosečnu masu plodova, naročito kod izrazito generativnih hibrida. Sve u svemu, jasno je da se plastenička proizvodnja paprike mora kretati u pravcu pune podražavanja prirodnih ekosistema, kako u pogledu njihove ravnoteže, tako i u pogledu održivosti. Sa punim pravom možemo zaključiti da biološka zaštita paprike ima suštinski značaj za implementaciju moderne tehnologije gajenja paprike u zaštićenom prostoru.

## MODELOVANJE TEHNIČKIH SISTEMA PLASTENIKA U CILJU PASIVNE ENERGETSKE EFIKASNOSTI I OPTIMIZACIJE KONTROLE MIKROKLIME

Razvoj energetski efikasnih tehničkih sistema u plasteničkoj proizvodnji prvenstveno podrazumeva unapređenje konstrukcionih rešenja plastenika, inovacije u pokrivnim materijalima i tehnikama izolacije, ali i tehnički napredne sisteme i opremu za kontrolu mikroklimе, shodno implementaciji svih raspoloživih tehničkih i bioloških znanja (Bakker et al., 1995; Bakker, 2006). Razvoj ovih sistema predstavlja u osnovi problem optimizacije uz korišćenje, kako fizičkih, tako i fizioloških informacija, a dobijeni modeli su moćno oruđe za postizanje adekvatnih rezultata. Osnovnu filozofija kontrole mikroklimе zaštićenog prostora čini maksimiziranje marže između vrednosti proizvodnje i ostvarenih troškova za kontrolu klimata, uključujući i troškove za grejanje, ili hlađenje, odnosno provetranje. U osnovi algoritma za optimizaciju može biti veliki broj nezavisnih varijabli, koje polaze prvenstveno od fizičkog modela kako spoljašnji uslovi determinišu

inpute neophodne da se generišu zadati parametri mikroklike u unutrašnjosti objekta zaštićenog prostora. Biološki model pak, treba da predpostavi uticaj mikroklike unutrašnjosti plastenika na porast i razviće useva, dok ekonomski model obezbeđuje kalkulaciju troškova, kao i tržišnu vrednost proizvodnje. Svaki algoritam funkcioniše u realnom vremenu preko kontrolera mikroklike u plasteniku, sa ciljem maksimalne redukcije troškova dogrevanja, optimizacijom dinamike otvaranja i zatvaranja termalnih skinova, ili automatskim upravljanjem drugim sistemima i podsistemima, dok se kod tehnički jednostavnijih tunelskih objekata sa pasivnom energetsom efikasnošću uglavnom oslanjamo na analognu akviziciju podataka i manuelnu kontrolu.

Proizvodnja paprike se karakteriše velikim fluktuacijama u visini nedeljnih prinosa. Buwalda et al., (2006) su opisali dinamični, kalibrisani model koji je u stanju da simulira izmerene vrednosti vrlo precizno, posebno oscilacije u visini prinosa, a sve sa ciljem da se unapredi lanac snabdevanja hipermarketa, te da farmerska gazdinstva mogu napraviti realnu procenu prinosa nekoliko nedelja unapred. Takođe, procena dinamike prinosa je izuzetno važna i zbog pravilnog planiranja potrebnog ljudskog rada. Van Henten et al., (2006) ukazuju da se fluktuacije u visini prinosa i dinamici berbe mogu umanjiti optimizacijom temperature u objektima zaštićenog prostora, bilo na čitavoj površini, bilo po segmentima/blokovima.

Za uslove kontinentane klime Srbije pasivne metode optimizacije energetske efikasnosti (dvostruka komprimovana folija, IC energetske zavese i barijere, transparente polietilenske cevi, nastiranje zemljišta, zasena) pokazale su niz prednosti u modernijim tunelskim objektima, kao i enormni uticaj na održivost čitavog sistema. (Momirovic et al., 2010)

Baille et al., (2006) su analizirali bilans potrošnje energije tokom noći u plastenicima sa grejanjem uduvavanjem toplog vazduha i to u klimatskim uslovima relativno blagih zima Almerije u jugoistočnoj Španiji. Prateći rezultate istraživanja, autori su predložili mere unapređenja energetske efikasnosti: da se obezbedi potpuna izolacija unutrašnje atmosfere, da se smanje gubici izračivanjem upotrebom termalnih zastora, ili termičkih IR folija, te da se poveća sposobnost zemljišta da akumulira energiju sunca i da je oslobađa tokom noći.

Precizno, vrlo sofisticirano i krajnje efikasno navodnjavanje, takođe može imati enormni uticaj na energetske efikasnosti proizvodnje paprike, kako zbog energetske potrošnje i uticaja navodnjavanja na prinos, tako i zbog uticaja na transfer toplote u površinskom sloju zemljišta. Plastička proizvodnja paprika u tipu bele babure i bele šilje odabrana je da se usavrši skoro introdukovani model Time-Space Deficit Irrigation (TSDI), tehnika bazirana podjednako na regulisanom deficitu navodnjavanja (RDI) i na delimičnom zasušivanju korena (PRD), korišćenjem 3 laterala za navodnjavanje kap po kap za svaku visoku leju pokrivenu malč folijom, na kojoj se paprika gaji u 2 reda.

Praćenjem porasta i razvića useva, prinosa i efikasnosti korišćenja vode za navodnjavanje Shao Guang-Cheng et al., (2010) su zaključili da je generalno vrlo teško iskoristiti metod TSDI za povećanje vegetativne mase, ali je svakako moguće izbeći smanjenje prinosa i unaprediti kvalitet paprika. Profitabilnost određenog vodnog režima useva paprika u plastičkoj proizvodnji podrazumeva vrlo precizno podešavanje norme zalivanja prema potrebama biljaka u određenim fenološkim fazama.

## **MENADŽMENT SUNČEVE SVETLOSTI U CILJU UNAPREĐENJA USLOVA GAJENJA I MANJEG PRITISKA PRATILAČKOG KOMPLEKSA (KOROVI, BOLESTI, ŠTETOČINE)**

Nemogućnost lečenja obolelih biljaka od virusnih zaraza, kao i potreba zaštite životne sredine od mogućeg zagađivanja opasnim pesticidima, zahtevaju razradu alternativnih tehnologija kontrole virusnih oboljenja. U poslednjim decenijama razvijene su različite agrotehničke metode u cilju umanjivanja štete izazvane virusima, prvenstveno usmerene na

prekid epidimiološkog ciklusa. Brojni podaci o načinu orijentacije insekata u odnosu na biljke domaćina i okolinu, te vizuelnu komunikaciju među vektorima, rezultovala je razvojem efikasnih metoda u njihovom suzbijanju (Antignus et al., 1996a).

Savremene plasteničke folije omogućile su niz prednosti u kontroli mikroklimе u plastenicima, značajne uštede repromaterijala, ljudskog i mašinskog rada, kao i efikasnu kontrolu biljnih bolesti i štetočina (Momirović et al., 2011). Fotoselektivne folije imaju značajnu primenu u integralnim sistemima zaštite bilja u proizvodnji povrća, voća, cveća i začinskog bilja. Mnogi autori navode prednosti ovih antivirusnih ili UV blocking folija na smanjenje populacije insekata kao vektora virusa i virusnih zaraza (Antignus et al., 1996b, Antignus, 2000, Elad et al., 1997).

Antivirusne (UV blocking) folije smanjuju upotrebu pesticida, i smanjenu brojnost vaši, bele mušice, tripsa, lisnih minera i drugih štetočina, a takođe omogućuju i nesmetanu polinaciju bumbarima, kao i normalnu biološku aktivnost predatora. Efekat primene određenih polietilenskih folija, načina postavljanja i načina njihovog kombinovanja proučavao je veliki broj autora. U uslovima Srbije, dobre rezultate navode Momirović et al., (2010). Kao dodatak klasičnim polimerima korišćenim za plasteničke i malč folije u poljoprivredi, kao što su: PE, PVC, EVA, koriste se foto-selektivni i luminescentni polimeri, kako bi se dopunski unapredio kvalitet gajenih useva.

Iz istih razloga se uglavnom u zemljama sa tropskom, ili mediteranskom klimom koriste različite vrste mreža, koje takođe menjaju spektralni sastav svetlosti i osim na karakter fotosinteze utiču i na određene promene u populaciji štetnih insekata.

U poljoprivrednoj proizvodnji koja ima ekološku predznak, svi materijali za pokrivanje su bazirani na biorazgradivim sirovinama (Scarascia-Mugnozza, et al., 2011).

Pojedinačni i zbirni efekat nastiranja zemljišta polietilenskim malč folijama pre rasađivanja i primene fungicida u kontroli plamenjače paradajza (*Phytophthora infestans*) i sive truleži paprika (*Botrytis cinerea*) ispitivali su Shtienberg et al., (2010). Primena fungicida je uslovljena nekonzistentnu i nedovoljnu (34.5 +/- 14.3%), dok je na varijanti sa nastiranjem čitave površine zemljišta ostvaren nivo kontrole ove bolesti bio veoma visok (83.6 +/- 5.5%). Ustanovljeno je takođe, da tip polietilenske malč folije (AlOr, transparentna, ili crna) ne ispoljava značajan uticaj u pogledu efikasnosti kontrole plamenjače. Razlike nastaju kao posledica smanjenja trajanja prevlaženosti lista, pošto se nastiranjem smanjuje broj noći sa pojavom rosne tačke, i odlaže momenat pojave rose. Sporulacija je usporena, jer je relativna vlažnost vazduha u unutrašnjosti zaštićenog prostora niža.

Reflektovana difuzna svetlost može imati veliki uticaj na prinose i kvalitet različitih povrtarskih useva, ali i na osobine otpornosti. Talasna dužina i spektralni sastav odbijene difuzne svetlosti utiču pravilnim odabirom tipa i boje folije za nastiranje na osobine porasta i razvika (Kasperbauer and Hunt, 1998; Kasperbauer et al., 2007), ali se značajne promene dešavaju i snažnim uticajem na toplotni režim zemljišta (Momirović i Savić, 2007).

### **MIKROBIOLOŠKA AKTIVNOST ZEMLJIŠTA I INDUKOVANA SISTEMICNA OTPORNOST (INDUCED SYSTEMIC RESISTANCE-ISR)**

Permanentno obogaćivanje zemljišta visoko humifikovanim organskim đubrivima, proizvedenim kompostiranjem stajnjaka i drugih organskih materijala, osim održavanja zemljišne plodnosti, stabilnosti strukturnih agregata i drugih fizičkih osobina i optimizacije vodno-vazdušnog režima zemljišta, rezultuje i smanjivanjem potencijala infekcije zemljišnim patogenima, zahvaljujući visokoj koncentraciji korisnih mikroorganizama. Na istorijat korišćenja organske materije u svrhu uspešne kontrole bolesti ukazuju Hoitink i Boehm, (1999), ističući da u većini slučajeva ne postoji pojedinačni, uprošćen mehanizam delovanja u bilo kom datom sistemu gajenja povrća, već više mehanizama doprinosi zbirno smanjenju pojave bolesti na povrtarskim usevima. Savremena literatura koja se bavi

temom, kako biološki aktivnost unete organske materije uslovljava smanjenje infektivnog potencijala najčešćih bolesti biljaka, ukazuje na više mehanizama (Stone et al., 2004): konkurencija u pogledu izvora hraniva i energije, konkurencija u kolonizacije organske materije, antagonizam/mikoparazitizam, konkurencija u kolonizaciji korenovog sistema gajenih biljaka i indukovana sistemična otpornost.

Mada je Warman (2005) u svom istraživanju demonstrirao da višegodišnja upotreba humusa rezultuje jednakim prinosom i hemijskim sastavom plodova kao i kod konvencionalnog đubrenja mineralnim đubrivima, treba istaći da dopunsko unošenje korisnih mikroorganizama kao što su: *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Trichoderma harzianum* etc. doprinosi nakon izvesnog vremena i značajnom smanjenju upotrebe hemijskih preparata u zaštiti od bolesti i štetočina. Najbolje objašnjenje više različitih modusa delovanja korisnih bakterija na korenov sistem dali su Compant et al., (2005). *Trichoderma spp.* je slobodno živeća gljivica koja je često prisutna u ekosistemu rizišnog sloja. To je avirulentni, simbiotski mikroorganizam, koji značajno ubrzava porast i razviće korena, produktivnost useva, ali i tolerantnost na abiotske stresove, te efikasnost usvajanja brojnih hraniva (Harman et al., 2004).

Ahmed et al., (2000) su istraživali uticaj tretiranja semena i korenovog sistema preparatima na bazi spora *Trichoderma harzianum* na nekroze stable izazvane plamenjačom paprike *Phytophthora capsici*, kao i na akumulaciju kapsidiola. Rezultati ukazuju da tretman semena značajno redukuje pojavu plamenjače na skoro polovinu u odnosu na kontrolu. Takođe smo imali smanjenje pojave bolesti kod tretiranja korenovog sistema različitim dozama spora *T. harzianum*, mada nije ustanovljena pozitivna korelacija pojačane koncentracije spora u rastvoru.

Način ostvarivanja indukovane sistemске otpornosti (ISR) kod inokulacije biljaka bakterijama demonstrirana je korišćenjem *Pseudomonas spp.* i drugim gram-negativnim bakterijama (Kloepper et al., 2004). Publikovani podaci ukazuju na činjenicu da primena specifičnih sojeva *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, *B. pasteurii*, *B. cereus*, *B. pumilus*, *B. mycooides*, i *B. sphaericus* u značajnoj meri redukuje incidenciju pojave različitih oboljenja na brojnim povrtarskim vrstama. Zaštitna uloga proistekla iz indukovane sistemične otpornosti je utvrđena i kod gljivičnih i bakterijskih oboljenja nadzemnog dela biljke, kod truleži i plamenjača, kod virusnih zaraza, kod zemljišnih patogena koji napadaju korenov sistem, ali i kod parazitskih nematoda. Više različitih vrsta i sojeva *Bacillus spp.* uglavnom svoj efekat duguju produkciji salicililne kiseline, kao i jasmonične kiseline, etilena, kao i usled ekspresije regulatornih gena i specifičnog dela genoma odgovornim za ispoljavanje imunoloških reakcija.

Ramirez and Kloepper, (2010) su proučavajući uticaj koncentracije inokuluma *Bacillus amyloliquefaciens* FZB45 na porast biljaka i mobilnost fosfata ustanovili pozitivnu korelaciju.

Preparati na bazi spora *Trichoderma harzianum* mogu biti korišćeni (Elad et al., 1993) i za folijarno tretiranje različitih povrtarskih useva u koncentraciji  $1\text{g l}^{-1}$  plus uz dodatak adekvatnih okvašivača, kako bi se postigla i do 90% uspešna kontrola sive truleži stabla i plodova. Populacija **T. harzianum** je dostigla nivo od  $3 \times 10^5$  do  $8 \times 10^5$  c.f.u. po listu paprike, dok je na plodovima paprike bila čak deset puta manje brojnosti. Ovako visoka koncentracija spora ostaje naročito posle drugog i trećeg tretmana. Temperaturni uslovi koji naročito pogoduju uspešnoj kontroli sive truleži primenom **T. harzianum** jesu vrednosti iznad  $20^{\circ}\text{C}$ , dok relativna vlažnost vazduha može biti 80 do 97%. U poslednje vreme se u disperziji spora *T. harzianum* na cvetove paprike, koriste se specijalni dispenserzi na košnicama bumbara, kako bi se predupredila pojava sive truleži u ovoj osetljivoj fazi generativnog razvoja. Dopunski tretmani primenom složenih makromolekula, u čiji sastav ulaze slobodne amino-kiseline niske molekularne mase, ekstrakti morskih algi sa

visokim sadržajem fitohormana (citokinini, giberelini, auksini), potom fosfor u fosfitnoj formi, koji oksidiše u fosfonate i fosfite nakon primene, kao i laktat-peroksidaza sa dodatkom kalijum-jodida i kalijum-ticojanata, daju veoma dobro rezultate u preventivnoj primeni, dok preparati na bazi ćelija kvasca *Aureobasidium pullulans* mogu da obezbede i efikasnu zaštitu primenom neposredno nakon izvršene infekcije epitela, posebno u fazi intenzivnog porasta plodova paprike.

Tabela 2. Uticaj termina inokulacije *Trichoderma harzianum* na prinose paprike Vedrana, (2010-2012)

Način aplikacije	Doza primene	Vreme primene	Kraj berbe	<i>Xanthomonas</i>	Prinos kg m <sup>-2</sup>	Značajnost
<b>Tretiranje rasada</b> + zalivanje nakon sadnje + pred početak berbe	2,5 g/m <sup>2</sup> 30g/1000 b. 15g/1000 b.	15. Feb. 15. Mar. 15. Maj	10-15. Nov.	+	15,8	p ≤ 0,01**
<b>Primena prilikom rasadiivanja</b> + mesec dana nakon sadnje + pred početak berbe	30g/1000 b. 15g/1000 b. 15g/1000 b.	15. Mar. 15. Apr. 15. Maj	15-20. Oct.	+++	14,5	p > 0,05 <sup>ns</sup>
<b>Primena 2 nedelje od rasadiivanja</b> + 6 nedelja nakon sadnje + u toku prvih berbi	30g/1000 b. 15g/1000 b. 15g/1000 b.	30. Mar. 30. Apr. 30. May	05-10. Oct.	++++	14,1	p > 0,05 <sup>ns</sup>

## AKTIVNOST PREDATORA – BIOLOŠKA RAVNOTEŽA I PRAG ŠTETNOSTI

Među brojnim vrstama insekata koji nanose ekonomske štete na usevu paprike, u svakom slučaju populacija tripsa izaziva najveće štete i u pogledu ukupnog prinosa, a naročito u pogledu kvalitata. Poznavanje dinamike brojnosti populacije tripsa, u svim fazama razvoja, od jaja do pupate i odraslih jedinki, ponajpre u zavisnosti od temperature vazduha, umnogome može doprineti uspešnoj kontroli ove vrste štetnih insekata. Za uspešan monitoring, podjednako se koriste i žute i plave lepljive ploče, trake i folije, što uz dodatak feromonskog atraktanta lurem, omogućuje pravovremenu intervenciju u biološkoj zaštiti.

Korišćenje *Amblyseius swirski* (*Neoseiulus swirski*) i *Orius laevigatus* je potvrđen kao način vrlo uspešne biološke kontrole tripsa i pojave virusa bronzavosti (TSWV). U južnim delovima Španije skoro 10000 ha paprike se gaji u plastenicima, posebno u provincijama Almerija, Alikante i Mursija, kako navodi Sanchez et al. (2000). Od ukupno 1300 ha u Izraelu, skoro 1000 ha paprike je u sistemu IPM zaštite, sa biološkom zaštitom u kontroli tripsa. Nakon introdukcije *Amblyseius cucumeris*, koji je bio dosta uspešan u redukciji rasta populacije u prvih nekoliko meseci sa nižom temperatutom, sada smo u poziciji da koristimo u većoj meri *Amblyseius swirski*, koji je mnogo stabilniji na visokim temperaturama i niskoj relativnoj vlažnosti vazduha. Najveći deo ostalih štetnih insekata je takođe u sistemu biološke kontrole, korišćenjem različitih predatorskih vrsti.

*Frankliniella occidentalis* (Pergande) i *Thrips tabaci* Lindeman (*Thysanoptera: Thripidae*) su glavne štetočine paprike, koje osim direktne štete na usevu, prenose i tospoviruse. *Orius laevigatus* (Fieber) (*Heteroptera: Anthocoridae*) se intenzivno koristi u IPM programima zaštite povrtarskih useva širom Evrope i komercijalno ga proizvode mnogi insektarijumi. U prirodi je široko rasprostranjen duž Mediteranske i Atlanske obale, dok su u kontinentalnim delovima dominantne druge vrste iz roda *Orius spp.* Bosco et al., (2008) u svojim istraživanjima u severnoj Italiji spontanog prisustva *Oriusa spp.* u usevu paprika i brzine njihove kolonizacije useva u poređenju sa introdukovanim vrstama, zaključuju da se *O. laevigatus* retko nalazi u zaštićenom prostoru, osim kod ciljnog unošenja. U slučaju pravovremene introdukcije, ostvaruje se visok stepen kontrole populacije tripsa, pre nego što se uopšte pojave druge vrste iz spontane prirode.

Dinamiku populacije *Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci*, kao i *Orius* spp. izučavali su Tavela et al., 2008 u usevu paprike u severnoj Italiji. Najviši stepen kontrole ostvaren je unošenjem *Orius laevigatus*, koji je čest u plastenima u kojima se praktikuje IPM. *O. laevigatus* u uslovima sredozemne klime prezimljava na nekim vrstama koje cvetaju (npr., *Rosmarinus officinalis* i *Vicia faba*), da bi u toku proleća odrasle jedinke migrirale i na divlje i gajene vrste, kako u plastenima, tako i na otvorenom polju. Odrasle jedinke *O. laevigatus* se prirodno javljaju u plastičkim usevima u junu, što je kasno za stanovišta efikasne kontrole tripsa. Minimalna noćna temperatura za uspešnu kolonizaciju *Orius*-a je 16-17°C. Populacija tripsa brzo opada nakon kolonizacije *Orius*-a i gotovo nestaje za 20–30 dana. Populacija predatora svoj maksimum dostiže tokom avgusta. Populacija *O. laevigatus* ostaje stabilna u usevu paprike, čak i kod vrlo male brojnosti tripsa, jer se hrani polenom, ali može umanjiti brojnost korisnih predatorskih osica. Kada dođe do jakog napada tripsa, neophodno je unošenje *O. laevigatus*, obično 1-2 odrasle jedinke/m<sup>2</sup>. Najbolji rezultati se postižu na temperaturama 25°C, kada se usev paprike nalazi u punom cvetanju i biljke su u potpunosti obrasle listovima. Takođe, kao agrotehnička mera preventivne zaštite u širenju neperzistentnih virusa, koje prenose uglavnom vaši kao vektori, kulisni usevi se koriste još od ranih 50-tih godina u Španiji (Ferreras, 2000) i od tada se usavršava strategija od strane velikog broja istraživača. Ove barijere ponekad ne služe na željen način, već zapravo predstavljaju stalni izvor infekcije. Kao dobar kulisni usev duži niz godina, se koristi ječam, upravo u usevu paprike (Pineda and Marcos-Garcia, 2008).

*Aphidius colemani* Viereck, *Aphidius matricariae* Haliday (*Hymenoptera: Aphidiidae*) su glavne parazitske osice koje se koriste u biološkoj kontroli vaši (Dik et al., 2002). S'obzirom da se neke vrste vaši vrlo brzo umnožavaju (čak do 12 puta za nedelju dana), važno je da obezbedimo stabilne temperature, kako bi smo brzo uspostavili biološku ravnotežu i to: 25°C za *A. colemani* i čak do 30°C, za *A. matricariae*. Velikim brojem eksperimenata je dokazano da *A. matricariae* deluje efikasnije i brže u odnosu na *A. colemani* u kontroli breskvine vaši *Myzus persicae*. Duvanova vaš *Myzus nicotianae*, koja može biti vrlo opasna štetočina u usevu paprike, relativno se lako i uspešno kontroliše unošenjem *A. Matricariae* u odnosu 1:20.

U suzbijanja moljaca i leptira, posebno *Ostrinia nubilalis*, vrlo dobri početni rezultati ostvareni su primenom oximatrina (Marčić, et al., 2012.), prirodnim ekstraktom *Sophora flavescens*, ali se takođe uspešno može koristiti *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. Oksimatin veoma dobro deluje i protiv štetnih grinja, tako da nismo prinuđeni na korišćenje akaricida, koji nemaju negativni efekat na populaciju predatora, kao što su Nissorun i Torque.

## **MOGUĆNOSTI I OGRANIČENJA POJEDINIH PROIZVODNIH MODELA U POGLEDU PRIMENE INTEGRALNE ZAŠTITE USEVA PAPIRIKA I PUNE EKOLOGIZACIJE PLASTENIČE PROIZVODNJE**

Višegodišnja istraživanja i praktični rezultati kroz specifične pilot projekte u glavnim regionima gajenja paprika u Srbiji, doprineli su značajnom rastu izvoza i postizanju relativno visokih cena na tržištu, koje su dovoljne da opravdaju ulaganja u unapređenje tehnologije gajenja useva paprike u zaštićenom prostoru. Kod jednostavnih modela gajenja paprika u niskim tunelima ne postoji mogućnost adekvatne kontrole mikroklimе, kako bi se populacija predatora razvila do nivoa da se upostavi adekvatna biološka ravnoteša u datom momentu u odnosu na brojnost populacije štetnih insekata. Proizvodni ciklus je relativno kratak, od sredine aprila do sredine septembra, nakon što se čitava konstrukcija prenese sa prethodne proizvodnje ranog kupusa.

Tabela 3. Višegodišnji rezultati prinosa i kvaliteta paprike u različitim proizvodnim modelima

Proizvodni / Krop model	Ukupan prinos (kg m <sup>-2</sup> )	Zdravstveni status	Nivo kvaliteta	Učešće I klase (%)	Prosečna najniža cena (EUR/kg)
A) Proizvodnja na zemljištu u jednostavnim tunelima	7	+/-	*	50	0,30
B) Napredna celogodišnja proizvodnja na zemljištu sa špalirnim gajenjem	14	+	**	65	0,45
C) Gajenje sa vertikalnim vodenjem na dve grane uz dopunsko grejanje (dupla folija)	20	++	****	75	0,65
D) Hidroponsko gajenje na kokosu u modernim blok plastenicima sa punim grejanjem	25	+++	*****	85	0,85

Sa druge strane, napredni modeli plasteničke proizvodnje i u tehničkom i u biološkom smislu, a i po ekonomskim pokazateljima, u stanju su da u potpunosti integrišu punu biološku kontrolu bolesti i štetočina paprika. Osim visoke energetske efikasnosti, precizne kontrole klime i smanjenog infektivnog potencijala, rani početak berbe, nesmanjeni kontinuitet i produžetak sezone gajenja, kao i relativno visok finansijski rezultat kao rezultat visokog prinosa i visokog učešća plodova izvoznog kvaliteta, doprinose punoj opravdanosti povećanih ulaganja u biološku zaštitu.

Sa usavršavanjem tehnologije gajenja, prvenstveno preciznošću kontrole klime i produženjem sezone gajenja, ne povećava se samo prinos, već se u velikoj meri povećava učešće plodova izvoznog kvaliteta, što u najvećoj meri utiče na konačno ostvarenu prosečnu cenu i krajnji finansijski rezultat.

### ISPITIVANJA I PRILAGOĐAVANJA PROIZVODNIH MODELA U CILJU POSTIZANJA POTPUNE ODRŽIVOSTI

Polazeći od prosečno ostvarenog prinosa u dužem nizu godina na različitim lokalitetima u Srbiji, kao i podacima o dinamici prosečnog kvaliteta i ostvarenih cena, nakon detaljne kalkulacije troškova, kao i ostalih ekonomskih pokazatelja, možemo spravom potvrditi visoku profitabilnost, kao i nisku stopa rizika za napredne sisteme gajenja paprika u poređenju sa standardnim modelima proizvodnje.

Jasno je da za uslove domaćeg tržišta, proizvodni model B ima najmanje ekonomskog rizika na osnovu prelomnih tačaka za prinos i cenu paprike, ali kada je reč o plasteničkoj proizvodnji namenjenoj izvozu, oba modela gajenja sa dopunskim ili punim grejanjem, kako na zemljištu (model C), tako i na kokosu (model D), generišu veći finansijski rezultat. Ekonomska analiza proizvodnje paprika na Floridi (Jovicich et al., 2005) za hidroponsko gajenje paprike u saksijama, pokazuje slične pravilnosti. Prinos je varirao u opsegu 7 do 15 kg m<sup>-1</sup>. Na bazi prosečnog prinosa od 13 kg m<sup>-1</sup>, prelomne tačke za prinos su oko 7,8 kg<sup>-1</sup>, što sobzirom na pretpostavljene više cene paprika u potpunosti korespondira sa našim rezultatima u naprednom modelu gajenja na zemljištu.

Tabela 4. Kritične tačke za prinos i cenu paprike kod ispitivanih modela gajenja

Krop modeli	Prinos paprike kg m <sup>-2</sup>	Cena EUR kg <sup>-1</sup>	Godišnji prihod EUR m <sup>-2</sup>	Prihod od paprike EUR ha <sup>-1</sup>	Prelomna tačka za prinos t ha <sup>-1</sup>	Prelomna tačka za EUR t <sup>-1</sup>
Model A	7	0,35	3,70	2,45	6,91	0,345
Model B	14	0,65	12,30	9,10	8,45	0,393
Model C	20	0,80	16,00	16,00	15,23	0,609
Model D	25	1,00	25,00	25,00	17,14	0,686

Kalkulacija za najmoderniji krop model hidroponskog gajenja paprike sa punim grejanjem data je uz depresijaciju troškova na 15 godina, uz vrlo povoljne uslove koji su uobičajeni na prostorima Evropske Unije, a koji za zemlje u procesu pridruživanja podrazumevaju subvencije iz IPARD programa. U suprotnom troškovi amortizacije ne omogućavaju ovakve investicije, jer je prelomna tačka za cenu paprike relativno blizu minimalnim vrednostima zabeleženim u nepovoljnim godinama (na primer 2012. godine 0,73 EUR kg<sup>-1</sup>), ili je opravdanost ovakvih investicija evidentna samo kod obima proizvodnje oko 4 do 5 ha modernih objekata zaštićenog prostora.

## ZAKLJUČAK

Ovaj rad daje detaljan prikaz svetskih trendova u istraživanjima i savremenim tehnološkim inovacijama u oblasti precizne konvencionalne, integralne, biološke i organske plasteničke proizvodnje paprike, za koju sa pravom možemo reći da se razvija u pravcu potpune ekologizacije svih primenjenih agrotehničkih mera i tehnika gajenja.

Praktična dostignuća u ovoj oblasti pokazuju velike mogućnosti komercijalnih proizvođača iz Srbije i regiona da dostignu visok nivo kvaliteta i da odgovore na visoke zahteve u pogledu zdravstvene bezbednosti, kvaliteta i tržišnosti, ali i biološke vrednosti, odnosno ukupnog antioksidativnog kapaciteta.

Održivi krop modeli proizvodnje paprika u zaštićenom prostoru u koje se mogu integrisati biološki sistemi zaštite od bolesti i štetočina paprike bazirani su na naprednim tehnologijama gajenja koje uključuju: visoku pasivnu energetska efikasnost i dobar menadžment svetlosti i kontrolu mikroklimе, održavanje plodnosti zemljišta, precizno navodnjavanje i mineralnu ishranu zasnovanu na kontrolisanom deficitu vlažnosti, što proizvođačima omogućuje vrlo dug proizvodni ciklus, visoke i stabilne prinose, ali i visoku otpornost useva i pouzdanu biološku ranotežu.

## ZAHVALNOST

Punu zahvalnost dugujem preduzećima: Zeleni hit d.o.o. iz Beograda, Enza zaden B.V., Holandija, Ginegar Plastic L.t.d, Izrael, i Koppert B.V., Holandija za njihovu ne-sebičnu pomoć i podršku u opremi, materijalu i sredstvima za ova višegodišnja istraživanja.

## LITERATURA

- Aghili, F.A., Khoshgoftarmansh, H., Afyuni, M., Mobli, M. (2012): Mineral and ascorbic acid concentrations of greenhouse and field-grown vegetables: implications for human health. *International Journal of Vegetable Science*, Vol. 18(1): 64-77
- Ahmed, S.A., Sanchez, C.P., Candela, M.E. (2000): Evaluation of induction of systemic resistance in pepper plants (*Capsicum annuum*) to *Phytophthora capsici* using *Trichoderma harzianum* and its relation with capsidiol accumulation. *European J. of Plant Pathology*, Vol. 106: 817-824.
- Antignus, Y., Mor, N., Ben Joseph, R., Lapidot, M., and Cohen, S. (1996). UV absorbing plastic sheets protect crops from insect pests and from virus diseases vectored by insects. *Environmental Entomology*, Vol. 25: 919-924.
- Antignus, Y. (2000). Manipulation of wavelength-dependent behavior of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses. *Virus Research*, Vol. 71(1-2): 213-220.
- Bakker, J.C. (2006): Model application for energy efficient greenhouses in the Netherlands: greenhouse design, operational control and decision support systems. *ISHS III Innt. Symp. on models for plant growth, A.Hort.* Vol. 718: 191-202.



- Baille J., Lopez, A.C., Bonachela, S., Gonzalez-Real, M.M., Montero, J.I. (2006): Night energy balance in a heated low-cost plastic greenhouse. *Agr. and Forest Meteorology*, Vol. 137(1-2): 107-118.
- Bosco, L., Giacometto, E., Tavella, L. (2008): Colonization and predation of thrips (*Thysanoptera: Thripidae*) by *Orius* spp. (*Heteroptera: Anthocoridae*) in sweet pepper greenhouses in Northwest Italy. *Biol. Control*, Vol. 44(3): 331-340.
- Buwalda, F., van Henten, E.J., de Gelder, A., Bontsema, J., Hemming, J. (2006): Toward an optimal control strategy for sweet pepper cultivation -1. Dynamic crop model. ISHS Environmental control and farm management in protected cultivation, *Acta Horticulturae*, Vol. 718: 367-374
- Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clement, C., Barka, E.A. (2005): Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Appl. Env. Microbiol.* Vol. 71: 4951-4959.
- Chassy, A.W., Bui, L., Renaud, E.N.C., Van Horn, M., Mitchell, A.E. (2006): Three-Year Comparison of the Content of Antioxidant Microconstituents and Several Quality Characteristics in Organic and Conventionally Managed Tomatoes and Bell Peppers. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 54(21): 8244-8252.
- Deepa, N., Kaur, C., Singh, B., Kapoor, H.C. (2006): Antioxidant activity in some red sweet pepper cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 19(6-7): 572-578.
- Dik, A.J., Ceglarska, E., Ilovasi, Z. (2002): Sweet peppers. IPM in greenhouse Crops, *Devel.in Plant Path.*, Vol. 14( V): 473-485.
- Elad Y. (1997). Effect of solar light on the production of conidia by field isolates of *Botrytis cinerea* and on several diseases of greenhouse grown vegetables. *Crop protection*, Vol. 1(7): 635-642.
- Fereres, A. (2000). Barrier crops as a cultural control measure of non-persistently transmitted aphid-borne viruses. *Virus Research*, Vol. 71(1-2): 221-231.
- Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet I., Lorito, M. (2004): *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, Vol. 2: 43-56
- Hoitink, H.A.J., and Boehm, M.J. (1999): Biocontrol within the context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. *Annual Review of Phytopathology*, Vol. 37: 427-446.
- Jovicich, E., VanSickle, Cantliffe1, D.J., Stofella, P.J. (2005): Greenhouse grown colored peppers: a profitable alternative for vegetable production in Florida. *Hort. Tech.*, Vol. 15(2): 388-369.
- Kasperbauer, M.J., Louhrin, J.H., Wang, S.Y. (2007), Light reflected from re mulch ripening strawberries affects aroma, sugar, and organic acid concentrations. *Photochemistry and Photobiology*, Vol. 74(1): 103-107.
- Kloepper, J.W., Ryu, C.M., Zhang, S. (2004): Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology* Vol. 94:1259-1266,
- Momirović, N., Savić Jasna (2007). Efekat primene različitih malč folija u plasteničkoj proizvodnji paprike. *Zbornik radova II Simpozijum Inovacije u ratarstvu i povrtarstvu Zemun, Srbija*
- Momirović, N., Oljača, M., Dolijanović, Ž., Poštić, D. (2010). Energetska efikasnost proizvodnje paprike u zaštićenom prostoru u funkciji primene različitih tipova polietilenskih (PE) folija. *Poljoprivredna tehnika*, Vol. 35(3):1-13.
- Momirović, N., Oljača, M., Dolijanović, Ž., Poštić, D. (2011): Primena polietilenskih folija u integralnim sistemima hortikulturene proizvodnje. *Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem*, 16, *Agronomski fakultet, Čačak*: 39-46
- Perez-Lopez, A.J., López-Nicolas, J.M., Núñez-Delicado, E., delAmor, F.M., Carbonell-Barrachina, A.A. (2007): Effects of agricultural practices on color, carotenoids composition, and minerals contents of sweet peppers, cv. Almuden. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 55(20): 8158-8164.
- Pineda, A., Marcos-Garcia, A. (2008): Introducing barley as aphid reservoir in sweet-pepper greenhouses: Effects on native and released hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Eur. J. Entomol.* Vol.105: 531-535.

- Ramirez, C.A., Kloepper, J.W. (2010): Plant growth promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB45 depends on inoculum rate and P-related soil properties. *Biology and Fertility of Soils*, Vol. 46(8): 835-844.
- Sanchez, J.A., Alcazar, A., Lacasa, A., Llamas, A., Bielza, P. (2000): Integrated pest management strategies in sweet pepper plastic houses in the Southeast of Spain. Proceedings of the meeting "Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate", Antalya, Turkey, Bulletin OILB/SROP 2000 Vol. 23(1): 21-30
- Scarascia-Mugnozza, G., Sica, C., Russo, G. (2011): Plastic materials in European agriculture: actual use and perspectives. *J. of Ag. Eng. - Riv. di Ing. Agr.* Vol. 3: 15-28
- Shao Guang-Cheng, Liu Na, Zhang Zhan-Yu, Yu Shuang-En, Chen Chang-ren (2010): Growth, yield and water use efficiency response of greenhouse-grown hot pepper under Time-Space deficit irrigation, *S. Horticul.*, Vol. 126(2): 172-179
- Shtienberg, D., Elad, Y., Bornstein, M., Ziv, G., Grava, A., Cohen, S. (2010): Polyethylene mulch modifies greenhouse microclimate and reduces infection of *Phytophthora infestans* in tomato and *Pseudoperonospora cubensis* in cucumber. *Phytopathology*, Vol. 100(1): 97-104.
- Stone, A.G., Scheurell, S.J., Darby, H.M. (2004): Suppression of soil borne diseases in field agricultural systems: Organic matter management, cover cropping, and other cultural practices: 131-177. *In Soil Organic matter in Sustainable agriculture*. CRC Press. New York: 1-398.
- Tavella, L., Alma, A., Conti, A., Arzone, A. (1996): Evaluation of the effectiveness of *Orius spp.* in controlling *Frankliniella occidentalis*. ISHS Tospoviruses and Thrips of Floral and Vegetable Crops, *Acta Horticulturae* Vol. 431: 499-506.
- Van Henten, E.J., Buwalda, F., de Zwart, H.F., de Gelder, A., Hemming, J., Bontsema, J. (2006): Toward an optimal control strategy for sweet pepper cultivation -2. Optimization of the yield pattern and energy efficiency. ISHS Environmental control and farm management in protected cultivation, *Acta Horticulturae*, Vol. 718: 391-398.
- Warman, P.R. (2005): Soil Fertility, yield and nutrient contents of vegetable crops after 12 years of compost or fertilizer amendments. *Biological Agriculture & Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems*, Vol. 23(1): 85-96.

# EFEKTI PRODUŽENOG DEJSTVA PRIMENE MELIORATIVNOG SISTEMA OBRADJE ZEMLJIŠTA TEŠKOG MEHANIČKOG SASTAVA U PROIZVODNJI RATARSKIH KULTURA

Miloš Pajić<sup>1\*</sup>, Zoran Dumanović<sup>2</sup>, Đuro Ercegović<sup>1</sup>, Kosta Gligorević<sup>1</sup>,  
Mićo Oljača<sup>1</sup>, Vesna Dragičević<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,  
Beograd-Zemun

<sup>2</sup>Institut za kukuruz "Zemun Polje", Beograd-Zemun Polje

**Sažetak:** U Srbiji ima oko 400.000 ha zemljišta teškog mehaničkog sastava, a najveći deo tih proizvodnih površina se nalazi pod ratarskim kulturama. Višegodišnja obrada zemljišta konvencionalnim metodama (pomoću raonog pluga) i velikog broja prolaza sredstava mehanizacije na ovom tipu zemljišta izaziva stvaranje podoraničnog vodonepropusnog sloja, sa puno negativnih posledica u ratarskoj proizvodnji. Ovo istraživanje je usmereno ka definisanju uticaja meliorativne obrade zemljišta teškog mehaničkog sastava i produženog dejstva iste na distribuciju azota i vlage u zemljištu, kao i prinos glavnih ratarskih kultura u uslovima suvog ratarenja. Primetna je veća prosečna vlažnosti zemljišta kod tretmana ATS, i to za 1,25% u odnosu na CT tretman. Najveća razlika u prinosima između ATS i CT tretmana je uočena 2009-10 godine u proizvodnji pšenice, gde je razlika iznosila 26,5% u korist ATS tretmana. Najveća razlika u prinosima je ostvarena u godini sa najvećom količinom padavina ostvarenih tokom vegetativnog perioda proizvodnje pšenice.

**Ključne reči:** drenažni plug, vibracioni razrivač, raoni plug, vlažnost zemljišta, azot, prinos.

## LONG TERM EFFECTS OF THE APPLICATION OF AMELIORATIVE TILLAGE SYSTEMS ON HEAVY MECHANICAL COMPOSITION SOILS IN CROP PRODUCTION

Miloš Pajić<sup>1</sup>, Zoran Dumanović<sup>2</sup>, Đuro Ercegović<sup>1</sup>, Kosta Gligorević<sup>1</sup>,  
Mićo Oljača<sup>1</sup>, Vesna Dragičević<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering,  
Belgrade, Republic of Serbia

<sup>2</sup> Maize Research Institute „Zemun Polje“, Belgrade, Republic of Serbia

**Abstract:** There are around 400,000 hectares of soils with heavy mechanical composition, and the greatest part of the production area is under crops. The long term soil tillage by conventional methods (using plough) and a large number of passages of

---

\* Kontakt autor. E-mail: paja@agrif.bg.ac.rs

Rad je rezultat istraživanja u okviru projekta "Unapređenje biotehnoških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda", evidencioni broj TR 31051, koga finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

mechanization in this type of soil causes a subarable waterproof layer, with a lot of negative consequences in a crop production. This research aims at defining the impact of an ameliorative tillage of soils with heavy mechanical composition and its long term effects on distribution of nitrogen and moisture in the soil and yield of main crops in dry farming conditions. There is an increased average soil moisture in the ATS treatment, by 1.25% compared to the CT treatment. The biggest difference in yields between the ATS and CT treatments was observed during 2009/10 in wheat production, where the difference was 26.5% in favor of the ATS treatment. The biggest difference in yield was achieved in the year with the highest rainfall during vegetative growth of wheat.

**Key words:** *drainage plough, vibratory subsoiler, plough, soil moisture, nitrogen, yield*

## UVOD

Glinovita i hidromorfna zemljišta su karakteristična po suficitu vode, periodično ili tokom cele godine. Diferencijacija zemljišnog horizonta po mehaničkom sastavu kod ovih zemljišta daje uslove za periodično prevlaživanje [9]. Periodično prevlaživanje je rezultat slabe filtracione sposobnosti slojeva zemljišta koji se nalaze ispod orničnog horizonta. Problem zbijenosti pod-orničnog horizonta može se prevazići rastresanjem zemljišta u dubljim slojevima, čime se omogućuje infiltracija suficitne vode i odvođenje te vode u kolektore pomoću postavljene drenaže [10].

Kod zemljišta teškog mehaničkog sastava korenov sistem se sporo razvija u horizontima koji se nalaze ispod orničnog horizonta. Često se ne mogu ispoštovati optimalni rokovi za setvu. Nepovoljan je režim ishrane zbog manjeg sadržaja humusa i azota (N) u zoni korenovog sistema. Karakteristično je prisustvo teže pristupačnih oblika  $P_2O_5$ , kao što su gvožđev fosfat i amonijumovi fosfati. Prisutno je nagomilavanje većih količina  $K_2O$  u iluvijalnom horizontu, koji je teže dostupan biljkama.

Zemljišta teškog mehaničkog sastava, zahtevaju odgovarajuće mere obrade, čime se obezbeđuje prirodni potencijal plodnosti i suzbijanje degradacionih procese u zemljištu [8]. Primenom mašina i oruđa za obradu zemljišta mora se obezbediti očuvanje bio-sistema zemljišta, regulacija vodnog-vazdušnog režima zemljišta, racionalnu potrošnju energije, očuvanje vlage i potencijalne plodnosti zemljišta [11].

Različiti postupci obrade zemljišta izazivaju i različito kretanje vlage kroz zemljišni profil, a sa tim se kretanje i dostupnost azotnih i drugih jedinjenja menja u velikoj meri. To za posledicu ima značajne razlike u količini apsorbovanog azota tokom različitih fenofaza razvoja biljaka, i naročito u ostvarenom prinosu gajenih kultura. Ovakav način poređenja distribucije N u zemljištu je još značajniji kada se proizvodnja vrši na zemljiština sa većim procentom gline [13]. Različiti sistemi obrade zemljišta takođe utiču na konzervaciju N [14], na gubitke N preko luženja, denitrifikacije i usvajanja od strane biljaka.

Meliorativni radovi na zemljištu, u širem smislu, izlaze iz okvira poljoprivredne proizvodnje, ali sadrže mnoge tehničko-tehnološke elemente koji su potrebni za uspešnu eksploataciju poljoprivrednog zemljišta. Korektivni karakter meliorativnih radova u poljoprivrednoj proizvodnji ističe i delimično rešava deformitete zemljišta po površini i dubini, stvorene dugogodišnjom neadekvatnom eksploatacijom [1]. Preventivni karakter meliorativnih radova se odnosi na sprečavanje stvaranja deformiteta zemljišta kroz preventivno plansko delovanje meliorativne tehnike [5]. Korektivni i preventivni aspekti primene meliorativnih radova u poljoprivrednoj proizvodnji se najbolje mogu sagledati na primerima gajenja poljoprivrednih kultura na zemljištima teškog mehaničkog sastava [7].

Različiti uslovi proizvodnje i agrotehničke mere utiču na prinos i kvalitet biljaka [6]. Primenom konzervacijskih metoda obrade zemljišta teškog mehaničkog sastava ostvaruju se promerljivi rezultati (u zavisnosti od gajene kulture, rasporeda temperature i padavina tokom

godine, primenjene tehnologije obrade) sa nestabilnim prinosima [12]. Kod većine ratarskih useva, uticaj vlažnosti zemljišta i prisustvo azota N imaju ključnu ulogu na prinos.

Ovaj rad ima za cilj da prikaže efekte produženog dejstva primene meliorativne obrade zemljišta teškog mehaničkog sastava na distribuciju vlage i N u zemljištu, kao i na prinos glavnih ratarskih kultura.

## MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja su obavljena na proizvodnim poljima Instituta za kukuruz «Zemun Polje» Beograd, u periodu od 2007-2012 godine. Ogledi su postavljeni na proizvodnim poljima Instituta u Krnješevcima (nadmorska visina 72m, 44°54' N latituda, 20°08' E longitude), region Srem, Republika Srbija, sa prosečnim godišnjim padavinama od 630 mm godišnje (višegodišnji proseki 1990-2010) [16]. Tip zemljišta je livadski černozem i osnovne karakteristike zemljišta su date u tabelama 1 i 2.

Ogled je postavljen u oktobru 2007. godine, na parceli površine 20 ha. Ogledna parcela je podeljena na dva jednaka dela, gde je na svakom od delova izvršen zaseban tretman istraživanja. Ogledna parcela i oba njena dela su sa jedne strane povezani sa otvorenim kanalom za odvodnjavanje, bez koga se ovaj tip meliorativne obrade i formiranja drenažnih kanala ne može ni ostvariti [4].

Na prvoj parceli veličine 10 ha primenjena je meliorativna obrada zemljišta ATS (*Ameliorative Tillage System* eng.), dok je na drugoj parceli primenjena konvencionalna obrada zemljišta CT (*Conventional Tillage* eng.). Ogled se sprovodi tokom pet uzastopnih proizvodne godine 2007/08, 2008/09, 2009/10, 2010/11 i 2011/12. Svake proizvodne godine je gajena jedna ratarska kultura na oba tretmana kako bi se ustanovile razlike u distribuciji azota, vlage i prinosa pri različitim sistemima obrade zemljišta kod različitih ratarskih kultura. Proizvodne 2007/08 gajen je suncokret (*Helianthus annuus* L.), hibrid "ZP Albatre"; 2008/09 gajen je merkantilni kukuruz (*Zea mays* L.), hibrid "ZP360 Ultra"; 2009/10 gajena je pšenica (*Triticum aestivum* L.), sorta "Dragana"; 2010/11 gajen je kukuruz (*Zea mays* L.), hibrid "ZP 633"; a 2011/12 gajen je tritikale (*Triticosecale*), hibrid "ZP Zenit". Istraživanje je postavljeno u blok sistemu, gde su pored različitih tipova obrade u prvoj godini istraživanja (ATS i CT) svi ostali parametri proizvodnje identični.

Tokom istraživanja uzimani su uzorci zemljišta, izvršena je agrohemijska analiza prisustva N u zemljištu u oba tretmana, praćeni su klimatski i eksploatacioni parametri, kao i prinosi gajenih kultura.

Tretman (ATS) predstavlja primenu meliorativnog sistema obrade. Tretman (ATS) je izveden u dve faze. Prva faza tretmana je izvedena samo u prvoj godini postavljanja ogleda, u oktobru 2007. godine. Prva faza obuhvata primenu ATS, tj. tri agrotehničke mere (formiranje kritične drenaže, podrivanje orničnog sloja i stabilizaciju obrađenog zemljišta).

Formiranje kritične drenaže je izvedeno pomoću drenažnog pluga (DP-4) [4], tako što su formirani drenažni kanali na dubini 80-100 cm. Rastojanje između drenažnih kanala iznosi 5 m. Podrivanje orničnog sloja je izvedeno pomoću vibracionog podrivača (VR5/7) sa 5 radnih organa, na dubini 50-55 cm, gde je razmak između radnih organa podrivača bio 40 cm [4]. Nakon izvršenog podrivanja, stabilizaciju i poravnavanje zemljišta smo izveli pomoću teške tanjirače "Lemind", prečnik diskova 510 mm. U proleće 2008. godine izvršena je priprema zemljišta za setvu suncokreta i nastavljena uobičajena (konvencionalna) tehnologija proizvodnje ratarskih kultura. Druga faza tretmana (ATS) je obrada zemljišta u svim narednim proizvodnim godinama po konvencionalnoj tehnologiji (CT).

Tretman (CT) predstavlja primenu konvencionalne obrade zemljišta koja se primenjuje u proizvodnji ratarskih kultura. CT se zasniva na obradi zemljišta pomoću raonog pluga "Lemken - EuroPal 8" na dubini 30-35 cm. Nakon oranja koje se obavlja

tokom jeseni, u proleće se pre setve koristi teška drljača kako bi se zemljište dodatno usitnilo, stabilizovalo i pripremlilo za predsetvenu obradu (za pšenicu se ova operacija izvodi tokom jeseni). Sa oglednog polja su uzeti uzorci zemljišta standardnim metodama, gde je urađena analiza za osnovna agrohemijska svojstva zemljišta, vlažnost zemljišta i mehanički sastav zemljišta. Uzorci zemljišta su uzeti u poremećenom stanju, po tri uzorka po dijagonalni parcele, sa neoštećenih delova zemljišta [2], za određivanje:

- Mehaničkog sastava (internacionalna pipet B metoda),
- Strukturne analize uzoraka (metoda N.I. Savinova),
- Specifične mase zemljišta (metoda piknometra sa ksilolom),
- Zapreminske mase (metoda cilindra Kopecky-og od 100 cm<sup>3</sup>),
- Ukupne poroznosti zemljišta, računskim postupkom (iz odnosa specifične i zapreminske mase),
- Vlažnosti zemljišta (gravimetrijska metoda),
- Određivanje koncentracije azota N u zemljištu [15].

Određivanje prinosa gajenih kultura je rađena metodom probnih površina [3], po dijagonali površine tretmana, sa tri ponavljanja. Prinos zrna je sveden na 12% vlage. Za analizu podataka korišćene su metode Analize varijanse – ANOVA i LSD test. Sve statističke analize rađene su u programskom paketu "SPSS Statistics", verzija 17.0.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Prema mehaničkom sastavu izdvojeni lokalitet pripada grupi glinuša, kod kojih sadržaj čestica ukupne gline u A horizontu iznosi 51-52%. Ovako homogen sadržaj glinenih čestica čini ovo zemljište posebno teškim, kada je u pitanju pravovremena obrada.

Vlažnost zemljišta praćena tokom vegetacionog perioda gajenih kultura na oba tretmana (Tabele 3, 4, 5, 6 i 7), ukazuje na često veći procenat vlažnosti zemljišta pod tretmanom AMS, prosečno veći za 1,25%. Ovaj efekat se objašnjava većim poljskim kapacitetom zemljišta pod AMS tretmanom u odnosu na CT tretman, ostvaren dubinskim rastresanjem profila obrađenog zemljišta. Prinos je veći u AT tretmanu za 9,3%.

U drugoj godini nakon primene meliorativne obrade zemljišta, proizvodna 2008/09, primetno je efikasnije usvajanje N tokom vegetacionog perioda kod ATS tretmana, što se objašnjava efikasnijim radom korenovog sistema u razrađenom zemljištu (Tab. 4). Istovremeno, primetan je i veći gubitak N u dublje slojeve, što je izazvano lakšim spiranjem i distribucijom azotnih jedinjenja po dubini, kroz drenirani sloj zemljišta. Prinos kukuruza je tada bio veći u tretmanu ATS za 11%.

Tabela 1. Mehanički sastav i teksturna klasa zemljišta  
*Table 1. Mechanical composition and texture class of soil*

Horizont <i>Soil horizons</i>	Dubina <i>Soil layer</i> (cm)	Pesak <i>Sand</i> 1,0-0,05 (mm)	Prah <i>Powder</i> 0,05-0,002 (mm)	Glina <i>Clay</i> <0,002 (mm)	Fizička glina <i>Heavy clay</i> <0,02 (mm)	Teksturna klasa zemljišta <i>Class of soil</i>
Ah1	0-20	1,53	47,18	51,29	48,68	Pr.glinuša <i>Powder clay soil</i>
Ah2	20-40	1,65	46,75	51,63	48,30	Pr.glinuša <i>Powder clay soil</i>
AC	40-60	1,61	47,09	51,30	48,70	Pr.glinuša <i>Powder clay soil</i>
CG	60-80	1,73	48,58	48,69	52,12	Glinuša <i>Clay soil</i>

Tabela 2. Osnovne fizičke osobine zemljišta  
Table 2. The basic physical properties of soil

Horizont Soil horizons	Dubina Soil layer	Specifična masa Specific mass	Zapreminska masa Volume mass	Ukupna poroznost Total porosity	Pojljski kapacitet Field capacity	Vazd. kapacitet Capacity of air	Trenutna vlaga Current moisture	Koef. filtracije Coeff. of filtration
	(cm)	(g·cm <sup>-3</sup> )	(g·cm <sup>-3</sup> )	(% vol)	(% vol)	(% vol)	(% vol)	(cm·sec <sup>-1</sup> )
A <sub>n</sub> 1	0-20	2,64	1,25	52,65	42,80	9,85	20,14	1,13·10 <sup>-3</sup>
A <sub>n</sub> 2	20-40	2,63	1,31	50,20	42,04	8,16	20,11	1,05·10 <sup>-3</sup>
AC	40-60	2,68	1,43	46,64	40,45	6,19	17,45	6,35·10 <sup>-4</sup>
CG	60-80	2,71	1,57	42,07	39,70	2,37	22,30	6,65·10 <sup>-5</sup>

Tabela 3. Kretanje vlažnosti i N u zemljištu pri različitim sistemima obrade,  
proizvodnja suncokreta 2007/08

Table 3. Soil moisture and N content for different tillage systems, sunflower production 2007/08

Suncokret Sunflower	Dubina Depth	Posle setve After sowing				Pre žetve Before harvest				Prinos Yield
		Vlaga Moisture	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N total	Vlaga Moisture	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N total	
	(cm)	(%)	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(%)	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )
CT	0-30	13,64	66,44	59,72	137,39	9,65	46,93	70,06	127,90	2.753
	30-60	13,93	107,14	136,49	297,28	13,53	81,06	129,63	252,18	
	60-90	18,25	17,33	50,56	90,64	17,77	5,63	56,18	78,89	
ATS	0-30	14,05	47,67	71,90	130,54	10,71	38,04	25,81	68,94	3.011
	30-60	14,75	96,25	85,09	194,60	13,66	101,76	66,15	179,46	
	60-90	17,00	70,21	99,01	181,09	18,91	87,74	55,61	156,24	

Pun efekat primene meliorativne obrade zemljišta je uočljiv proizvodne 2009/10 godini, kada su obilne prolećne padavine usporile rast u razvoj pšenice, kao i usvajanje hraniva pod CT tretmanom, dok je ATS tretman omogućio odvođenje suficitne vlage u kritičnim periodima razvoja biljaka, što se na kraju proizvodnje i odrazilo na konačan prinos. Tada je razlika u prinosu bila u korist ATS tretmana za 26,5% (Tab. 5).

Tabela 4. Kretanje vlažnosti i N u zemljištu pri različitim sistemima obrade,  
proizvodnja kukuruza 2008/09

Table 4. Soil moisture and N content for different tillage systems, corn production 2008/09

Kukuruz Corn	Dubina Depth	Posle setve After sowing				Pre žetve Before harvest				Prinos Yield
		Vlaga Moisture	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N ukupni N total	Vlaga Moisture	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N ukupni N total	
	(cm)	(%)	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(%)	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )
CT	0-30	20,27	179,89	53,43	186,90	17,14	102,20	3,99	127,54	6.380
	30-60	19,04	77,84	8,98	89,64	17,51	56,99	2,56	59,78	
	60-90	18,64	90,16	16,58	121,73	17,04	92,28	0,01	94,06	
ATS	0-30	20,17	172,20	3,47	177,83	18,28	91,77	2,80	95,83	7.083
	30-60	20,11	73,13	3,77	82,02	18,24	83,86	2,09	86,91	
	60-90	21,15	82,19	3,29	97,71	19,13	92,74	4,90	100,06	

Tabela 5. Kretanje vlažnosti i N u zemljištu pri različitim sistemima obrade, proizvodnja pšenice 2009/10  
 Table 5. Soil moisture and N content for different tillage systems, wheat production 2009/10

Pšenica Wheat	Dubina Depth	Posle setve After sowing				Pre žetve Before harvest				Prinos Yield
		Vlaga Moisture	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N ukupni N total	Vlaga Moisture	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N ukupni N total	
	(cm)	(%)	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(%)	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )
CT	0-30	18,04	113,96	17,14	133,10	23,31	16,49	54,34	70,83	3.577
	30-60	19,23	80,58	2,58	86,18	20,92	7,59	27,39	34,98	
	60-90	18,30	29,32	2,34	39,11	20,77	21,93	27,90	49,83	
ATS	0-30	18,81	81,52	11,85	97,61	23,29	18,02	28,50	46,52	4.525
	30-60	19,49	86,98	4,36	98,40	21,14	-4,33	24,11	19,78	
	60-90	20,43	64,00	2,32	71,01	22,67	18,35	26,27	44,62	

U četvrtoj proizvodnoj godini nakon primene meliorativne obrade, 2010/11, primetan je manji rast prinosa u odnosu na prethodne godine. Prinos kukuruza je bio za 4,9% veći kod ATS u odnosu na CT tretman (Tab. 6). Smanjene su razlike u vlažnosti zemljišta kao i razlike u usvajanju N, što se objašnjava urušavanjem drenažnih kanala i sleganjem razrahljenog zemljišta usled višegodišnje eksploatacije, kao i usled klimatskih faktora koji utiču na smanjenje ukupne poroznosti zemljišta.

Tabela 6. Kretanje vlažnosti i N u zemljištu pri različitim sistemima obrade, proizvodnja kukuruza 2010/11  
 Table 6. Soil moisture and N content for different tillage systems, corn production 2010/11

Kukuruz Corn	Dubina Depth	Posle setve After sowing				Pre žetve Before harvest				Prinos Yield
		Vlaga Moisture	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N ukupni N total	Vlaga Moisture	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N ukupni N total	
	(cm)	(%)	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(%)	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )
CT	0-30	15,41	119,21	19,08	145,92	16,13	42,39	9,96	60,15	5.628
	30-60	15,45	52,21	5,76	63,62	14,39	24,77	8,24	38,10	
	60-90	16,17	30,54	5,36	40,28	14,13	36,14	6,86	47,07	
ATS	0-30	16,19	85,06	19,74	114,42	16,06	41,64	1,86	43,52	5.906
	30-60	15,86	47,78	9,23	65,67	15,84	53,70	5,11	58,84	
	60-90	16,35	47,14	4,84	56,71	15,12	76,63	0,49	79,45	

U izrazito sušnoj 2011/12 proizvodnoj godini efekti delovanja meliorativne obrade su skoro zanemarljivi (Tab. 7). Razlika u prinosima između posmatranih tretmana nije statistički značajna, kao ni ostali posmatrani efekti.

Tabela 7. Kretanje vlažnosti i N u zemljištu pri različitim sistemima obrade, proizvodnja tritikala 2011/12  
 Table 7. Soil moisture and N content for different tillage systems, triticale production 2011/12

Tritikale Triticale	Dubina Depth	Posle setve After sowing				Pre žetve Before harvest				Prinos Yield
		Vlaga Moisture	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N ukupni N total	Vlaga Moisture	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N ukupni N total	
	(cm)	(%)	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(%)	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )	(kg·ha <sup>-1</sup> )
CT	0-30	16,43	69,15	0,21	70,88	15,05	15,62	22,85	38,47	4.170
	30-60	15,99	56,25	8,33	64,61	18,54	27,08	38,82	65,90	
	60-90	14,87	80,77	9,88	93,24	14,71	2,76	17,09	19,85	
ATS	0-30	65,17	37,48	13,65	56,39	17,36	15,29	18,53	33,82	4.254
	30-60	15,57	44,46	8,82	60,10	17,68	13,98	28,13	42,11	
	60-90	14,38	62,15	8,09	73,65	17,20	32,14	31,00	63,14	



## ZAKLJUČAK

Primena meliorativne obrade zemljišta, u cilju poboljšanja proizvodnih karakteristika proizvodnje ratarskih kultura, daje rezultate na zemljištima teškog mehaničkog sastava. Pozitivni efekti su vidljivi i statistički značajni u prve četiri godine od primene ove obrade.

Primetna je veća prosečna vlažnosti zemljišta kod tretmana ATS, i to za 1,25% u odnosu na CT tretman. Najveća razlika u prinosisima između ATS i CT tretmana je uočena 2009/10 godine u proizvodnji pšenice, gde je razlika iznosila 26,5% u korist ATS tretmana. Najveća razlika u prinosisima je ostvarena u godini sa najvećom količinom padavina ostvarenih tokom vegetativnog perioda proizvodnje pšenice.

Korektivni i preventivni aspekti primene meliorativnih radova u poljoprivrednoj proizvodnji su vidljivi na zemljištima teškog mehaničkog sastava, u prve četiri godine eksploatacije. Najjači pozitivni efekti su direktno vezani za raspored i količinu padavina tokom vegetativnog perioda proizvodnje ratarskih useva. U godinama sa izraženim periodima prevlaživanja, na zemljištima teškog mehaničkog sastava, efekti primene meliorativne obrade zemljišta su najizraženiji.

## LITERATURA

- [1] Abu-Hamdeh, N.H., 2003. Compaction and subsoiling effects on corn growth and soil bulk density. *Soil Science Society of America Journal*, 67:1213-1219.
- [2] Bošnjak, Đ., Dragović, S., Hadžić, V., Babović, D., Kostić, N., Burlica, Č., Đorović, M., Pejčević, M., Mihajlović, D., Stojanović, S., Vasić, G., Stričević, R., Gajić, B., Popović, V., Šekularac, G., Nešić, Lj., Belić, M., Đorđević, A., Pejić, B., Maksimović, L., Karagić, Đ., Lalić, B., Arsenić, I., 1997. *Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava zemljišta*. Komisija za fiziku zemljišta, Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Novi Sad: 1- 278.
- [3] Dolijanović, Ž., Oljača, S., 2003. *Praktikum agroekologije*. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [4] Ercegović, Đ., Gligorević, K., Kovačević, D., Raičević, D., Vukić, Đ., Oljača, M., Pajić, M., Radojević, R. 2010. Research results of long-term use of new line of machines and tools for land surface and depth arrangement. *Journal of Agricultural Sciences*, 55-2: 165-181.
- [5] Kovačević, D., Dolijanović, Ž., Oljača, M.V., Oljača, J. 2009. Uticaj meliorativne obrade na neke fizičke osobine zemljišta. *Poljoprivredna tehnika*, 34-2: 35-42.
- [6] Kovačević, D., Oljača, S., Dolijanović, Ž., Oljača, M. 2008. Uticaj savremenih sistema obrade zemljišta na prinos važnijih ratarskih useva. *Poljoprivredna tehnika*, 34-2: 73-80.
- [7] Kovačević, D., Oljača, S., Dolijanović, Z., Jovanović, Z., Jug, I., Jug, D., Stipešević, B., Milić, V. 2012. The effect of ameliorative tillage on some important soil physical properties and grain yield of sunflower, maize and winter wheat. *47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture*, Opatija, Croatia, 13-17 February 2012. Proceedings 2012: 497-501.
- [8] Molnar, I., Džilitov, S., Vučković, R. 1979. Uticaj meliorativne obrade na promene nekih fizičkih osobina beskarbonantne ritske crnice. *Zemljište i biljka*, 28-3: 177-190.
- [9] Petošić, D., Kovačević, V., Josipović, M. 2003. Phosphorus availability in hydromorphic soils of Eastern Croatia. *Plant, Soil and Environment*, 49-9: 394-401.
- [10] Radojević, R., Raičević, D., Oljača, M., Gligorijević, K., Pajić, M. 2006. Uticaj jesenje obrade na sabijanje teških zemljišta. *Poljoprivredna tehnika*, 31-2: 63-71.
- [11] Raičević, D., Ercegović, Đ., Marković, D., Oljača, M. 1997. *Primena oruđa i mašina sa vibracionim radnim telima u obradi zemljišta, efekti i posledice*. Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Novi Sad: 127-135.
- [12] Raičević, D., Radojević, R., Ercegović, Đ., Oljača, M., Pajić, M. 2005. Razvoj poljoprivredne tehnike za primenu novih tehnologija u procesima eksploatacije teških zemljišta, efekti i posledice. *Poljoprivredna tehnika*, 30-1: 1-8.
- [13] Reeves, D.W., Touchton, J.T. 1986. Subsoiling for nitrogen applications to corn grown in a conservation tillage system. *Agronomy Journal*, 78: 921-926.
- [14] Sainju, U.M., Whitehead, W.F., Singh, B.P., Wang, S. 2006. Tillage, cover crops, and nitrogen fertilization effects on soil nitrogen and cotton and sorghum yields. *European Journal of Agronomy*, 25:372-382.
- [15] Scharpf, H.C., Wehrmann, J. 1975. Die Bedeutung des Mineralstickstoffvorrates des Bodens zu Vegetationsbeginn für die Bemessung der N-Düngung zu Winterweizen. *Landwirtschaftlicher Forschung*, 32: 100-114.
- [16] <http://www.hidmet.gov.rs/> [datum pristupa: 18.10.2012.]

# STANJE, PERSPEKTIVE I ZNAČAJ NAVODNJAVANJA OBRADIVOG POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA U SRBIJI

Petrović Marija<sup>1</sup>, Petrović Predrag<sup>1\*</sup>, Obradović Dragoljub<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut „Kirilo Savić“, Vojvode Stepe 51, 11000 Beograd, e-mail:mpm@eunet.rs

<sup>2</sup>Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Zemun- 11080

**Sažetak:** Navodnjavanje omogućava promenu strukture poljoprivredne proizvodnje, utiče na optimalniji način obrade zemljišta, smanjenje rokove i povećava norme setve, stvara uslove na optimalniju ishranu i povećanje asortimana biljaka, povećava i stabilizuje prinose, podstiče intenziviranje stočarske proizvodnje i angažovanje prerađivačkih kapaciteta prehrambene industrije, utiče na smanjenje cena finalnih proizvoda, povećava broj zaposlenih, intenzivira izvoz, povećava bruto nacionalni dohodak i dr.

Međutim, navodnjavanje je veoma kompleksna agrotehnička mera za čije je uspešno izvođenje potrebno kontinualno i efikasno izvođenje u različitim oblastima, napr.: agrotehničkim, poljoprivrednim, tehničko-tehnološkim, geografskim, geodetskim, hidroenergetskim, geološkim, pravnim, sociološkim, organizacionim, ekonomskim i dr.

S obzirom da se Srbija po površinama koje se navodnjavaju nalazi među poslednjim zemljama u Evropi, cilj ovog rada nisu analize tehničkih, materijalnih, agrotehničkih, hidroloških, meteoroloških, geoloških i drugih faktora, već jedan pregled stanja, mogućnosti i perspektive navodnjavanja obradivog zemljišta u Srbiji, kao apel nadležnima da ova država i pored velikih ekonomskih problema, mora sukcesivno da rešava i probleme navodnjavanja koji znatno utiču na povećanje prinosa poljoprivrednih kultura, odnosno smanjenja štete izazvane sušom.

**Ključne reči:** Navodnjavanje, vodovodni sistemi, zemljište, prinosi, kanali

## STATUS, PROSPECTS AND IMPORTANCE OF IRRIGATION OF ARABLE AGRICULTURAL LAND IN SERBIA

Petrović Marija<sup>1</sup>, Petrović Predrag<sup>1\*</sup>, Obradović Dragoljub<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute „Kirilo Savić“, Vojvode Stepe 51, 11000 Belgrade, e-mail:mpm@eunet.rs

<sup>2</sup>Agricultural faculty, Nemanjina 6, Zemun- 11080 Belgrade

**Abstract:** Irrigation allows you to change the structure of agricultural production, affects the optimal way of farming, reducing timelines and increasing sowing rates, creates

---

\* Petrović Predrag, Institut Kirilo Savić, Vojvode Stepe 51, 11000 Beograd, e-mail:mpm@eunet.rs

Ovaj rad je delom nastao iz istraživanja u okviru projekta tehnološkog razvoja „Razvoj i primena metoda i laboratorijske opreme za ocenjivanje usaglašenosti tehničkih proizvoda“, finansiranog od strane Ministarstva za prosvetu i nauku Republike Srbije, za period 2011-2014., ev.br.35031.

the conditions of optimal nutrition and increasing range of plants, increase and stabilize yields, encourages intensification of livestock production and processing facilities engaging food industry influences decrease in prices of final products, increasing the number of employees, intensify exports, increasing gross national income and others. However, irrigation is a very effective measure for complex whose successful execution need continuous and efficient performance in a variety of areas, for example.: Agro-technical, agricultural, technical, technological, geographical, geodetic, hydro-geology, legal, social, organizational, economic and others.

As per the Serbian areas irrigated by one of the last countries in Europe, the goal of this paper are the analysis of the technical, financial, agricultural, hydrological, meteorological, geological and other factors, but a review of the status, opportunities and prospects of irrigated arable land in Serbia , as an appeal to the authorities that the country, despite the severe economic problems that must be solved successively and irrigation problems that significantly increase the yield of crops, or reduce the damage caused by drought.

**Key words:** *irrigation, water systems, land, yields, channels*

## UVOD

Značaj navodnjavanja, je bio shvaćen, kao uslov za postizanje visokih prinosa, još u najranijem periodu ljudske istorije. Bez navodnjavanja nema stabilne proizvodnje, što je svet od davnina, shvatio i doveo do toga da se danas navodnjača oko jedne šestine obradivih površina. U Srbiji navodnjavanje nije u potpunosti zaživelo i nije retkost da se posle svake rodne godine, ne preduzima ništa i navodnjavanje pada u zaborav.

U svim izrazito „aridnim“ zonama u vidu pustinja i polupustinja, (lat.aridus = suh ili klimatsko područje, gde je količina padavina manja od mogućeg isparavanja u istom području u trajanju 10-12 meseci godišnje, i sa vrlo niskom vlažnošću vazduha), gde vladaju stalne suše, navodnjavanje je bilo osnovni preduslov za obavljanje poljoprivredne proizvodnje. U klimatskim „semiaridnim“ zonama, (isparavanje traje 6-9 meseci godišnje), gde spada i Srbija, odnosno u zonama sa periodičnom sušom, navodnjavanje je krajnje neophodno u cilju povećanja prinosa. Treba imati u vidu da se ne može svako zemljište navodnjavati, već samo zemljište sa semenskom proizvodnjom i proizvodnje povrća, voća i vinograda za posebne sorte grožđa.

U državi SFRJ, pored geografskih, postojali su veoma povoljni klimatski i razduženi kanali i sistemi za navodnjavanje poljoprivrednih zemljišta. Deo tih povoljnosti je koncentrisan u Srbiji, gde postoje i dalje veoma povoljni uslovi za intenziviranje navodnjavanja, ali na žalost te mogućnosti nisu dovoljno ili ni malo iskoršćenje.

U prilog tim činjenicama, utiču parcele koje su veoma usitnjene i nepravilnog oblika, sa velikim brojem vlasništva zemljišta, negde neadekvatnog rasporeda vode dostupne navodnjavanju, nedostatak iskustva u pogledu navodnjavanja i dr. Sve te objektivne i subjektivne okolnosti u Srbiji i ubuduće će znatno uticati na smanjenje prinosa poljoprivrednih kultura, pogotovu što smo svedoci iz godine u godinu, sve manjih prirodnih padavina u toku leta, a sve viših atmosferskih temperatura.

Kada su u pitanju dve primarne poljoprivredne kulture: pšenica i kukuruz, primećuje se da prinos pšenice sa izvesnim oscilacijama u zadnjih deset godina, stagnira, uz smanjenje zasejanim površinama, dok je rod kukuruza znatnije stagnirao, na približno istim setvenim površinama. Za očekivati je da će Vlada ubuduće više potencirati početak i obnovu postojećih kanala, koji bi doprineli porastu bruto-društvenog proizvoda, čime bi se stekli povoljniji uslovi za izgradnju novih sistema navodnjavanja. [3]

## **MATERIJAL I METODE RADA**

### **Stanje navodnjavanja u Srbiji**

Srbija se sa mogućnošću navodnjavanja nalazi među poslednjim zemljama u Evropi sa samo oko 4,5% obradivih površina ili oko 180-195.000 ha. U centralnoj Srbiji pod sistemima za navodnjavanje nalazi se oko 20.000ha, u Vojvodini oko 120.000ha, na Kosovu 55.000ha. Međutim, površina pod navodnjavanjem u Srbiji je veoma diskutabilna i prema nekim podacima iz literature taj procenat iznosi 2-2,5% i manje. Sa gledišta zemljišnog i hidrološkog fonda u Srbiji, perspektiva intenzivnijeg navodnjavanja postoje, pa prema nekim stručnim procenama čak i do 2,7 miliona hektara, bi moglo da se navodnjava. Relativno brzo bi se moglo pristupiti izgradnji sistema uz neznatna ulaganja za uređenje zemljišta za navodnjavanje na 1.055.000ha i to: u Vojvodini na 760.000ha, centralnoj Srbiji na 186.000 ha, i na Kosovu 105.000 ha.

Bivša SFRJ je sagledala potrebe za navodnjavanjem i odvodnjavanjem i imala je tri kreditne linije od Svetske banke i to: za izgradnju sistema Dunav-Tisa–Dunav, sistem za navodnjavanje i odvodnjavanje Morava 1 i 2 i infrastrukturni sistem Ibar-Lepenac. Tada je zamisao bila, da to bude primarna mreža infrastrukturnog sistema, a na nju da se nadovezuje sekundarna mreža navodnjavanja, što na žalost nije realizovano.

Od ukupne površine kopna na zemljinoj kugli, 24% površina izloženo je suši, odnosno visokim temperaturama. U svetu se koristi oko 1,5 milijarde hektara obradivih površina, a pod sistemima za navodnjavanje nalazi se oko 250 miliona hektara ili 17%, na čijim površinama se proizvode oko 40% ukupne svetske proizvodnje hrane. U globalnim razmerama, poljoprivreda u svetu troši 70% od ukupno zahvaćenih količina vode, dok je u Evropi to 30%, uglavnom u južnim zemljama, a u severnim zemljama Evrope oko 1-4%. Od zemalja EU pod sistemima za navodnjavanje, najviše obradivih površina je u Grčkoj 37%, Holandiji 29%, Italiji 22%, Portugaliji 21%, Španiji 17%, Danskoj 17%, Hrvatskoj 0,86%. itd. Ukupno u 15 zemalja EU, 13%, obradivih površina pokriveno je sistemima za navodnjavanje (11.256.000 ha). Nizak stepen iskorišćenja sistema kod nas, je uslovljen brojnim razlozima: veoma niska privredna i poljoprivredna produktivnost, nedostatak strategije razvoja, nerešenost osnovnih uslova za uspešnu primenu navodnjavanja (komasacija i ukрупnjavanje poseda, čišćenje postojećih kanala i sl.), nepoštovanje projektnih zadataka, slaba materijalna osnova i dr. [1]

### **Perspektive navodnjavanja u Srbiji**

I pored gore navedenih teškoća, predhodna Vlada Srbije je pokrenula inicijativu izrade projekta za navodnjavanje do 1,1 miliona hektara obradivog zemljišta u narednih 5 godina. Međutim, veoma teško je realno očekivati realizaciju takvih projekata, pogotovu sa takvim troškovima u kratkim rokovima. U prilog tome ide i činjenica da je tek krajem prošle godine naručena dokumentacija za navodnjavanje 270.000 ha novim hidrosistemima, sa rokom završetka u prvoj polovini 2012., kao i izrada revitalizacije postojeće kanalske mreže na preko 130.000 ha. U međuvremenu došlo do formiranja nove Vlade, čije će Ministarstvo verovatno u skorije vreme izaći sa novim predlogom. Površina od 1,1 miliona hektara, je veoma aktuelna i sa aspekta procena štete, koja prema nekim pokazateljima samo u obimu prinosa iznosi i do 500-800 miliona evra, a kada se uzme u obzir i prerađivačka industrija, ti gubici su i do 2 milijarde evra. U sredstvima javnog informisanja mogu se sresti veoma različiti paušalni podaci zvaničnika da će šteta biti jedna, dve pa čak i tri milijarde dolara. Bez obzira na teškoće utvrđivanja stvarne štete, ovakve podatke treba uzimati sa rezervom, a oni koji ih iznose, moraju da znaju da samo na bazi zaključaka studioznih analiza, treba izlaziti u javnost sa takvim podacima.

Predhodna Vlada je planirala oko 50 miliona evra za revitalizaciju postojeće kanalske mreže koja se relativno brzo može staviti u funkciju (dvonamenski sistemi) i izgradnju novih sistema. Kada bi se kojim slučajem ta realizacija sproveda u funkciju navodnjavanja bi ušlo dodatnih 130.000 ha na postojećoj kanalskoj mreži i oko 70.000 ha pod novim sistemima. Neki od tih poslova su već definisani ugovorima sa javnim preduzećima: Vojvodina vode, Beogradvode i Srbijavode za I- fazu realizacije postojeće mreže. U pitanju je čišćenje 520km kanalske mreže i izgradnja određenog broja ustava i crpnih stanica. Ovi radovi su u toku i očekuje se njihovo završavanje krajem godine, čime bi se dobila mogućnost za navodnjavanje novih 65.000 ha pod novim sistemima.

### **Stanje vodotokova u Srbiji**

I pored mišljenja da je Srbija bogata vodom, situacija je sasvim drugačija jer Srbiji pretil ozbiljan nedostatak vode, ako se ne izgradi oko 20 hidroakumulacija, što bi koštalo oko dve milijarde evra. Primera radi, Italija, Grčka i Španija, imaju ukupno više od 1.100 brana i akumulacija, u Srbiji, svega 36 brana i akumulacija za vodosnabdevanje, koje su neophodne jer kad nema brana i nema ni akumulacije pa vode nema u mesecima kada je to najpotrebnije. Kao i u drugim, tako i u ovoj oblasti je rađeno nekoliko projekata za izgradnju brana, ali na osnovu projekta iz osamdesetih godina prošlog veka za izgradnju 34 veće akumulacije, uključujući i Kosovo, urađeno je svega 5-6, što znači da u Srbiji, bez Kosova, nedostaje oko 20-ak akumulacija. Taj vid akumulacija bi obezbedio navodnjavanje oko milion hektara, međutim ta realizacija, ne samo što nije urađena, već i sam vid finansiranja u vodoprivredi ne omogućava ni redovno održavanje postojećih sistema. Srbija je jedna od retkih zemalja gde u istoj godini imamo i poplave i suše.

Srbiji je zemlja u kojoj se uglavnom rešavaju posledice suša, poplava i sl., a ne i uzroka, barem u domenu ljudskih mogućnosti i pristupnoj materijalnoj mogućnosti. Problemi oko uglavnom jesenjih i prolećnih poplava neuređenih reka i rečica, takođe su u istom statusu, sa sličnim iznošenjem podataka o šteti i obećanjima da će ti lokacijski problemi biti rešeni i da se ovakvi slučajevi više neće ponavljati.

Da bi se takve posledice izazvane nepogodama u obliku poplava i suša smanjile, rađeni su mnogi projekti, jedan od njih je plan iz osamdesetih godina za izgradnju 34 veće akumulacije, uključujući i Kosovo. Od tada je urađeno 5-6 i nedostaje još oko 20 akumulacija. Iz tih akumulacija bi se obezbedilo navodnjavanje milion hektara, o kojima se u poslednje vreme mnogo govori. Međutim, prosečna brana košta između 70-80 mil. Evra, a zna se da je finansiranje u vodoprivredu zanemarljivo malo i tim sredstvima ne može se obezbediti ni redovno održavanje postojećih sistema. Taj problem, nije samo u oblasti navodnjavanja, već se znatno proširuje i na sisteme gradskog vodosnabdevanja stanovništva pijaćom vodom, što je oko 80%, a ostatak je individualno snabdevanje.

U Srbiji postoji 16 regionalnih vodosistema sa akumulacijama i postrojenjima za pripremu pitke vode i regionalnim cevovodima. To nije dovoljno, pa se javljaju problemi u gradovima u priobalju Morave, u Vojvodini, i istočnoj Srbiji. Da bi se ti problemi smanjili, trenutno se završava čišćenje budućeg jezera brane Stubi-Ravni kod Valjeva, čime će se obezbediti poboljšanje snabdevanjem pitkom vodom u Valjevu, Lazarevcu, Lajkovcu, Mionici, Ubu, kao i snabdevanje vodom termoelektrane „Nikola Tesla“, koja troši  $1m^3/s$ . Na akumulaciji Selovo, kod Kuršumlije, objekat brane je završen, ostalo je da se završi čišćenje jezera i izgradi novi put do Lukovske banje. Ova brana bi mogla da se koristi za vodosnabdevanje Kuršumlije, Prokuplja, Blaca, Žitorađe i Niša, odnosno za 300.000 stanovnika. Jedna tzv. fabrika pijaće vode košta 25-30 miliona evra.

## **REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA**

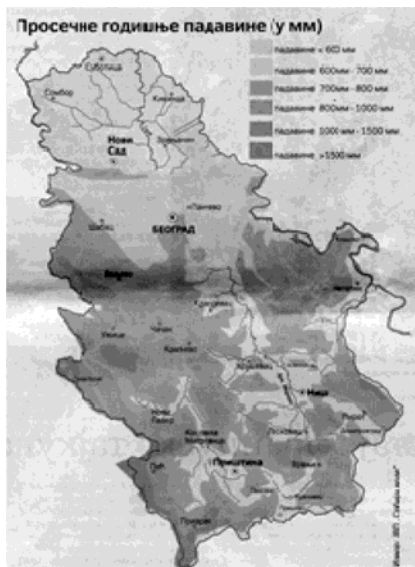
### **Značaj navodnjavanja u Srbiji**

Efekat navodnjavanja na imanjima individualnih proizvođača naročito dolazi do izražaja prilikom povrtarske proizvodnje na otvorenom prostoru i u plastenicima, kao i u zasadima jagodičastog voća, jagode, maline, kupine, kao i u zasadima jabuka, krušaka, bresaka i dr. Ostvareni prinosi u uslovima navodnjavanja dostižu povećanja u zavisnosti od godine, odnosno klimatskih uslova 50-100%, u odnosu na prinose bez navodnjavanja.

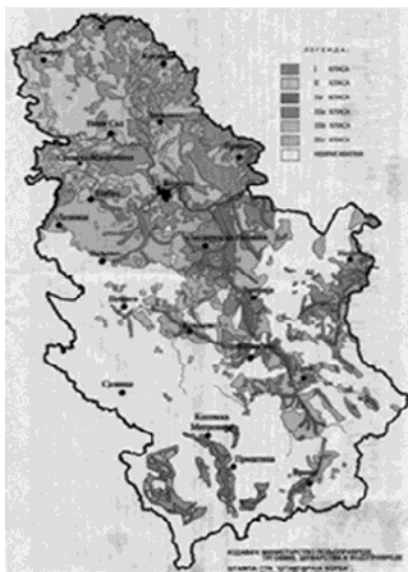
Imajući u vidu napred rečeno, mogu se definisati sledeći prioritetni koraci u oblasti navodnjavanja: obezbediti sigurnost i kontinuirano finansiranje sistema, rekonstrukcija i revitalizacija postojećih sistema i zamena starih rešenja novim, uvođenje racionalizacije rada u smislu manje potrošnje energije, izgradnja novih savremenih sistema sa težištem navodnjavanja manjih poseda u vlasništvu individualnih proizvođača, veće korišćenje tečnih stajnjaka, u cilju smanjenja upotrebe mineralnih đubriva i zaštite čovekove okoline, komasaciono uređenje zemljišnog poseda, obezbeđuje stabilnosti proizvodnje i cena, povećanjem izvoza i povećanje deviznih rezervi i bruto nacionalnog dohotka i dr.

### **Prosečne godišnje padavine i pogodnost zemljišta za navodnjavanje u Srbiji**

Prema zvaničnim podacima meteorološkog zavoda Srbije, najmanje padavine su tamo gde su najpotrebnije, u Vojvodini (zemljište I i II klase), gde odprilike na dve trećine ukupne površine padne ispod 600mm vode godišnje, a na preostaloj površini između 600-700 mm. Skoro indentična situacija je i u ravničarskom delu centralne Srbije, odnosno u slivu reka Velike Morave i Timoka, kao i u ravničarskom delu pokrajine Kosova i Metohije. Van tih zona koje gravitiraju brdsko planinskim predelima nivo padavina je znatno veći i iznosi od 800 mm do 1000 mm, pa čak i do 1500 mm. prosečne godišnje padavine u Srbiji su prikazane na slici 1. Promenom globalne klime, sa sve manjim padavinama i povišenim temperaturama, Srbija, ne sme suviše da se oslanja na povoljne atmosfere prilike, odnosno padavine. U delovima Vojvodine, sa kvalitetnim zemljištem, su i najpovoljniji uslovi za navodnjavanje, s obzirom na veoma razvijenu kanalsku mrežu, koja se ne koristi dovoljno ili se uopšte ne koristi. U slivu reka Velike Morave i Timoka pogodnost kvaliteta zemljišta za navodnjavanje je nešto lošija u odnosu na severni deo Srbije i uglavnom se radi o klasi IIa, IIIa, IIIb i nešto manje površine kvaliteta IIIc. Taj kvalitet zemljišta je karakterističan i za područje Mačvanskog okruga. Karta pogodnosti zemljišta, prikazana je na slici 2. [2,3]



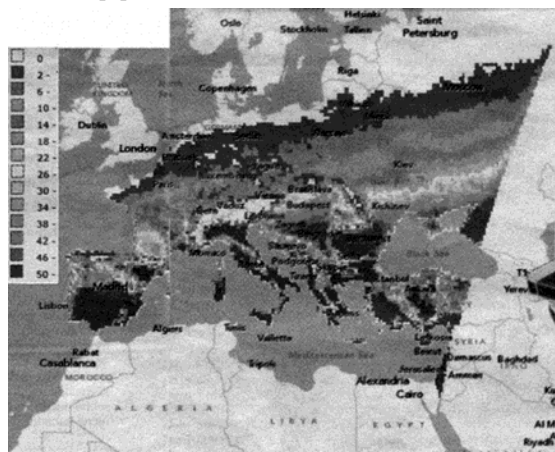
Slika 1. Prosečne godišnje padavine u Srbiji  
 Figure 1. Average annual precipitation in Serbia



Slika 2. Karta pogodnosti zemljišta za navodnjavanje u Srbiji  
 Figure 2. Map soil suitability for irrigation in Serbia

### Prognoza budućih vremenskih prilika u regionu i posledice izazvane sušom

Prema nekim dugoročnim meteorološkim prognozama temperatura u Srbiji, na jugu Spanije i Francuske, u Italiji, Grčkoj i na zapadu Turske, biće iznad  $35^{\circ}\text{C}$ , više od 50 dana godišnje, a noćne iznad  $20^{\circ}\text{C}$ . Prema predviđanjima Evropske agencije za zaštitu životne sredine (EEA), ta područja pretvoriće se u prava tropska područja. S druge strane, najmanje vrućih dana imaće Velika Britanija, Skandinavija i južni deo Baltika, a u Austriji, Svajcarskoj i zemljama severne Evrope, dana sa tropskim vrućinama uopšte neće biti. Jedan takav prikaz, očekivanih broja dana sa temperaturom iznad  $35^{\circ}\text{C}$  na području Evrope, prikazan je na slici 3. [4]



Slika 3. Prognoza broja dana sa temperaturom iznad  $35^{\circ}\text{C}$  na području Evrope.  
 Figure 3. Forecast of the number of days with temperatures above  $35^{\circ}\text{C}$  in the territory of Europe. [6]

Na primer, u Srbiji je 2012., 50-60 dana bilo sa temperaturom do 30°C i 25 dana sa temperaturama preko 35°C. Najtoplije zabeleženo leto je bilo od davne 1887., pa 1946., sa srednjom temperaturom 24,5°C, a u novije doba 2000., 2003., 2007., 2012., Ovogodišnji prosek se očekuje oko 25,7°C.

Narednih godina (decenija), zbog globalnog zagrevanja očekuje se rast temperature uz obilnije prolećne i letnje poplave. Zbog toga je EEA u svom istraživanju o očekivanju globalne promene, svoju studiju bazirala na pretpostavljenim trendovima zagrevanja i predviđenim udarima sa veoma visokom temperaturom. [6]

U takvim ekstremnim vremenskim uslovima, poljoprivrednici su sa pravom očekivali od Vlade Srbije donošenju vanrednih mera, u smislu proglašenja elementarne nepogode izazvane sušom i pomoći proizvođačima u smanjenju štete. Štete su najveće, tamo gde su potrebe za navodnjavanjem bile najveće, a to je u Vojvodini. Nepovoljnost u tom pogledu je i činjenica da je Vlada AP Vojvodine, preko poslovnih banaka, odobrila kredite za oko 10.000 korisnika, koji sada nisu ili neće biti u mogućnosti da ih vraćaju, pa će morati da se ide u reprogram istih. Pored takvih problema, suša je u poslednjih 15-ak godina, nekoliko puta prouzrokovala štetu poljoprivrednicima, a da se stanje elementarne nepogode nikad nije proglašavalo. Prilog tome je i što nema jasnih propisa, metodologija, kao i šta posle toga sledi, koje mere država treba da preduzme, i možda najveća dilema, da li bi takve administrativne mere doprinele smanjenju štete. Principski, nepogoda se može proglasiti na manjem području, okrugu, pokrajini i celoj državi. U SFRJ kriterijum za proglašenje elementarne nepogode, je bio da je šteta veća od 10% od očekivanog ili procenjenog bruto domaćeg proizvoda u poljoprivredi.

Pomoć poljoprivrednicima u slučajevima elementarne nepogode izazvane sušom, može biti kroz oslobađanja poreza na katastarski prihod, reprogramiranje plaćanja obaveza iz dugoročnih i drugih vidova kredita koji su dobijani iz budžeta, odobri regres za jesenju setvu u vidu beneficija za goriva, semenski asortiman, đubriva i sl.

Ono što je za poljoprivredne proizvođače, odnosno građane Srbije veoma bitno kako će se posledice suše odraziti na prinose, sa kolikom štetom i kako će prouzrokovana šteta uticati na formiranje cena. U smislu ublažavanja štete 2012., Vlada je usvojila mere za intervencije na tržištu, kako bi se obezbedila stabilnost u snabdevanju i cenama, kao i finansijsku pomoć poljoprivrednim proizvođačima povećanjem podsticaja.

Te mere se sastoje u sledećem: grejs period od godinu dana za subvencionisane kratkoročne i dugoročne agrarne kredite, bez plaćanja naknade za odvodnjavanje i navodnjavanje za 2011. i 2012., Republička direkcija za robne rezerve izvršiće otkup 200.000t merkatilnog kukuruza, ukidaju se carine i prelevmani na uvoz svih vrsta žitarica, uvodi se podsticaj od 10.000 din., za tov junadi, 1.000 din. za tov svinja, uvode se premije za mleko sedam dinara po litru i dr.

### **Plan rekonstrukcije i izrade postojećih i novih kanala**

U proteklom periodu, po nalogu Ministarstva za poljoprivredu Vlade R.Srbije, kompetentne institucije su učestvovala u izradi projekata rekonstrukcije postojeće kanalske mreže u 2012., kao i prikaz nekih predviđenih radova, dat je u ugovorena projektna dokumentacija i planirani radovi za 2012. i 2013., za Vojvodinu i centralnu Srbiju. (Tabele 1, 2, 3 i 4). [1]



Tabela 1. Rekonstrukcija postojeće kanalske mreže na području Vojvodine, Beograda i Mačve (I-faze)  
 Table 1. Reconstruction of the existing drainage network in the territory of Vojvodina, Belgrade and Mačve (I-phase)

R.br. Num.	Plansko područje <i>The area planned</i>	Površina za navodnjavanje (ha) <i>Surface irrigation (ha)</i>	Dužina kanalske mreže (km) <i>Length of the drainage network (km)</i>
1.	Zapadna Bačka	2.180	13,3
2.	Bačka	6.770	73,57
3.	Severna Bačka	3.000	5,29
4.	Senta	8.800	26,62
5.	Gornji Banat	6.441	50,75
6.	Srednji Banat	4.145	81,89
7.	Južni Banat	4.500	17,74
8.	Tamiš-Dunav	4.981	65,08
9.	Galovica	250	5,28
10.	Bosut	441	7,35
11.	Dunav	6.000	4,04
12.	Područje Beograda	15.831	-
13.	Podrinjsko-Kolubarski	1.700	-
	UKUPNO-Total	65.039 ha	350,89 km

Tabela 2. Plan rekonstrukcije postojeće kanalske mreže 2012. (II-faza)  
 Table 2. Reconstruction plan of the drainage network 2012th (Phase-II)

R.br. Num.	Plansko područje <i>The area planned</i>	Površina za navodnjavanje(ha) <i>Surface irrigation (ha)</i>
1.	Zapadna Bačka	850
2.	Dunav	2.207
3.	Senta	280
4.	Srednja Bačka	1.960
5.	Šajkaška	6.118
6.	Gornji Banat	2.688
7.	Srednji Banat	2.077
8.	Južni Banat	1.402
9.	Podunavlje	2.336
10.	Ušće	1.200
11.	Galovica	178
12.	Hidrosrem	690
	UKUPNO-Total	21.986 ha

Tabela 4. Ugovorena projektna dokumentacija i planirani radovi za 2012/2013 (Teritorija Vojvodine)  
 Table 4. Contracted project documentation and planned works for 2012/2013.  
 (The territory of Vojvodina)

R.br. Num.	Plansko područje <i>The area planned</i>	Površina za navodnjavanje (ha) <i>Surface irrigation(ha)</i>
1.	Podsystem „Nova Crnja“-Žitište	6.000
2.	Podsystem Kikinda	18.800
3.	Vodozahvat DTD Bezdan-Vrbas-CS „Kolut“	7.000
4.	Severna Bačka, Tisa,Palić	14.000
5.	Severna Bačka „Tevečka“	1.500
6.	Severna Bačka-„Ada“	7.100
7.	Banat-Novi Kneževac	14.965
8.	Sistem Bačka-dvonamenski	790
9.	Južni Banat-(kanal Šulhof)	4.200
10.	Sistem Jaračka Jarčina-Srem-dvonamenski	6.600
11.	Čuruško-Zabaljski rit-Sajkaška-dvonamenski	9.250
12.	Hidrosistem DTD-Bezdan	86.000
13.	Severna Bačka „Tisa-Palić“, Subotica-Kanjiza	14.000
14.	Severna Bačka-Mali Idoš	5.020
15.	„CSRadojevo“-Nova Crnja-Žitište	8.000
16.	„CS Mokrińska 2“-Kikinda	18.800
	UKUPNO-Total	221.825 ha

Tabela 3. Ugovorena projektna dokumentacija i planirani radovi za 2012/2013.  
(Teritorija centralne Srbije i Beograda)

Table 3. Contracted project documentation and (Central Serbia and Belgrade)

R.br Num.	Plansko područje <i>The area planned</i>	Površina za navodnjavanje (ha) <i>Surface irrigation (ha)</i>
1.	Podrinjsko-Kolubarski	25.400
2.	Donji Dunav	11.000
3.	Južna Morava	4.000
4.	Zapadna Morava	2.800
5.	Velika Morava	300
6.	Dolina Velike Morave ( u pripremi)	15.500
7.	"Godominski rit-Smederevo (u pripremi)	3.500
8.	Dobričevo-Ćuprija (u pripremi)	1.200
9.	Sukovo-Pirot (u pripremi)	400
10.	Masuričko polje (u pripremi)	600
11.	Nišava (u pripremi)	2.000
12.	Severni deo Pančevačkog rita (u pripremi)	15.800
13.	Sistem sliva Velika bara (u pripremi)	7.400
14.	Sistem „Petrac“ (u pripremi)	880
	UKUPNO-Total	104.780 ha

## ZAKLJUČAK

Za svaku zemlju koja poseduje poljoprivrednu proizvodnju, navodnjavanje ima izuzetan značajna obim proizvodnje kultura, intenzivira stočarsku i prehrambenu proizvodnju, povećava asortiman biljaka, povećava broj zaposlenih radnika, optimira način obrade zemljišta, stabilizuje cene finalnih proizvoda, povećava izvoz, a time utiče na povećanje deviznih rezervi i bruto nacionalnog dohotka.

Uzimajući u obzir statističke podatke, koji govore da u poslednjih sto godina, je svaka druga bila bez dovoljno padavina, sa daljim narušavanjem tog odnosa jer će ekstremi biti sve izraženiji, a država Srbija koja se opredelila na poljoprivrednu proizvodnju uticaj takvih ekstrema mora svesti na minimum, a jedan od preduslova su sistemi za navodnjavanje.

S obziru na tešku materijalnu situaciju, Srbija u pogledu navodnjavanja, nema izbora. Mora da se zaduži kreditima, koji mogu na najbrži mogući način da se otplate, uz podršku Ujedinjenih nacija i Evropske unije, koje podržavaju sve zemlje u povećanju produkcije hrane za rastuću populaciju na planeti Zemlji.

I pored toga što je navodnjavanje veoma kompleksna i skupa agrotehnička mera i zahteva angažovanje stručnjaka različitih naučnih oblasti i materijalno zavisna, država Srbija mora da intenzivira razvoj projekata i njihovu faznu realizaciju, kako bi se sukcesivnim sprovođenjem u narednim godinama smanjile posledice izazvane sušom i istovremeno stvorili uslovi za znatno povećanje poljoprivrednih kultura.

## LITERATURA

- [1] Ministarstvo poljoprivrede, trgovine, šumarstva i vodoprivrede Srbije, *Projekat razvoja navodnjavanja u Republici Srbiji*, 2012., Beograd.
- [2] Antonić D., Teofanović Ž.: *Mogućnosti izgradnje mini sistema za navodnjavanje na robnim zemljoradničkim gazdinstvima*, Konfer. „Vode Srbije“, Novi Sad, 2010.
- [3] [www.minpolj.gov.rs](http://www.minpolj.gov.rs)
- [4] Obradović D., Teofanović Ž., Petrović P.: *Naturalni i finansijski efekat od realizacije projekta za navodnjavanje Vlade Srbije*, XIX Naučno-stručni skup Pravci razvoja traktora i obnovljivih izvora energije, JUMTO, Novi Sad, 2012.
- [5] Petrović Marija, Petrović P.: *Bioenergetska reprodukcija poljoprivrednih proizvoda kao alternativni izvori energije*, (Konferencija „Zaštita životne sredine u energetici, rudarstvu i pratećoj industriji“, 2011. Zlatibor, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Univerzitet Union, str. 330-336.

## MOGUĆNOSTI, ZNAČAJ I EFEKTI PREČIŠĆAVANJA STAJSKOG VAZDUHA

Radojičić Dušan<sup>1\*</sup>, Zlatanović Ivan<sup>1</sup>, Radivojević Dušan<sup>1</sup>, Topisirović Goran<sup>1</sup>,  
Gligorević Kostja<sup>1</sup>, Pajić Miloš<sup>1</sup>, Dražić Milan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet – Institut za poljoprivrednu tehniku,  
Beograd - Zemun

**Sažetak:** U ovom radu je dat pregled rapoloživih tehnika za prečišćavanje vazduha koji iz objekata stočarske proizvodnje izlazi u okolinu. Takav vazduh sa sobom nosi brojne zagađivače, od kojih su najzastupljeniji gasoviti i čestični zagađivači, kao i neprijatni mirisi. Emisije takvih materija u životnu okolinu dovode do brojnih negativnih efekata. Efekti koje stočarska proizvodnja ima na životnu sredinu sve češće su i predmet zakonskih regulativa, kojima se emisija štetnih agenasa ograničava u određenim granicama. Primenjene tehnike prečišćavanja vazduha mogu se razvrstati na one kojima se na emisiju štetnih gasova utiče promenom sastava obroka, zatim tehnike koje u fokusu imaju promene u načinu postupanja sa stajnjakom i tehnike kojima se emisija smanjuje tretmanom izlazne struje vazduha. Koja tehnika će biti primenjena zavisi od tipa objekta, odnosno da li objekat ima mehaničku ili prirodnu ventilaciju. Pri izboru tehnike se mora voditi računa i o dominantnim zagađivačima koji se javljaju u različitim vidovima stočarske proizvodnje. Za govedarsku proizvodnju najrealnije je primeniti metode smanjenja emisije promenom sastava obroka, dok se u živinarskoj i svinjarskoj proizvodnji preporučuju tehnike tretiranja izlazne struje vazduha u skruberima, biofilterima ili biotrikling filterima. Pri tome ne treba gubiti iz vida da primena ovih uređaja stvara dodatnu potrošnju energije. Najpotpuniji efekti prečišćavanja postiže se primenom višestepenog prečišćavanja.

**Ključne reči:** stočarska proizvodnja, životna sredina, prečišćavanje vazduha, skruberi, biofilteri, biotrikling filteri

## POSSIBILITIES, SIGNIFICANCE AND EFFECTS OF AIR PURIFICATION IN LIVESTOCK PRODUCTION

Radojicic Dusan<sup>1</sup>, Zlatanovic Ivan<sup>1</sup>, Radivojevic Dusan<sup>1</sup>, Topisirovic Goran<sup>1</sup>,  
Gligorevic Kostja<sup>1</sup>, Pajic Milos<sup>1</sup>, Dražic Milan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Belgrade, Faculty of Agriculture – Institute for Agricultural  
engineering, Beograd - Zemun

**Abstract:** This paper provides overview of available techniques for purification of air that comes to environment from livestock production facilities. Such air carries numerous pollutants within, of which most abundant are gaseous and particle pollutants, and odours. Emissions of such substances in the environment lead to numerous negative effects. The effects of livestock production on the environment and are increasingly subject to legal

---

\* Kontakt autor: Radojičić Dušan, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080  
Zemun, e-mail: radojicic@agrif.bg.ac.rs

regulations, which limit the emission of harmful agents within certain limits. These techniques of air purification can be classified into those that affects the emissions by changing the meal composition, then techniques that are the focused on changes in the handling of manure and techniques to reduce emissions by treatment of outgoing current of air. Which techniques will be applied depends on the type of facility and whether the facility has a mechanical or natural ventilation. Dominant pollutants that occur in various forms of livestock production must be taken in account when selecting purification techniques. The most realistic method for cattle and dairy production to reduce emissions is by changing the composition of the meal, while in the poultry and swine production techniques recommended treating the outgoing current of air in the scrubber, biofilter or biotrickling filters. It should not be forgotten that the use of these devices creates additional power consumption. The most complete treatment effects are obtained using multiple-treatment.

**Keywords:** *animal production, environment, air cleaning, scrubbers, biofilters, biotrickling filters*

## UVOD

Značaj poljoprivrede ogleda se, pre svega, u obezbeđivanju dovoljnih količina kvalitetnih namirnica za ljudsku ishranu. Poljoprivreda, takođe, značajno doprinosi i ekonomiji zemlje, mogućnostima izvoza, zapošljavanju stanovništva. Današnja poljoprivreda, da bi odgovorila rastućim zahtevima, visoko je intenzivirana. Poljoprivreda se danas posmatra kao industrijski proces u kome su gajene biljke i životinje male fabrike [1]. Neke vrste domaćih životinja gaje se „industrijski“, na velikim farmama sa velikom koncentracijom životinja, često na jako malom prostoru (brojleri, koke nosilje) [1].

Ovakav pravac razvoja poljoprivrede uopšte, doveo je do toga da poljoprivreda dobije još jednu, stalno rastuću, dimenziju a to je da poljoprivreda predstavlja i veliku pretnju životnoj sredini. Moderna stočarska proizvodnja sve više se smatra izvorom čvrstih, tečnih i gasovitih emisija koje mogu biti ekološki štetne [2].

U ovom radu dat je prikaz raspoloživih tehnika za smanjenje emisija štetnih materija koje se emituju iz stočarskih objekata u okolni vazduh. Čist, suv, vazduh je po sastavu mešavina azota (78%), kiseonika (21%), argona (0.9%), ugljen dioksida (0.03%) uz jako male sadržaje vodonika i još nekih gasova [3]. Kvalitet vazduha definiše se prema stepenu zagađenja (koncentracije većine zagađujućih materija može se utvrditi merenjem) u poređenju sa čistim vazduhom. Što je sadržaj zagađujućih materija niži, vazduh se smatra kvalitetnijim [4].

## ZAGAĐIVAČI VAZDUHA IZ STOČARSTVA

Zagađivači vazduha se mogu definisati kao materije i čestice koje suspendovane ili pomešane sa vazduhom degradiraju njegov kvalitet i utiču na upotrebljivost vazduha u različite svrhe [5]. Stepem zagađenja vazduha u objektima značajno utiče na uspeh proizvodnje. Tako je primećeno da se kod svinja konstantno izloženih koncentracijama vodonik sulfida u vazduha, preko 20 ppm, smanjuje konzumiranja hrane, povećava se stres i strah od svetlosti [6]. Prema nekim iskustvima, polovina svih klanja svinja u nekom čoporu može da pokazuje znake pneumonije, pleuritisa i drugih respiratornih bolesti. Kod brojlera, oko 30% odbačenog mesa od strane inspekcije otpada na plućne lezije [2].

Najvažniji zagađivači vazduha su prašina, gasovi, neprijatni mirisi, mikroorganizmi i endotoksini pod nazivom bioaerosoli. U stočarskim objektima detektovano je više od 130 gasovitih jedinjenja. Zagađenje vazduha iz stočarstva na globalnom nivou doprinosi zakišeljavanju zemljišta (amonijak), globalnom zagrevanju (metan, azot-suboksid) [2].

Najvažniji zagađivači vazduha iz stočarske proizvodnje su:

- Amonijak
- Vodoni sulfid
- Gasovi koji izazivaju efekat staklene bašte
- Čestični zagađivači
- Neprijatni mirisi
- Lako isparljive organske materije

Amonijak: amonijak je bezbojni gas, lakši od vazduha, i visoko rastvorljiv u vodi [7]. Mehanizam nastanka amonijaka je uglavnom razlaganje uree (nalazi se u urinu) pod uticajem enzima ureaze (uglavnom je poreklom iz fecesa), kod svinja i goveda, a kod živine je uglavnom poreklom iz mokraćne kiseline [8]. Amonijak emitovan u spoljnu sredinu učestvuje u procesima eutrofikacije i acidifikacije i igra važnu ulogu u smanjenju biodiverziteta [9]. Isti izvor navodi i da je emisija amonijaka zavisna od načina držanja, te da je veća količina amonijaka emitovana iz objekata za slobodno držanje krava.

Vodonik sulfid: je bezbojan gas, teži od vazduha i visoko rastvorljiv u vodi [7]. Uglavnom potiče iz procesa raspadanja organskih materija (iz stajnjaka, kvarenja hrane...). Zbog svojih osobina, taloži se pri dnu objekta, a posebno je detektovan u neventilisanim i slabo ventilisanim zonama objekata.

Gasovi koji izazivaju efekat staklene bašte: najzastupljeniji gasovi koji izazivaju efekat staklene bašte (Green House Gases - GHG) poreklom iz stočarske proizvodnje su ugljen-dioksid, metan i azot-suboksid. Prema nekim istraživanjima [10] 40% i preko 50% antropogene emisije metana i azot-suboksida respektivno, potiče iz poljoprivrede. Poreklo metana u stočarskim objektima zavisi od vrste domaćih životinja. U objektima za govedarsku proizvodnju, metan uglavnom (80% produkovanog) potiče od varenja hrane, odnosno od unutrašnje fermentacije [10]. Isti izvor navodi da je kod svinja situacija drugačija i da metan uglavnom potiče iz stajnjaka (70% produkovanog). Stočarstvo je značajan izvor azota-suboksida, koji nastaje pod specifičnim uslovima [10]. Proces nastanka azot-suboksida je kombinacija aerobnih i anaerobnih procesa, i to nitrifikacije kojom se amonijak transformiše u nitrata (aerobni proces) i denitrifikacije kojom se redukcijom nitrata stvara gasoviti azot [9]. Upotreba prostirke uz konstantno sabijanje od strane životinja, stvara pogodne uslove za stvaranje azot-suboksida.

Čestični zagađivači: ova kategorija obuhvata mešavinu velikog broja zagađivača [11], koji se ponašaju kao čestice. Često se ova kategorija poistovećuje sa prašinom, međutim prašina je samo jedan, istina najzastupljeniji, činilac ove kategorije. Pored prašine, u ovu kategoriju treba ubrojiti i sitne čestice tečnosti suspendovane u gasovitom medijumu [10]. Ovakvi zagađivači označeni su kao aerosoli. Posebno u stočarskim objektima, sastavni deo vazduha pripada mikrosvetu: bakterije, virus i gljivice, koje se nazivaju bioaerosoli [12]. Čestične zagađivače, dakle, možemo definisati kao složenu mešavinu suspendovanih čestica sa različitim fizičkim, hemijskim i biološkim svojstvima [13]. Budući da je sastav ove kategorije zagađivača veoma složen, radi lakšeg sagledavanja problema koje prouzrokuju i mogućnosti eliminisanja iz vazduha, koristi se podela prema fizičkim svojstvima, pre nego po hemijskom sastavu. Glavni kriterijum podele je aerodinamički prečnik. Posebno su po zdravlje ljudi i životinja opasne sitne čestice, prečnika ispod 5  $\mu\text{m}$  (i čak 2.5  $\mu\text{m}$ ). Čestice mogu poslužiti i kao prenosioci neprijatnih mirisa i bolesti.

Neprijatni mirisi: neprijatni mirisi su kategorija zagađivača koju je najteže definisati i izmeriti. Neki autori [14] definišu miris kao nešto što izaziva reakciju čula mirisa, ali odmah napominju i da je čulo mirisa jako promenljivo i strogo individualno. Istovremeno navode da je čulo mirisa u nekim slučajevima efikasnije od npr. gasne hromatografije. Neprijatni mirisi potiču uglavnom iz stajnjaka i od procesa raspadanja hraniva. Postoji

povezanost između jačine neprijatnih mirisa izvan objekata sa sadržajem prašine i vodonik-sulfida u vazduhu. Neprijatni mirisi su karakteristični po tome što su više neprijatnost i to različito izražena od osobe do osobe, nego što predstavljaju realnu pretnju.

Lako isparljive organske materije: u ovu kategoriju spadaju jedinjenja koja lako isparavaju na sobnoj temperaturi. U ovu kategoriju spadaju masne kiseline, organske kiseline, alkoholi, neki ugljovodonici, aldehidi i druga jedinjenja [7]. Neka od ovih jedinjenja mogu imati neprijatan miris i to je glavni doprinos ovih komponenti zagađenju vazduha poreklom iz stočarske proizvodnje.

## ZAKONSKA REGULATIVA O EMISIJI ZAGAĐUJUĆIH MATERIJIA

Svest o štetnom uticaju stočarske proizvodnje na životnu sredinu već dugo sazreva u mnogim zemljama sveta. Logično, najdalje se otišlo u zemljama jako razvijenog stočarstva, gde su ovi problemi i najizraženiji. Otuda, ne čudi veliki broj nacionalnih zakona i uredbi koji se odnose na dozvoljene nivoe emisije iz stočarskih objekata. Međutim, postoje dokumenti koji prevazilaze nacionalne okvire.

Direktiva koju su 2008. godine doneli i usvojili Evropski Parlament i Savet Evropske Unije, a koja se odnosi na predmetno razmatranje je direktiva 2008/1/EC (IPCC – *Integral Pollution Prevention and Control*) [15]. Ovom direktivom su predviđeni uslovi dobijanja dozvole za rad i vođenje proizvodnje za velike industrijske i poljoprivredne sisteme. Prema ovoj direktivi, njene odredbe obavezni su da zadovolje objekti intenzivne živinarske i svinjarske proizvodnje, i to:

- Sa više od 40000 grla u živinarskoj proizvodnji
- Sa više od 2000 grla u svinjarskoj proizvodnji (svinje preko 30kg)
- Sa više od 750 krmača

Ovakvi sistemi, da bi dobili dozvolu za rad moraju da dokažu da neće izazvati značajno zagađenje, kao i da su upotrebljene najbolje raspoložive tehnike za kontrolu zagađenja (BAT – *Best Available Techniques*). Najbolje (*best*) znači najefikasnije u ostvarivanju visokih nivoa zaštite životne okoline, raspoložive (*available*) podrazumeva one tehnike koje su postojeće i koje se mogu implementirati pod ekonomski i tehnički izvodljivim uslovima, ali se ne ograničavaju na tehnike koje su industrijski standardi i široko rasprostranjene tehnike. Tehnike (*techniques*), se odnose na samu tehnologiju koja se primenjuje, ali i na način na koji je projektovana, proizvedena, održavana, snabdevana energijom i na kraju otpisana.

U aneksu 3 ove direktive popisani su i zagađivači koji se moraju uzeti u obzir, među kojima se nalaze i zagađivači koji potiču iz stočarstva, i to za vazduh: azotni oksidi i azotna jedinjenja, lako isparljiva organska jedinjenja, prašina.

## RASPOLOŽIVE TEHNIKE PREČIŠĆAVANJA I NJIHOVA EFIKASNOST

U stočarskoj proizvodnji sreće se velika raznolikost u konstrukcijama, izvedbama i opremanju objekata, koja potiče od različitih potreba pojedinih vrsta domaćih životinja, različitih sistema držanja, različitih sistema izdubavanja i sl. Jasno je da se, uzevši u obzir prethodno, ne mogu projektovati sistemi koji bi bili univerzalnog karaktera.

Jedan od osnovnih parametara u razmatranju strategije smanjenja emisija iz stočarstva u okolni vazduh, je način ventilacije objekta. Kod objekata koji se ventiliraju mehanički, primenom ventilatora i gde potencijalno postoji kontrola nad izlaznom strujom vazduha mogu se primeniti neki od uređaja za prečišćavanje vazduha. Sa druge strane, kod objekata koji se ventiliraju prirodnim putem, krovnom ventilacijom, emisija se može smanjiti drugačijim metodama.

Generalno, tehnika za smanjenje emisije mogu se podeliti na tri grupe [8]:

- Promenom sastava hraniva
- Adaptacijom i promenom dizajna i opremljenosti objekata, uključujući i objekte za lagerovanje stajnjaka
- Tretmanom izlazne struje vazduha (*end of pipe* tehnike)

Promena sastava obroka: ovom tehnikom utiče se pre svega na redukciju emisije amonijaka. Kako je već rečeno, amonijak u objektu nastaje razlaganjem uree (iz urina životinja) pod dejstvom enzima ureaze (nalazi se u fecesu), što rezultuje oslobađanjem amonijaka i ugljen – dioksida.

Postoje dva načina za smanjenje emisije amonijaka. Prvi je da se smanji ukupna ekskrecija azota iz organizma (i u urinu i u fecesu). Ovo se postiže vrlo pažljivim balansiranjem obroka prema potrebama životinja u različitim fazama proizvodnje [8]. Drugi način je da se promeni način izlučivanja azota, odnosno, da se u ukupnoj ekskreciji poveća udeo azota koji se izlučuje putem fecesa (uglavnom je u formi proteina i manje je podložan razlaganju i formiranju amonijak). Ovo se postiže promenom sastava obroka, povećanjem učešća vlaknastih hraniva u obroku. Primenom ove tehnike može se smanjiti emisija amonijaka kod svinja, živine i goveda. Kod goveda se može postići i smanjenje emisije metana [8].

Ova tehnika je uglavnom ograničena na samo jedan zagađivač. Međutim, ne zahteva bilo kakve adaptacije i može se primeniti na svim objektima u stočarstvu. Postojanje sistema za veštačku ventilaciju nije preduslov za primenu ove tehnike. Efikasnost primene ove tehnike u pogledu emisije amonijaka može ići i do 50% redukcije kod svinja. Međutim, neki autori napominju [16], da je primena obroka pravljenih u cilju smanjenja emisije amonijaka dovela do povećanja emisije metana i azot-suboksida iz stajnjaka.

Adaptacija i promena dizajna i opremljenosti objekta: primenom pomenutih mera može se uticati na emisiju pre svega gasovitih agenasa. I kod ove tehnike je najuočljivije smanjenje emisije amonijaka. Zasniva se na promeni u postupanju sa stajnjakom, pri čemu se naglasak stavlja na redukciju slobodne površine stajnjaka, brzo i potpuno iznošenje stajnjaka iz objekta, primenu tehnika za tretman stajnjaka (aeracija tečnog stajnjaka i sl.), hlađenje površine stajnjaka, uticanje na fizičko-hemijska svojstva stajnjaka (dodavanje kreča u cilju smanjenja pH vrednosti) [8,]. Efikasnost primene ovih mera ide i do 80% u smanjenju redukcije amonijaka [8]. Takođe, postoje podaci [17] koji ukazuju na mogućnost povećanja emisije azotnih oksida primenom ovih mera.

Tretman izlazne struje vazduha: strategija smanjenja zagađenja vazduha iz stočarstva primenom ove tehnike zasnovana je na korišćenju posebnih uređaja, različitog nivoa složenosti kroz koje se provodi izlazna struja vazduha. Za primenu ovih uređaja, potrebno je imati jasno definisanu putanju vazduha pri napuštanju objekta, tako da je ova tehnika, u suštini, ograničena na objekte koji su mehanički ventilisani.

Uređaji koji su našli primenu u ove svrhe su:

- biofilteri
- skruberi
- bioskruberi (biotrikling filteri)

Biofilteri: su najstariji biotehnoški postupak za prečišćavanje gasova, i u primeni su još od 20-tih godina prošlog veka [18]. Princip rada biofiltera zasniva se na prisilnom kretanju gasa koji se tretira kroz ispunu biofiltera. Ispunu biofiltera čine materijali prirodnog porekla, kao što su treset, kompost i grube frakcije u vidu sitnih grana i sl. [18]. Kod biofiltera, važno je da ispunu bude bioaktivna, odnosno da sadrži i podržava život mikroorganizama, koji se na ispunu nastanjuju u formi biofilma. Mikroorganizmi koji

nastanjuju filtere, uobičajeno se nazivaju biomasa. Pri prolasku zagađenog gasa kroz ispunu biofiltera, birazgradiva, isparljiva jedinjenja bivaju absorbovana u ispunu i potom biološkim putem oksidovana u manje škodljiva jedinjenja [18]. Ispuna treba da ima veliku specifičnu površinu, da ne stvara velike padove pritiska, da ima minimalnu sklonost ka sabijanju, dobru sposobnost zadržavanja vode, neutralnu pH vrednost [19]. Grube frakcije u ispuni biofiltera služe kao nosač aktivne frakcije i sprečavaju velike padove pritiska. Može biti i od inertnog materijala [18]. Prvi biofilteri su kao ispunu koristili treset, ali su zbog relativno malog efekta prečišćavanja morali da budu velikih dimenzija. Smanjenje je postignuto primenom komposta kao ispune, koji je bogatiji mikroorganizmima i stoga efikasniji. Problemi koji su se javili su sleganje komposta, veliki padovi pritiska i isušivanje donjih zbijenih slojeva. Zbog toga su i ovi filteri morali da se grade kao tanki slojevi komposta i opet su bili velikih dimenzija. Donekle su poboljšani dodavanjem grube frakcije u ispunu. Primena klasične konstrukcije biofiltera, ograničena je na koncentraciju zagađujućih materija do 25 ppm<sub>v</sub>. Preko ove koncentracije, efikasnost biofiltera nije zadovoljavajuća .

Biofilteri mogu biti otvoreni i zatvoreni [20]. Otvoreni biofilteri , su jednostavne konstrukcije, grade se na nivou zemljišta i pune se ispunom od široko rasprostranjenih materijala (treset, kompost). Visine su 1 – 1,5 m.

Zatvoreni biofilteri mogu biti kružnog ili pravougaonog oblika. U prednosti su u odnosu na otvorene jer pružaju bolju kontrolu nad svojstvima ispune (temperature, vlažnost, pH vrednost). Otporniji su na uticaje spoljašnje sredine.

Efikasnost biofiltera zavisi od brojnih faktora. Glavni uticajni parametri su: vlažnost ispune, odnos aktivne frakcije ispune i grube frakcije, opterećenje biofiltera (protok gasa koji se tretira), pH vrednost. U brojnim sprovedenim studijama o efikasnosti biofiltera primećeni su sledeći efekti: efikasnost otklanjanja vodonik – sulfida u granicama od 3%, 72% i 87% pri vlažnosti ispune od 42%, 69% i 79% respektivno [21]. U istom radu konstatovano je smanjenje emisije neprijatnih mirisa od 42%, 69% i 79%, i amonijaka 6%, 49% i 81%, pri istim uslovima. Takođe, prema ovoj studiji optimalan odnos između frakcija ispune je 30% kompost i 70% usitnjeno drvo.

Za biofiltere je karakteristično da im se efikasnost menja i sa povećanjem opterećenja, te da su sa povećanjem protoka gasa manje efikasni [19,20].

**Skruberi:** su uređaji koji se koriste za prečišćavanje gasova u velikom broju slučajeva. Skruberi rade na principu “pranja gasa”, čija je suština u obezbeđivanju optimalnog kontakta struje zagađenog gasa sa tečnošću, pri čemu dolazi do vezivanja čvrstih, tečnih i gasovitih komponenti za tečnost. U svrhu prečišćavanja vazduha iz stočarskih objekata koriste se uglavnom skruberi sa ispunom (kule sa ispunom). Ispunu čini inertni materijal koji treba da ispunjava sledeća svojstva: veliku poroznost i veliku specifičnu površinu (obično između 100 i 200 m<sup>2</sup>m<sup>-3</sup> radi efektnijeg kontakta sa zagađenim gasom) [20,21]. Tečnost odgovarajućih karakteristika se prska sa gornje strane, preko ispune, dok se vazduh u najvećem broju slučajeva vodi u suprotnom smeru

Nivo prenosa mase sa gasne na tečnu fazu u skruberu zavisi od [22]: gradijenta koncentracije, veličine kontaktne površine između faza i vremena kontakta ove dve faze. Sadržaj (koncentracija) amonijaka npr, u tečnoj fazi zavisi od rastvorljivosti u vodi, brzine izmene vode, brzinom disocijacije na NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i OH<sup>-</sup> jone (zavisi od pH vrednosti). Brzina i nivo prenosa mase sa gasa na tečnost direktno zavisi od veličine kontaktne površine (m<sup>2</sup> m<sup>-3</sup>) i od vlažnosti te površine. Prenos mase zavisi i od vremena koje te dve faze provedu u kontaktu. Što je rastvorljivost neke komponente u tečnoj fazi slabija, potrebno je duže vreme kontakta.



Kod skruberera namenjenih otklanjanju amonijaka značajno povećanje efikasnosti se može postići dodavanjem kiseline u cirkulišuću vodu, čime se amonijak prevodi u soli i tako otklanja iz skruberera.

Skruberi, pogotovo oni kod kojih se dodaje kiselina su veoma efikasni u otklanjanju amonijaka. Efikasnost se kreće i do 100%, a retko kada je ispod 90% [22]. U istoj studiji navode se i efekti rada skruberera na otklanjanju neprijatnih mirisa. Budući da neprijatne mirise stvaraju brojna jedinjenja, čija rastvorljivost u vodi jako varira, ne čude široke granice koje su autori naveli kao rezultate efikasnosti u otklanjanju mirisa (prosečno oko 30%, minimalno 3%, a maksimalno 51%). Skruberi mogu imati i značajnu efikasnost u otklanjanju prašine i čestičnih zagađivača. U skruberskim jedinicama dolazi i do delimičnog otklanjanja čestičnih zagađivača.

Potrebno je napomenuti i da instalacija skruberera povećava potrošnju energije (stvara pad pritiska, koristi se pumpa za recirkulaciju tečnosti), javljaju se i troškovi odlaganja i zbrinjavanja vode ispuštene iz skruberera, kao i troškovi nabavke i korišćenja kiseline (ukoliko se koristi).

Bioskruberi i biotrikling filteri: kod ove grupe uređaja odmah je potrebno napomenuti da ne postoji jasna razgraničenost. Neki autori [8] ove uređaje smatraju skruberima, dok ih drugi [18,20] tretiraju kao dva odvojena i različita uređaja, što je i prihvatljivije za struku. Prema ovoj podeli, bioskruber je uređaj koji pored klasične skruberske kule ima i bioreaktor sa aktivnim muljem.

Tretman otpadnog gasa se obavlja "pranjem" u skruberu, a produkti se uvode u bioreaktor sa aktivnim muljem u cilju biorazgradnje materijala "donetih" iz skruberske jedinice. Kao glavna prednost bioskruberera nad biofilterima i biotrikling filterima navodi se mogućnost proizvodnje i održavanja veoma brojne populacije biomase na malom prostoru [20], što ih čini veoma efikasnim.

Sa druge strane, biotrikling filter zapravo predstavlja kombinaciju biofiltera i skruberera. Kod biotrikling filtera se gas prisiljava da struji kroz inertnu ispunu na kojoj su u vidu biofilma raspoređeni mikroorganizmi zaduženi za razgradnju komponenti.

Biotrikling filteri pokazuju jako dobre rezultate u otklanjanju lako isparljivih organskih jedinjenja i neprijatnih mirisa. Kod biotrikling filtera je potrebno voditi računa o koncentracijam nutritijenata koje, ukoliko pređu određenu granicu, mogu dovesti do preteranog rasta biomase, što posle izvesnog vremena može dovesti do zapušavanja ispune.

Efikasnost primene bioskruberera u svrhe tretmana vazduha iz stočarskih objekata nije detaljno ispitana. Postoje podaci [20] o efikasnosti u otklanjanju vodonik – sulfida, koja je jako visoka (98%).

Efikasnost primene biotrikling filtera je dobro ispitana. Efikasnost otklanjanja vodonik – sulfida je i do 99%, a neprijatnih mirisa od 65% do 99% [20]. Efikasnost otklanjanja amonijaka je oko 70% [22].

Iz navedenih činjenica jasno se zaključuje da primenom samo jednog od pomenutih uređaja nije moguće prečistiti satajski vazduh od svih zagađivača. Različite tehnike pokazuju različitu efikasnost. Da bi se poboljšali efekti rada uređaja za prečišćavanje stajskog vazduha, koristi se višestepeno prečišćavanje. Višestepeni prečišćivači (višestepeni skruberi) najčešće imaju dva ili tri stepena, pri čemu se u svakom stepenu prečišćavanja izlazna struja gasa oslobađa jedne vrste zagađivača [23]. Uobičajena postavka višestepenog prečišćivača omogućava otklanjanje amonijaka, neprijatnih mirisa i čestičnih zagađivača.

## ZAKLJUČAK

Rezultati studija jasno ukazuju na sve veći negativan uticaj stočarske proizvodnje na vazduh, vodu, zemljište. Da bi se negativni uticaji smanjili, razvijaju se brojne tehnike, uključujući i tehnike za sprečavanje zagađenja vazduha. Sprečavanje i smanjenje emisija štetnih materija u vazduh moguće je na više načina. Koji način će biti primenjen zavisi pre svega od načina ventilacije objekta. U objektima koji se ventiliraju prirodnim putem u upotrebi su tehnike kojima se promenom sastava obroka (*feed management*), utiče na emisiju pojedinih zagađivača. Efikasnost ove tehnike je ograničena samo na jedan zagađivač (amonijak), dok u nekim slučajevima može čak dovesti do povećanja emisije drugih gasovitih zagađivača. Takođe, na ovim objektima se mogu primeniti i mere adaptacije i promene upravljanja stajnjakom, što je opet uglavnom ograničeno na amonijak. Najsigurniji i najcelovitiji pristup prečišćavanju vazduha zasada pružaju tehnike kojima se tretira izlazna struja vazduha. Preduslov primene ovih tehnika je postojanje mehaničkog ventilacionog sistema. I kod ovih tehnika postoje značajne varijacije u efikasnosti prema određenim vrstama zagađivača. Najpotpuniji efekti se postižu primenom višestepenog prečišćivača. Koja tehnika će biti primenjena zavisi, kako je već rečeno, od primenjenog načina ventilacije objekata ali i od vrste domaćih životinja koje ga nastanjuju, odnosno od dominantnih formi zagađenja. Tako u govedarskoj proizvodnji treba težiti smanjenju emisije amonijaka i gasova koji izazivaju efekte staklene bašte. Međutim, uzevši u obzir najzastupljenije tipove objekata u govedarskoj proizvodnji, ove mere se pre svega mogu primeniti na postupke sa stajnjakom, i eventualno promenom sastava obroka uticati na emisiju amonijaka. Živinarski i objekti u svinjarskoj proizvodnji značajno opterećuju okolinu gasovitim i čestičnim emisijama, kao i neprijatnim mirisima. Ovi objekti najčešće imaju mehanički sistem ventiliranja, pa je za preporuku primena nekog od sistema za tretman izlazne struje vazduha.

## LITERATURA

- [1] Kovačević, D., (2011): *Savremeni koncepti održivog razvoja poljoprivrede*, predavanje na stalnom seminaru AINS.
- [2] Kovačević, D., Lazić, B., Milić, V.,(2011): *Uticaj poljoprivrede na životnu sredinu*, uvodno predavanje, međunarodni skup agronoma "Jahorina 2011" Jahorina
- [3] ASHRAE, (1999): *HVAC Applications Handbook*, ASHRAE, Atlanta, USA
- [4] Zhang, Y., (2005): *Indoor Air Quality Engineering*. CRC Press, Florida. 615 pp
- [5] Auvermann, B., Bottcher, R., Heber A., Meyer, D., Parnell, C.B. Jr., Shaw, B., Worley, J., (2006): *Particulate matter emissions from animal feeding operations*. In *Animal, Agriculture and the Environment*, National center for manure and animal waste
- [6] Robertson, A. M., Galbraith H., (1971): *Effect of ventilation on the gas concentration in a part-slatted piggery*, Farm Building R & D Studies (1), Scottish Farm Buildings Investigation Unit, Craibstone
- [7] AEX 721-07, (2007): *Understanding Air Emissions from Animal Feeding Operations*, Fact Sheet, Ohio state University
- [8] Melse, W., R., Ogink, W.,M.,N., Rulkens H., W., (2009): *Air Treatment Techniques for Abatement of Emissions from Intensive Livestock Production*, The Open Agriculture Journal, 3, 6 – 12
- [9] Amon, B., Amon, Th., Boxberger J., Alt, Ch., (2001): *Emissions of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (housing, manure storage, manure spreading)*, Nutrient Cycling in Agroecosystems 60, 103 – 113
- [10] Monteny, G.,J., Bannink, A., Chadwick, D., (2006): *Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry*, Agriculture, Ecosystems and Environment, 112, 163 – 170
- [11] Lopez, M., C., Aarnink, J., A., A., Zhao, Y., Calvet, S., Torres G., A., (2010): *Airborne particulate matter from livestock production systems: A review of an air pollution problem*, Environmental Pollution, 158, 1 – 17

- [12] Zoranović, M., Bajkin, A., Potkonjak, V., (2008): *Redukcija stepena zagađenja vazduha u stočarstvu*, Poljoprivredna tehnika, broj 3, 81 – 88
- [13] EPA, (2004): *Air Quality Criteria for Particulate Matter*, Environmental Protection Agency, vol II, Washington D.C., 1148 pp
- [14] Mackie, I., R., Stroot, G., P., Varel, H., V., (1998): *Biochemicla identification and biological origin of key odor components in livestock waste*, Journal of Animal Science, 76, 1331 – 1342
- [15] THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPIAN UNION (2008): *DIRECTIVE 2008/1/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL*, Official Journal of the European Union
- [16] Velthof, G., L., Nelemans, J., A., Oenema, O., Kuiklman P., J., (2005). *GaseousNitrogen and Carbon losses from Pig Manure derived from Different diets*, Journal of environmental quality, 34, 698 – 706
- [17] Brink, C., Kroeze, C., Klimont, Z., (2001): *Ammonia abatement and its impact on emissions of nitrous oxide and methane: part 2. Application for europe*, Atmospheric Envirnement 25, 6313 – 6325
- [18] Van Groenestijn, W., J., Hesselink, G., M., P., (1993): *Biotechniques for air pollution control*, Biodegradation, 4, 283 – 301
- [19] Maredia, S., (2005): *A comparasion of biofilters, biotrickling filters and membrane bioreactors for degrading volatile organic compounds*, MMG 445, Basic technology eJournal, 1
- [20] Lemay, P., S., Martel, M., Belzile, M., Zegan, D., Feddes, J., Godbout, S., Pelletier, F., (2009): *A systematic literature review to identify an air contaminant removal technology for swine barn exhaust air*, Prezentovan na CSBE/SCGAB 2009 Annual Conference
- [21] Nicolai, R., E., Janni, K., A., (2001): *Biofilter media mixture ratio of wood chips and compost treating swine odors*, Department of Biosystems and Agricultural Engineering, University of Minnesota, USA
- [22] Melse, W., R., Ogink, W., M., N., (2005): *Air scrubbing techniques for ammonia nad odor reduction at livestock operations: review of on-farm research in the Netherlands*, Transactions of the ASAE, Vol. 48(6), 2303 – 2313, American Society of Agricultural Engineerings
- [23] Melse, R., Ogink, N., Bosma, B.,: *Multi- pollutand scrubbers for removal of ammonia, odor and particulate matter from animal house exhaust air*, Mitigating air emissions from animal feeding operations Conference, Conference Proceeding

## OPTIMIRANJE TRAKTORSKIH SISTEMA SA ASPEKTA OPTEREĆENJA LJUDSKOG OPERATORA

**Rajko Radonjić<sup>\* 1</sup>, Aleksandra Janković<sup>1</sup>, Dragoljub Radonjić<sup>1</sup>,  
Branislav Aleksandrović<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, 34000 Kragujevac*

**Sažetak:** Vozači poljoprivrednih traktora su izloženi visokim nivoima oscilatornih opterećenja. Mogućnosti za izolaciju niskofrekventnih oscilacija poljoprivrednog traktora uz pomoć konvencionalnih pasivnih sistema oslanjanja sedišta vozača su ograničene. Korišćenjem aktivnih sistema oslanjanja sedišta moguće je zaštititi vozača od štetnih oscilacija. U ovom radu analizirane su mogućnosti primene polu aktivnih i potpuno aktivnih sistema oslanjanja sedišta traktora. Analiza je sprovedena korišćenjem simulacionog modela traktora točkaša. Formirani kriterijumi procene u ovom radu pokazuju da se može postići znatno poboljšanje komfora sedišta traktora korišćenjem aktivnih sistema oslanjanja.

**Ključne reči:** traktor, sedište, aktivno oslanjanje, komfor.

## OPTIMIZATION OF TRACTOR SYSTEMS WITH RESPECT TO HUMAN FACTOR LOAD

**Rajko Radonjić<sup>1</sup>, Aleksandra Janković<sup>1</sup>, Dragoljub Radonjić<sup>1</sup>, Branislav  
Aleksandrović<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *University of Kragujevac, Faculty of Engineering Sciences, 34000 Kragujevac*

**Abstract:** The drivers of agricultural tractors are exposed to high levels of vibration loads. The possibilities to insulation of low frequency vibration of agricultural tractor by means of driver's seat conventional passive suspension systems are limited. By using active systems it is possible to protect the driver from dangerous vibration. In this paper the possibilities to application of tractor seat semi-active and full active suspension systems are analysed. The analysis was conducted by means of wheeled tractor simulation model. The assessment criterion formed in this paper shown that the considerably improvement of tractor seat comfort can be obtained by using the active suspension systems.

**Key words:** tractor, seat, active suspension, comfort.

### UVOD

Ljudski faktor kao vozač traktora i rukovaoc rada implemenata izložen je brojnim nepovoljnim uticajima od tako formiranog traktorskog sistema i od okruženja. Ovi uticaji se manifestuju kao fizička i psiho-fiziološka opterećenja, koja utiču na efikasnost obavljanja radnih zadataka i na zdravstveno stanje vozača, a posledica su neprikladnih konstruktivnih karakteristika traktora, nepovoljnih uslova kretanja, težih radnih režima, kao i

---

\* - Kontakt autor. E-mail: rradonjic@kg.ac.rs

složene funkcije upravljanja. Naime, s obzirom na određene zahteve poljoprivredni traktori su još uvek, u najčešće slučajeva, elastično neoslonjena terenska vozila. To znači vozila sa većim dimenzijama guma manje krutosti i prigušenja u odnosu na pneumatike drumskih vozila. Pod dejstvom pobude terena ili kolovoza izložena su visokim nivoima oscilatornih opterećenja koja se prenose na vozača i opterećuju ga, [1]. Iz ovih razloga se, pri konstrukciji i upotrebi traktora danas, postavljaju sve strožiji zahtevi u pogledu, 1/ postizanja određenog nivoa komfora za vozača – operatora s obzirom na štetno dejstvo oscilacija, [2], 2/ obezbeđenja, da vozač u svim radnim uslovima, zadrži optimalan položaj u odnosu na komande traktora, [3], 3/ zaštite elemenata i sklopova traktora, zemljišta ili tereta koji se prevozi od visokih nivoa dinamičkih opterećenja.

Niskofrekventne mehaničke oscilacije traktora smanjuju radnu sposobnost vozača a njihovo dejstvo u dužim vremenskim intervalima može izazvati ozbiljne zdravstvene probleme [2], [5]. Nivoi oscilacija poljoprivrednih traktora, pre svega nivoi vertikalnih ubrzanja, kojima su izloženi vozači, dugo vremena su tretirani kao neprihvatljivo visoki. Rezonantne učestanosti su uobičajeno u frekventnom domenu od 0.5 do 5 Hz, srednje kvadratne vrednosti nivoa ubrzanja do 0.2g u vertikalnom pravcu, 0.15g u bočnom i podužnom sa vršnim vrednostima do 2g, [4], [7].

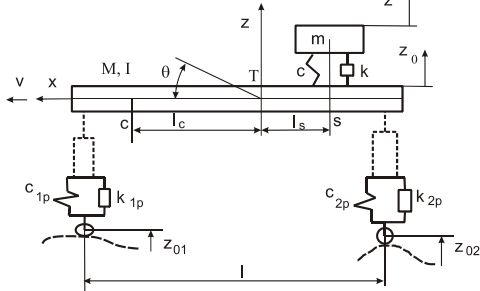
U pogledu poboljšanja oscilatornog komfora na poljoprivrednim traktorima aktivnosti su bile usmerene, u proteklom periodu, ka razvoju i primenu sekundarnih elastičnih oslanjanja, sedišta i kabine, a u manjoj meri razvoju primarnog oslanjanja, dakle oslanjanje osovine. Poljoprivredni traktori su univerzalno opremljeni sedištima sa slobodom kretanja samo u vertikalnom pravcu. U najvećem broju slučajeva, sedišta traktora su komercijalno realizovana kao pasivni uredjaji izolacije oscilacija, uobičajene kombinacije opružnih i prigušnih elemenata. Elastično oslanjanje kabine, radnog prostora vozača, pruža mogućnosti postizanja slobode kretanja u drugim relevantnim pravcima i neposredno odklanjanje probleme izazvane relativnim kretanjem vozača u odnosu na komande za upravljanje traktorom. Delikatno pitanje pri izboru koncepta oslanjanja kabine traktora je odluka koje stepene slobode kretanja obezbediti. Ovaj koncept će uticati na složenost uredjaja i sistema za kontrolu kretanja kabine. Prema tome, masovnija primena elastičnog oslanjanja kabine traktora još uvek nailazi na tehničke probleme i uslovljena je ekonomskom opravdanošću. Osim toga, veoma mali broj radova, do sada, razmatra pitanja optimizacije konstrukcije traktora, posebno izolatora oscilacija i sistema za upravljanje i rukovanje sa aspekta rezultujućih nivoa opterećenja.

Imajući u vidu iznete probleme, u ovom radu smo razmotrili neke specifičnosti i ograničenja pasivnih sistema izolacije vozača od štetnog dejstva oscilacija i mogućnosti koje nudi primena poluaktivnih i aktivnih sistema oslanjanja sedišta traktora uz uvažavanje ovih trendova u oblasti oslanjanja sklopova i agregata drumskih motornih vozila.

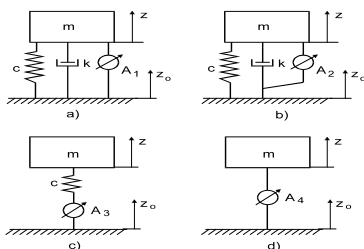
## MATERIJAL I METODE RADA

U vezi sa iznetim pitanjima u prethodnom poglavlju, u ovom poglavlju rada dat je sažet prikaz sadržaja rada i metode koje su korišćene za rešavanje postavljenih zadataka. Uzajamna sprega šasije traktora i posmatranog sedišta kao izolatora oscilacija, prikazana je na sl. 1. Usvojen je koncept traktora sa elastičnim oslanjanjem preko točkova i guma prednje i zadnje osovine. Karakteristični oscilatorni parametri guma su označeni sa  $c_i$  i  $k_i$ ,  $i = 1, 2 \dots$  a sedišta sa  $c$  i  $k$ . Masa traktora,  $M$ , masa sedišta sa vozačem,  $m$ . Vertikalno pomeranje centra masa traktora  $T$ , sa  $z$ , odgovarajuće ugaono zaokretanje,  $\theta$ . Položaj sedišta u odnosu na centar masa  $T$ , sa  $l_s$ . Vertikalno pomeranje oslonjene mase sedišta i vozača,  $z$ . Vertikalno pomeranje tačaka veze sedišta sa šasijom traktora  $z_0$ .

Nivoi oscilacija u pojedinim tačkama šasije traktora zavise od njihovog položaja u odnosu na referentne tačke ili ose, na primer, centar masa, osu prednjih, odnosno, zadnjih točkova, centre oscilovanja. Prema tome, pri izboru položaja sedišta,  $l_s$ , treba voditi računa o ovim nivoima, ali će uticaj ispoljiti i drugi faktori: konstruktivna ograničenja, položaj komandi, zahtevi pojedinih radnih i transportnih operacija. Usvojena struktura modela traktora sa submodelom pasivnog sistema oslanjanja sedišta, na sl. 1, omogućava dalje uprošćenje modela za simulacije i skraćuje potrebno vreme. Naime, s obzirom da je masa sedišta sa vozačem znatno manja od ukupne mase traktora sa implementom, onda ova masa ispoljava neznatan uticaj na ukupne nove oscilovanja sistema. Time je omogućeno da se sistem na sl. 1a, raspregne na dva oscilatorna modela i to, prvi dvodimenzionalni model traktora, mase,  $M$ , i jedan model sa koncentrisanom masom,  $m$ , na pokretnoj platformi,  $M$ . Na ovaj način, model traktora se može analizirati odvojeno od sedišta, i time opisati njegovi relevantni oscilatorni procesi u funkciji uticajnih parametara, zatim isti preneti u bazu podataka i koristiti u svim slučajevima izbora ili zamene sedišta. Sa druge strane, za analizu oscilatornih procesa sedišta, u smislu njegovih filterskih svojstava, koristi se parcijalni submodel sa slike 1, pobuđen oscilacijama pokretne platforme, odnosno, šasije traktora, koje se mogu brzo generirati ili koristiti iz baze podataka. Ovaj pristup je korišćen u predmetnom radu i na bazi njega formirane strukture submodela sedišta sa različitim vidovima oslanjanja, počev od pasivnog, već opisnog na sl. 1, preko varijanti poluaktivnih sedišta sl. 2,a, b, c, do potpuno aktivnog, na sl. 2d.



Slika. 1 Oscilatorni model sistema traktor – sedišta – vozač.  
 Figure 1. Vibration model of tractor – seat – driver system.



Slika. 2 Oscilatorni modeli varijanti traktorskih sedišta  
 Figure 2. Vibration models of tractor seat variants.

Prema modelu na sl.1, odnosno, submodelima sedišta na sl. 2, relativno pomeranje vozača sa sedištem, mase  $m$ , u odnosu na masu traktora  $M$ ,  $z-z_0$ , je ograničeno s obzirom na upravljačko dejstvo vozača na komande traktora, a time je ograničena i najniža vrednost krutosti opruga,  $c$ . Sa druge strane, vozač na sedištu mora biti zaštićen od štetnog dejstva oscilacija, iskazanog nivoima vertikalnog ubrzanja,  $d^2z/dt^2$ . Ovaj zahtev je moguće ispuniti

pri nižim vrednostima krutosti opruga sedišta, c. Dakle, ova dva zahteva su protivurečna. Kompromis se traži uvođenjem i analizom kriterijuma efikasnosti sistema oslanjanja u pogledu zaštite od oscilacija  $K_z$  i kriterijuma sa aspekta dinamike i tačnosti upravljanja  $K_d$ , respektivno, (1):

$$K_z = \ddot{z} / \omega^2 z_o, \quad K_d = (z - z_o) / z_o \quad (1)$$

Posmatrano u frekventnom domenu, ovako definisani kriterijumi se mogu interpretirati kao odgovarajuće frekventne karakteristike, amplitudna i fazna.

Prema našim analizama [6], mogući koncepti izvedbe sedišta traktora sa delimično ili potpuno kontrolisanim oscilatornim karakteristikama prikazani su na sl.2. Zavisno od broja uključenih pasivnih elemenata, prva tri koncepta su svrstana u grupu poluaktivnih, sl.2.a,b,c., a četvrti, sl.2.d., u grupu potpuno aktivnih, kako je već prethodno prikazano. Koncept na sl.2.a., sadrži pasivne komponente sa dodatim upravljanim elektrohidrauličnim cilindrom  $A_1$ . Na sl. 2.b., objedinjene su funkcije elektrohidrauličnog cilindra  $A_2$  i klasičnog hidrauličnog amortizera u funkciju elektronski kontrolisanog amortizera, sistem sa paralelnom spregom. I na sl.2.c., isti sklop sa rednom spregom. Redosled varijanti je prikazan prema mogućem stepenu implementacije aktivnih komponenata u odnosu na preuzimanje osnovnih funkcija pasivnih sistema, nošenja – opruge, prigušenja – amortizeri i s obzirom na tempo razvoja i primene ovih komponenata na druskim vozilima.

Dalja istraživanja i poredbene analize u smislu izbora optimalnog koncepta oslanjanja sedišta traktora sprovedena su na simulacionim submodelima (2), saglasno odgovarajućim fizičkim modelima na sl.1 i sl.2 :

$$\begin{aligned} \ddot{z} + (k/m)(\dot{z} - \dot{z}_o) + (c/m)(z - z_o) &= 0 \\ \ddot{z} + (k/m)(\dot{z} - \dot{z}_o) + (c/m)(z - z_o) &= F_A/m, \quad F_A = a\ddot{z} + b\dot{z} + dz \quad (2) \\ \ddot{z} + (k_2 + A)(\dot{z} - \dot{z}_o)/k_1 + (k_3/k_1)(z - z_o) &= 0 \end{aligned}$$

U odnosu na oscilatorni model sedišta sa pasivnim oslanjanjem , opšti model poluaktivnih sistema oslanjanja sedišta (2) , uključuje dodatnu silu  $F_A$ , generiranu u povratnim spregama promenljivih stanja oscilatornog sistema,  $d^2z/dt^2$ ,  $dz/dt$ , .. sa odgovarajućim pojačanjima, a, b, .... Strukturu konkretnog koncepta, kao što je naglašeno, definiše broj uključenih pasivnih komponenata ali i broj i tip formiranih povratnih sprega. Struktura modela potpuno aktivnog sistem oslanjanja sedišta traktora definisana je povratnim spregama i njihovim parametrima,  $A, k_1, k_2, k_3$ , (2). Na bazi ovoga , aktivni sistem oslanjanja sedišta omogućava potpuno rasporezanje uzajamnog uticaja parametara mase, krutosti i prigušenja u odnosu na pasivni sistem, što je očigledno na osnovu poredjenja prvog i trećeg izraza matematičkog modela (2), a što doprinosi značajnom poboljšanju performansi podsistema sedišta s obzirom na izolaciju vozača od nepovoljnih uticaja oscilacija. Struktura i parametri modela poluaktivnih i aktivnog sistema oslanjanja, prikazanih, izrazima (2), određena je prethodnom procedurom uz korišćenje teorije optimalnog upravljanja i projektovanja optimalnih regulatora za gore navedene zadatke optimiranja, [9].

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

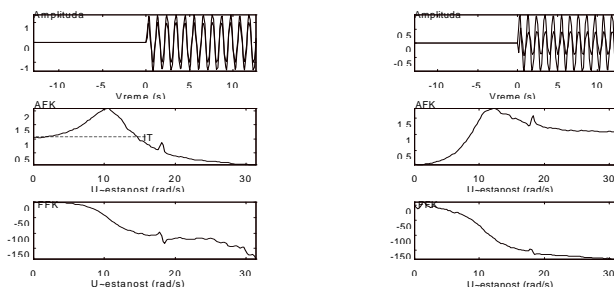
Za poljoprivredni traktor srednje kategorije sa pasivnim sistemom oslanjanja sedišta, prikazani su rezultati simulacije na sl.3 a i b, saglasno definisanim kriterijumima ocene (1) . Prema sl.3 a, na prikazu amplitudno-frekventne karakteristike ubrzanja sedišta, tipična su dva domena u odnosu na invarijantnu tačku IT. Domen ispred, pojačanje oscilacija; domen

iza, slabljenje oscilacija. Na ovoj karakteristici se uočavaju određene protivrečnosti primenjenog pasivnog sistema oslanjanja sedišta. Naime, sa opadanjem prigušenja pasivni sistem pojačava nivo oscilacija pri nižim učestanostima i slabi odgovarajuće nivo pri višim učestanostima. S obzirom na tokove pobude sedišta od mase traktora, i ograničenog domena izbora sopstvene učestanosti sedišta, neophodno je povećati prigušenje pri nižim učestanostima što će se odraziti na pojačanje nivoa oscilacija pri višim učestanostima. A upravo u ovom domenu se nalazi sopstvena učestanost traktora. Sa ovim problemima se mora računati pri optimiranju parametara sedišta u sistemu, traktor – sedište – vozač. Na sličan način, se mogu diskutovati i ograničenja pasivnog oslanjanja sedišta na osnovu prikaza frekventnih karakteristika relativnog hoda sedišta u odnosu na šasiju traktora, prema tome, i u odnosu na komande sistema traktora i priključaka, sl. 3b.

Rezultati na sl. 3, omogućavaju da se odrede tri karakteristična parametra ocene filterskih svojstava sedišta za vozača, značajna za izolaciju oscilacija i to, nadvišenje amplitudno-frekventne karakteristike, tj. vrednost maksimuma iznad vrednosti  $AFK = 1$ ; zatim, vrednost apcise pri ovom maksimumu, kao učestanost sopstvenih oscilacija sedišta i na kraju, presečna tačka prave, nivoa  $AFK = 1$ , sa krivom  $AFK$ , kao propusni opseg oscilacija sedišta, posmatarnog kao filter. Ova tri kriterijuma su bila baza za poređenje prikazanih koncepata oslanjanja sedišta traktora prikazanih na sl. 2. U prethodnoj fazi je definisan pobudni signal šasije traktora za simulaciona istraživanja varijanti sedišta pod identičnim uslovima. Signal je dobijen simulacijom šasije traktora za izabranu pobudu od tla, [6]. Ilustrativni prikaz je dat na sl. 4, kao promene vertikalnih i ugaonih ubrzanja šasije traktora za periodičnu pobudu preko točkova.

Na sl. 5. , prikazani su karakteristični parametri varijanti sedišta sa sl. 2, čiji je broj znatno povećan variranjem relevantnih parametara za regulaciju elastoprigušnih karakteristika, redni brojevi na apcisi prikaza sl. 5. Pri tome, prva tri prikaza, sl. 5 a, b, c, prikazuju indeks povećanja, odnosno smanjenja karakterističnog parametra, prema sl. 3a, u odnosu, na pasivno oslanjanje sedišta, prema kriterijumu nivoa vertikalnih ubrzanja. Zadnji prikaz na sl. 5d, daje zbirni uvid u tokove promene sva tri parametra, za date uslove posmatranja, sl. 3b, i relativno pomeranje sedišta u odnosu na šasiju traktora.

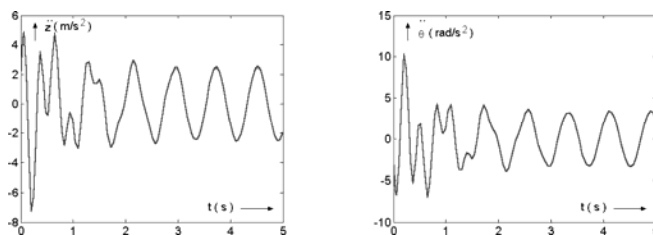
Poredbena analiza rezultata na sl. 5, ukazuje da poluaktivni sistemi oslanjanja sedišta traktora u izvesnoj meri modifikuju karakteristike pasivnih, klasičnih sistema oslanjanja . Sa druge strane potpuno aktivni sistemi oslanjanja sedišta , značajno poboljšavaju performanse. U čitavom frekventnom području je postignuto aktivno slabljenje nivoa oscilacija, eliminisane su rezonantne oscilacije, sužen je propusni opseg i time pojačana filtrirska svojstva posmatranih sedišta.



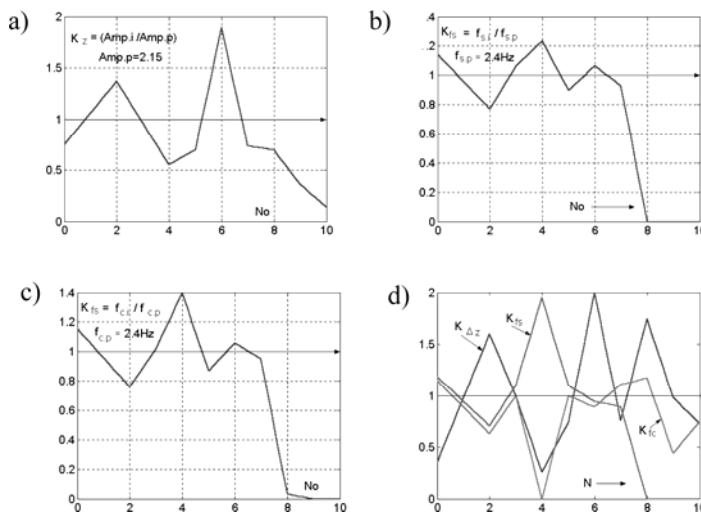
Slika. 3 Frekventne karakteristike pasivnog sedišta traktora  
*Figure 3. Frequency characteristics of tractor passive seat*



Rezultati na sl. 3, omogućavaju da se odrede tri karakteristična parametra ocene filterskivojstava sedišta za vozača, značajna za izolaciju oscilacija i to, nadvišenje



Slika 4. Vertikalna i ugaona ubrzanja šasije traktora  
Figure 4. Vertical and angular acceleration of tractor suspended mass



Slika 5. Parametri ocene traktorskih sedišta.  
Figure 5. Evaluation parameters of tractor seats

## ZAKLJUČAK

Simulacija oscilatornih procesa traktora sa aspekta opterećenja ljudskog faktora predstavlja dobru osnovu za adekvatan izbor karakteristika sedišta. Dobijeni rezultati ukazuju na pozitivne efekte koji mogu biti ostvareni primenom aktivnih sistema oslanjanja u smislu zaštite vozača. Sve intenzivniji razvoj ovih komponenata danas u svetu u cilju primene na drumskim vozilima treba da bude podsticaj za dalja istraživanja i u ovoj oblasti.

## LITERATURA

- [1] Matthews, L. 1973. The measurement of tractor ride comfort. SAE paper 730795.
- [2] Diekmann, D. 1962. Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Arbeits- und Umwelteinflüsse, 1962.
- [3] Pieszczyński, W., Christ, E., Dupuis, H. 1973. Steuerfehler unter Schwingungseinfluss. ATZ, 75 (1973) 8, s. 281 – 283.
- [4] Roley, G., Burkhardt, H.: Performance characteristics of cba suspension models. Paper 75-1517, ASAE, 1975.
- [5] Scarlet, A., Price, J., Stayner, R. 2007. Whole – body vibration: Evaluation of emission and exposure levels arising from agricultural tractors. 44, 65 - 73
- [6] Radonjić, R., Radonjić, D. 1998. Metoda registrovanja pobude vozila od neravnina puta. Simpozijum o merenjima i mernoj opremi. Savezni zavod za mere i dragocene metale. Beograd, 1998.
- [7] Agricultural wheeled tractors-operators seat measurement of transmitted vibrations and seat dimensions. ISO 5007.
- [8] Radonjić, R., Dunkić, A.: Analiza rezultata istraživanja elastokinematskih karakteristika sistema elastičnog oslanjanja putničkih automobila. Simpozijum MVM'92, Kragujevac, 1992.
- [9] Radonjić, R. 2006. Demands on driver modelling in vehicle handling investigation. International Congres Motor vehicle Motor, Kragujevac, 2006.

# UTICAJ KARAKTERISTIKA TERENA NA OSCILACIJE TRAKTORA

**Rajko Radonjić\*, Aleksandra Janković, Branislav Aleksandrović**

*Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, 34000 Kragujevac*

**Sažetak:** U ovom radu su razmotreni problemi oscilacija traktora prouzrokovane neravninama terena. Za simulaciona istraživanja razvijen je modularni model traktorskog sistema. Eksperimentalna platforma je korišćena za merenje oscilatornih parametara guma, krutosti i prigušenja, koji su potrebni za simulaciona istraživanja. Kao ilustrativni primeri prikazani su i diskutovani eksperimentalni rezultati karakteristika guma i simulirani rezultati oscilacija traktora za dva stanja opterećenja i tri oblika pobude od terena.

**Ključne reči:** *teren, neravnine, traktor, gume, merenja, oscilacije, simulacija.*

## EFFECT OF TERRAIN CHARACTERISTICS ON THE TRACTOR VIBRATION

**Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Branislav Aleksandrović**

*University of Kragujevac, Faculty of Engineering Sciences, 34000 Kragujevac,  
Republic of Serbia*

**Abstract:** In this paper the problems of tractor vibration excited from terrain unevenness are considered. For simulation investigation a modular vibration model of tractor system is developed. A experimental platform for measurement of tire vibration parameters, stiffness and damping, as support to simulation investigation, is used. As illustrative examples are presented and discussed the experimental results of tire characteristics and simulate results of tractor vibration for two load states and three form of terrain excitation.

**Key words:** *terrain, unevenness, tractor, tire, measurement, vibration, simulation.*

### UVOD

Pri obavljanju poljoprivrednih operacija ili transportnih zadataka traktor se spreže sa odgovarajućim radnim mašinama ili transportnim sredstvima i pri tome se kreće na terenima različitog mikro i makro reljefa. Pri tome, kao rezultat interakcije traktorskog sistema i tla generiraju se oscilatorni procesi koji utiču na, radnu efikasnost sistema, opterećenje ljudskog operatora, sabijanje i degradaciju tla. Intenzitet ovih procesa zavisi od, karakteristika pobude tla, konstruktivnih i eksploatacionih karakteristika traktora i implemenata, načina dejstva operatora na komande za upravljanje. Ovi uticajni faktori su u dosadašnjim radovima na različite načine obuhvaćeni i analizirani.

U radu [1], autori razmatraju dva vida statističkih karakteristika dejstva neravnina tla na traktor. Prvi vid dejstva, kao pobuda oscilacija, odnosi se na jednu parcelu, čije karakteristike su prikazane u obliku stacionarnih slučajnih funkcija. No, kako isti traktorski sistem može obavljati poljoprivredne operacije na različitim parcelama, odnosno, u

---

\* Kontakt autor. E-mail: rradonjic@kg.ac.rs

različitim terensko-klimatskim zonama, autori definišu i drugi vid statističkih karakteristika. Naime, iz vremenskih zapisa pobudnog dejstva pojedinih parcela, kao stacionarnih slučajnih funkcija, određuju statističke karakteristike, kao pojedinačne parametre, na primer srednje vrednosti, i kao funkcije, na primer autokorelacione funkcije i gustine spektara snage. A zatim prate promene ovih parametara i funkcija od parcele do parcele i tako formiraju bazu podataka o uslovima rada posmatranog traktorskog sistema.

Analitička interpretacija pobudnog dejstva terena na traktor sa implementom prezentirana je u radu [2]. Autor koristi iskustva stečena u domenu identifikacije dejstva neravnina puta na automobil. Pri tome koristi istu strukturu identifikacionog modela za gustinu spektra snage neravnina karakterističnih parcela u funkciji prostorne učestanosti. Linearni i eksponencijalni koeficijenti modela pobude određeni za dve karakteristične parcele, pašnjak i poorana njiva, ukazuju na značajne razlike pobudnog dejstva savremenih puteva i terena u pogledu intenziteta i učestanosti. Razlika u prirodi pobude puta i terena se odražava i na kompleksnost simuliranja oscilatornih procesa drumskih i terenskih vozila. Naime, gustina spektra snage prvog izvoda funkcije pobude savremenih puteva je približno konstantnog nivoa, dakle, tipa "belog šuma", što u značajnoj meri olakšava sintetizovanje pobudnih spektara za konkretne uslove. Za pobudna dejstva terena to nije slučaj, zbog čega su simulaciona istraživanja terenskih vozila nešto kompleksnija. Zbog svoje kompleksne, višenamenske funkcije poljoprivredni traktor se, u toku radnog veka kreće i u jednim i u drugim uslovima, određenim redosledom i sa određenom vremenskom raspodelom.

Nakon 70-tih godina prošlog veka broj radova iz domena identifikacije i sintetizovanja pobudnog dejstva terena na oscilatorne procese traktorskih sistema se povećava, [3] [4]. U rezultatu toga, kao i u domenu drumskih vozila [5], predloženi su i usvojeni normativi za ocenu i klasifikaciju terena sa aspekta njihovog pobudnog dejstva, [6].

Radovi iz, gore pomenutog, drugog segmenta istraživanja se bave pitanjima formiranja fizičko-matematičkih i simulacionih modela oscilatornih procesa traktora i sistema u smislu proučavanja određenih uticaja, fenomena, ali i optimiranja vitalnih podsklopova i sistema, dakle, njihovih konstruktivno-eksplatacionih karakteristika, kao i zahteva i uslova za uvođenje komponenata tehnologije aktivne kontrole i GPS, INS, podrške.

Jedna metoda ispitivanja oscilatornih procesa poljoprivrednih mašina, sa kompletnim elastičnim oslanjanjem, osnovno i dopunsko i nelinearnim elastičnim i prigušnim karakteristikama, prikazana je u radu [7]. Formiran je ravanski, dvo-dimenzionalni model traktora, pobudno dejstvo od tla je aproksimirano korelacionom funkcijom sa diferencijabilnim svojstvima. Kao rezultati istraživanja, prezentirani su pokazatelji oscilatorne udobnosti traktora u funkciji relevantnih parametara i brzine kretanja, za četiri karakteristična moda oscilovanja. Struktura i parametri korišćenog modela, omogućili su poređenje deformacija pneumatika - guma traktora kao osnovnog elastičnog oslanjanja i metalnih opruga, kao elemenata dopunskog elastičnog oslanjanja i njihov uticaj na pokazatelje komfora.

Značaj simulacionih istraživanja u cilju optimiranja elastičnog oslanjanja traktora, sa i bez dopunskog elastičnog oslanjanja, istaknut je u radu [8]. Za datu gustinu spektra neravnina tla, određene su optimalne vrednosti krutosti i prigušenja dopunskog elastičnog oslanjanja, po kriterijumu minimiziranja vertikalnih ubrzanja u izabranim tačkama, uz dopunski uslov ograničenja relativnog hoda oslanjanja.

Intenzivan razvoj traktora i poljoprivrednih mašina prati stalni trend porasta brzine kretanja, koja ispoljava efekte na oscilatornu udobnost, oscilatornu bezbednost, opterećenje sistema, operatora i tla, [9]. U tom smislu, kompletno elastično oslanjanje traktora postaje sve aktuelnije. Može se reći da trend uvođenja savremenih sistema elastičnog oslanjanja traktora, zatim pogona na obe osovine, upravljanja preko svih točkova, ne prati adekvatan razvoj simulacionih modela i eksperimentalnih sistema. U ovom smislu treba istaći neke aktuelne probleme, čije rešavanje bi doprinelo u pomenutim segmentima istra-

živanja. Pre svega, formiranje kompleksnih simulacionih modela traktorskih sistema, koji bi adekvatnije obuhvatili nelinearna svojstva sistema dopunskog elastičnog oslanjanja i pneumatika, interakciju kretača, točkova i tla; zatim, kompletnost i raspoloživost baza eksperimentalnih podataka o ispitivanjima traktora, agregata i komponenata. Ovi podaci su polaz za kreiranje adekvatnih i racionalnih simulacionih modela i njihovu verifikaciju. U ovu grupu aktuelnih problema razvoja i korišćenja savremenih traktora treba dodati i potrebu efikasnije identifikacije i razumevanja nepoželjnih fenomena koji nastaju pri uvođenju novih koncepata vitalnih sklopova i njihove interakcije, [10]. Na primer, interakcija SEO i 4WD, kao power hop efekat nestabilnosti traktorskog sistema itd..

Uvidom u dosadašnje relevantne radove iz domena oscilatorne dinamike traktora i priključaka, može se zaključiti da je najviše pažnje posvećeno konceptu traktora sa osnovnim elastičnim oslanjanjem preko pneumatika, [11], [12]. Pri tome je glavni problem bio u fazi projektovanja, kako optimirati karakteristike pneumatika i sa aspekta oscilatornih procesa s obzirom na njihovu višenamensku ulogu. Ovo delikatno pitanje je predmet saradnje proizvođača traktora, mašina i guma. Logično je da proizvođači guma, kao komponenata traktora, sprovode određena ispitivanja u određenim uslovima i prema odgovarajućim normativima. Takođe je logično i da proizvođači traktora, kao finalnog proizvoda, obavljaju određena ispitivanja vezana za mehaničke i funkcionalne sprege agregata i njihov uticaj na zahtevane performanse. Retki su, međutim, radovi u kojima se prezentiraju rezultati ispitivanja interakcije traktora, guma i tla u realnim uslovima sa aspekta oscilatornih svojstava, tj. parametara krutosti i prigušenja, [13], [14], [15], [16]. Svakako, da je za ove kompleksne uslove rada traktorskog sistema teško dati egzaktnu matematičku formulacije modela pneumatika u pogledu njegovih elasto-prigušnih, tj. oscilatornih svojstava. Sa druge strane i suviše kompleksni simulacioni modeli i na bazi njih dobijeni rezultati često nisu prikladni za konkretnu upotrebu, posebno u slučajevima kada treba optimalno izabrati i podesiti eksploatacione parametre sistema. Ovde se pre svega misli, na brzinu kretanja, vrstu pneumatika, pritiske u njima, raspodelu balasta, izbor i sprezanje implemenata itd.

U smislu rešavanja nekih od pomenutih problema u ovom radu je korišćena jedna metoda modularnog modeliranja traktorskog sistema integracijom modula bazne dinamike sa modulima vitalnih sistema oslanjanja, pogona, upravljanja, vuče. U narednim poglavljima dat je kratak prikaz predložene metode i neki dobijeni rezultati.

## MATERIJAL I METODE RADA

Na osnovu sprovedenih analiza i datih zaključaka u uvodnom delu rada, u ovom poglavlju biće sažeto prikazan predmet rada i korišćena metodologija. Pri tome, prvi segment se odnosi na pitanja formiranja odgovarajućih modela za simulaciona istraživanja. U drugom segmentu prikazan je eksperimentalni sistem koji se koristi za identifikaciju parametara i karakteristika modula traktorskih sistema uključenih u strukturu simulacionih modela.

Pri formiranju fizičko-matematičkih modela za potrebe istraživanja u ovom radu, pošlo se od prikaza datih na Sl. 1a, b, c. Slika 1a, prikazuje izgled tri od brojnih koncepata poljoprivrednih traktora koji mogu biti predmet ovih istraživanja. Na Sl. 1b, prikazana je jedna od faza modeliranja traktora, koji za razliku od klasičnog koncepta oslanjanja traktora samo preko elastičnih guma, poseduje dopunsko elastično oslanjanje prednje osovine preko metalnih opruga i viskoznih amortizera. Date oznake na slici imaju sledeća značenja:  $l$  – međuosno rastojanje,  $a$ ,  $b$ ,  $h$  – koordinate centra masa,  $c_1$ ,  $k_1$  – elasto – prigušni parametri dopunskog elastičnog oslanjanja prednje osovine,  $c_{1p}$ ,  $k_{1p}$  – elasto – prigušni parametri prednjih guma,  $c_{2p}$ ,  $k_{2p}$  – elasto-prigušni parametri zadnjih guma,  $h(x)$  – izvorna funkcija neravnina podužnog profila tla,  $z_o(x)$  – ekvivalentna funkcija neravnina podužnog profila tla, dobijena filtriranjem izvorne funkcije posredstvom modula  $H_1$  i  $H_2$ ,

koji uključuju efekte interakcije podsistema, guma – flo. U cilju uopštavanja procedura modeliranja i simuliranja na Sl. 1c, je prikazan kompletan oscilatorni model traktora, sa dopunskim elastičnim oslanjanjem obe osovine. Osnovne oznake imaju isto značenje kao i na Sl. 1b, ali su uvedene dopunske oznake modula,  $M_{1p}$ -prednjih guma,  $M_{2p}$  – zadnjih guma,  $M_{1s}$  – dopunskog elastičnog oslanjanja prednje osovine,  $M_{2s}$  – dopunskog elastičnog oslanjanja zadnje osovine, pri tome su u svakom od ovih modula specificirane oznake parametara elastičnosti  $c_i$  i prigušenja  $k_i$ , gde je,  $i$  – opšta oznaka indeksa. Osim toga, na Sl. 1c, su date oznake oslonjene mase traktora,  $m$ , odgovarajućeg momenta inercije oko poprečne ose traktora,  $I$ , zatim neoslonjene mase,  $m_1$ ,  $m_2$ , koordinate karakterističnih tačaka,  $l_s$  i  $l_c$ , pravac i smer brzine kretanja,  $v$ , priključne tačke zadnjeg implementa  $Z_i$ , prednjeg implementa,  $P_i$ .

U opštem slučaju razmatranja, model prikazan na Sl. 1c, poseduje pet stepeni slobode kretanja i to:

- dva stepena slobode elastično oslonjene mase,  $m$ , oznake alternativa,  $z \rightarrow \theta$ , vertikalno i ugaono pomeranje oslonjene mase, ili  $z_1 \rightarrow z_2$ , vertikalno pomeranje prednjeg i zadnjeg dela oslonjene mase, respektivno,
- zatim po jedan stepen slobode kretanja neoslonjenih masa,  $m_1$ ,  $m_2$ , dakle, njihova vertikalna pomeranja,  $z_1$ ,  $z_2$ , respektivno,
- i na kraju, jedan stepen slobode osnovnog, podužnog kretanja traktora u pravcu koordinate,  $x$ , brzinom,  $v$ .

Diferencijalne jednačine kretanja, dobijaju se na osnovu fizičkog modela prikazanog na Sl. 1c, čija se struktura i parametri prilagođavaju konkretnom konceptu razmatranog traktora. Pri tome se posmatraju uslovi dinamičke ravnoteže sila i momenata koji deluju u odnosu na položaj statičke ravnoteže.

Treba napomenuti da modularni prikaz strukture opšteg oscilatornog modela na Sl. 1c, olakšava proceduru formiranja odgovarajućih matematičkih modela, kao baze za kreiranje simulacionih programa. Naime, uslovi dinamičke ravnoteže se posmatraju sa uključenim modulima osnovne, vertikalno – podužne dinamike, zatim modulima elasto-prigušnih karakteristika osnovnog i dopunskog sistema elastičnog oslanjanja, sa oznakama na Sl. 1c, koje su u prethodnom tekstu objašnjene, i na kraju, modulima interakcije guma i kolovoza,  $H_1$ ,  $H_2$ , čije je fizičko značenje, takođe, prethodno dato. Dakle, reč je o integraciji spomenutih modula, kojom se u opštem slučaju olakšava formiranje fizičkih i matematičkih modela. Međutim, ovim pristupom se takođe uprošćava eksperimentalni sistem i metode identifikacije neophodnih ulaznih podataka u simulacione proračune, efikasnije koriste dobijeni eksperimentalni podaci kao i raspoložive baze podataka. I na kraju, a što je veoma bitno, racionalno se kreiraju i koriste simulacioni programi, i sa aspekta vremena neophodnog za sve faze konvencionalnog postupka modeliranja - simuliranja i sa aspekta broja variranja uticajnih faktora i uključivanja teško merljivih, nemerljivih ili nepoznatih fenomena.

U skladu sa datim napomenama, određeni su uslovi dinamičke ravnoteže i to dva (1), (2), za oslonjenu masu  $m$ , po jedan (3), (4), za svaku neoslonjenu masu,  $m_1$ ,  $m_2$  i jedan, za osnovno, podužno kretanje, brzinom  $v$  (6).

$$m\ddot{z} + F_{ck1} + F_{ck2} = 0 \quad (1)$$

gde su:

- $m$  [kg] - oslonjena masa traktora,
- $\ddot{z}$  [ $m \cdot s^{-2}$ ] - vertikalno ubrzanje centra oslonjene mase traktora,
- $F_{ckl}$  [N] - rezultanta sila elastičnih i prigušnih elemenata dopunskog oslanjanja prednje osovine,

$F_{ck2}$  [N] - rezultanta sila elastičnih i prigušnih elemenata dopunskog oslanjanja zadnje osovine.

$$-I\ddot{\theta} - F_{ck1}a + F_{ck2}b = 0 \quad (2)$$

gde su:

$I$  [kg·m<sup>2</sup>] - moment inercije oslonjene mase oko poprečne ose traktora,

$\ddot{\theta}$  [rad·s<sup>-2</sup>] - ugaono ubrzanje oslonjene mase oko poprečne ose traktora,

$a, b$  [m] - koordinate centra oslonjene mase traktora.

$$m_1\ddot{z}_{11} - F_{ck1} + F_{pck1} = 0 \quad (3)$$

gde su:

$m_1$  [kg] - neoslonjena masa prednje osovine,

$\ddot{z}_{11}$  [m·s<sup>-2</sup>] - vertikalno ubrzanje neoslonjene mase prednje osovine,

$F_{pck1}$  [N] - rezultanta elastičnih i prigušnih sila prednjih guma.

$$m_2\ddot{z}_{22} - F_{ck2} + F_{pck2} = 0 \quad (4)$$

gde su:

$m_2$  [kg] - neoslonjena masa zadnje osovine,

$\ddot{z}_{22}$  [m·s<sup>-2</sup>] - vertikalno ubrzanje neoslonjene mase zadnje osovine,

$F_{pck2}$  [N] - rezultanta elastičnih i prigušnih sila zadnjih guma.

$$F_{pck1} = F_{zo1}, \quad F_{pck2} = F_{zo2} \quad (5)$$

gde su:

$F_{zo1}$  [N] - pobudna sila od tla preko prednjih točkova,

$F_{zo2}$  [N] - pobudna sila od tla preko zadnjih točkova.

$$F_0 = R_f + R_v + R_j + R_\alpha + R_p \quad (6)$$

gde su:

$F_0$  [N] - pogonska sila traktora,

$R_f$  [N] - otpor kotrljanja,

$R_v$  [N] - otpor vazduha,

$R_j$  [N] - otpor inercijalnih sila,

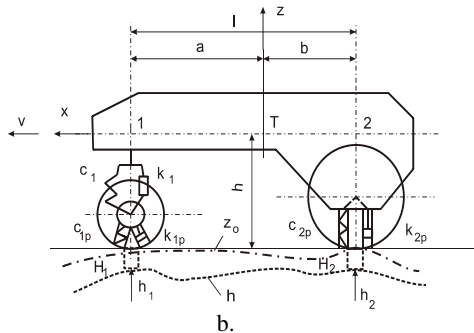
$R_\alpha$  [N] - otpor uspona,

$R_p$  [N] - deo vučne sile traktora za vuču implementa.

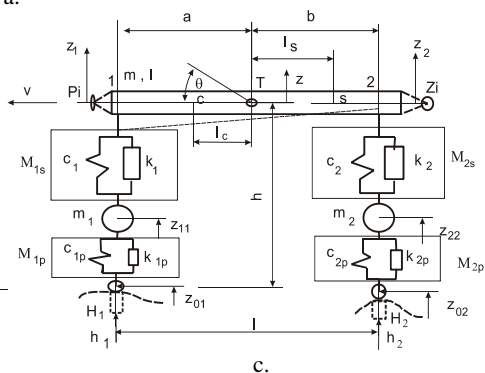
Kompleksnost matematičkog modela, prikazanog izrazima (1) do (6), zavisi od prethodno definisane strukture i izabranih, odnosno, određenih parametara gore uključenih modula. Isti mogu biti definisani relativno egzaktnim matematičkim relacijama, što zahteva opsežne teorijske analize podržane eksperimentima u određenim fazama istraživanja. Zatim, prikazani sintetizovanim submodelima baziranim na opsežnim eksperimentima. Moguće je i direktno korišćenje eksperimentalnih, neobrađenih podataka u sprezi sa adekvatnim blokovima i alatima simulacionih programa. Razvijena metodologija i korišćeni pristup u ovom radu, omogućavaju primenu svih ovih varijanti za konkretan slučaj istraživanja.



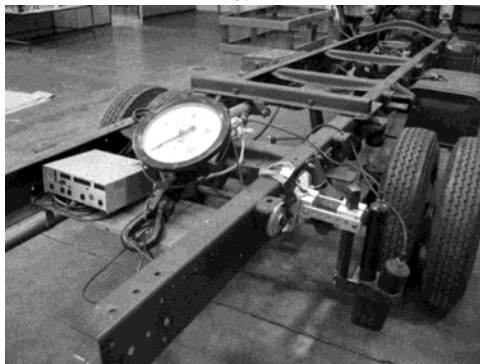
a.



b.



c.



d.



e.

Slika 1. a. konstruktivne izvedbe traktora, b.,c. varijante oscilatornih modela traktora, d. merna platforma sa opremom, e. točkovi sa mernim gumama  
 Figure 1. a. tractor design types, b.,c. types of tractor vibration models, d. measurement platform with devices, e. wheels with experimental tires

Jedan sistem za eksperimentalnu podršku simulacionim istraživanjima u ovom radu, u cilju identifikacije elasto-prigušnih karakteristika elastičnog oslanjanja kako traktora, tako njegovih implemenata i drugih samohodnih poljoprivrednih mašina na elastičnim gumama, prikazan je na Sl. 1d, e. Baza eksperimentalnog sistema je merna platforma sa sopstvenim pogonom preko motora SUS, Sl. 1d. Platforma je univerzalne namene, za stacionarna, kvazistacionarna i dinamička ispitivanja drumskih, terenskih, radnih vozila, njihovih agregata, podsklopova i komponenata. Za potrebe ovog rada, odnosno, za predloženu metodologiju, na ovoj platformi se mogu ispitivati i identifikovati submodeli elemenata i komponenata elastičnih oslanjanja traktorskih sistema i mašina, kako osnovnih tako i dopunskih. S obzirom na koncept otvorene noseće strukture i bočni položaj točkova na platformu se

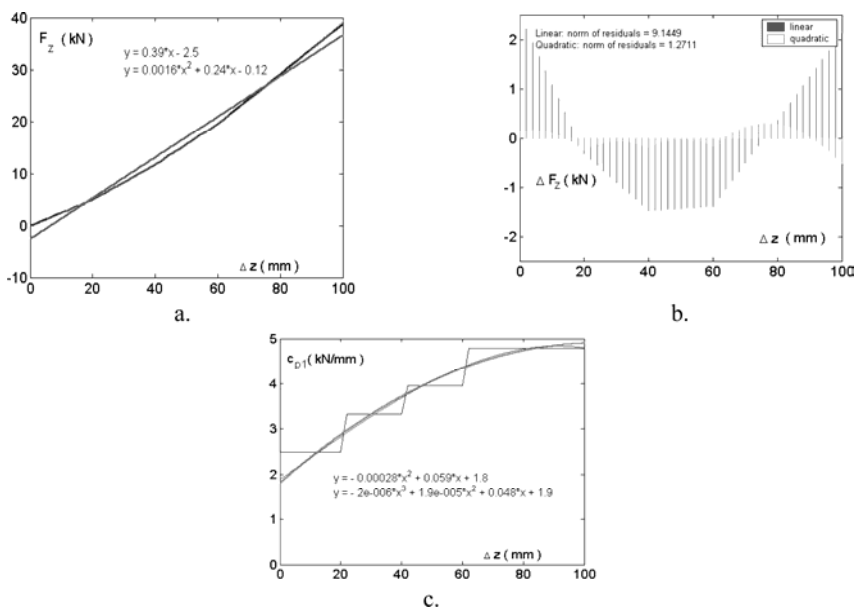


moгу postaviti i ispitivati točkovi sa gumama razliĉitih tipova i dimenzija, Sl. 1d, e. Deo merne opreme prikazan na sl. 1d, ukljuĉuje merni dinamometar vuĉne sile i senzor brzine kretanja Leitz-Correvit LG 2, zatim troosni davaĉ ubrzanja, davaĉ hoda HBM, osmokanalni merni sistem i sistem za akviziciju mernih podataka, HBM Spider 8 i lap-top raĉunar.

U stacionarnim uslovima ispitivanja karakteristika elastiĉnosti guma ili dopunskog elastiĉnog oslanjanja, vertikalno opterećenje platforme se povećava stupnjevito i za svaku vrednost opterećenja izmeri se vertikalna deformacija gume, odnosno, opruge. Zatim se formira eksperimentalna zavisnost, opterećenje - deformacija gume i podesnom numeričkom metodom odrede karakteristike krutosti. Pri režimima kvazistacionarnih ispitivanja vertikalno opterećenje platforme se menja kontinualno sa niskim relativnim brzinama, posredstvom potisno – podiznih hidrauliĉnih uređaja, Sl. 1d, davaĉem sile se meri tok promene opterećenja a davaĉem pomeranja deformacija elastiĉne komponente i formiraju zavisnosti opterećenje – deformacija.

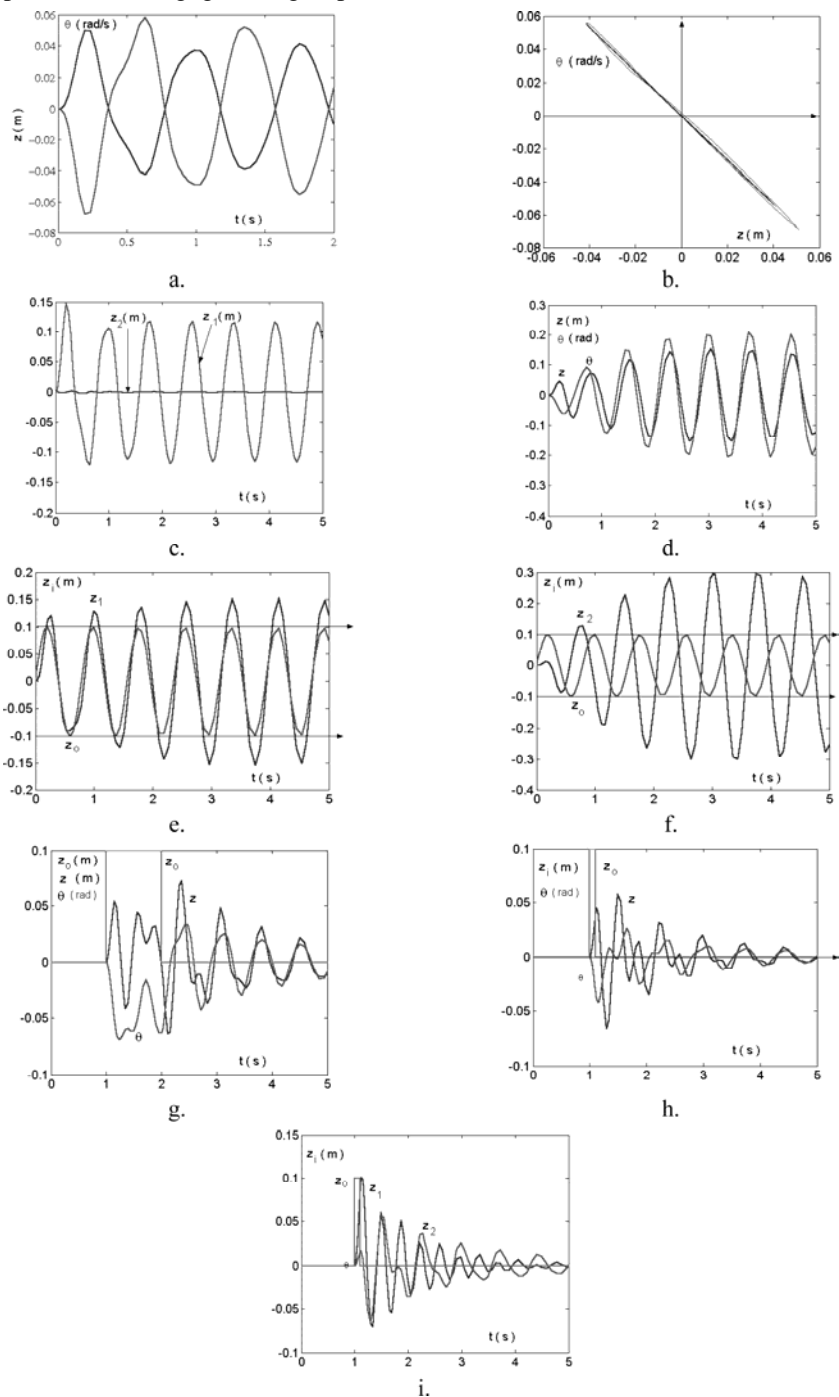
### REZULTATI ISTRAŹIVANJA I DISKUSIJA

Neki od rezultata istraŹivanja prikazani su na Slikama 2 i 3. Rezultati prikazani na Slici 2 ilustruju mogućnosti identifikacije elasto-kinemtskih karakteristika guma na mernoj platformi pri stacionarnim režimima ispitivanja. Na Sl. 2a dat je prikaz izmerenih vrednosti vertikalnih deformacija gume u funkciji vertikalnog opterećenja. Na istoj slici su prikazane krive aproksimacije ove zavisnosti. Kao Źto se vidi iz krivih ocene greŹaka na Slici 2b, zadovoljavajuća taĉnost aproksimacije se postiŹe polinomom drugog stepena, plava kriva na Sl. 2a. Osim toga, aproksimacija linearnom funkcijom, crvena kriva, na Sl. 2a, i odgovarajuća ocena greŹke na Sl. 1b, ukazuju na mogućnosti linearizacije elastiĉnih karakteristika gume i greŹku koja se pri tome ĉini.



Slika. 2. Eksperimentalne karakteristike elastiĉnosti traktorske gume  
Figure2. Tractor tire elastic characteristics

Na osnovu eksperimentalnih zavisnosti na Slici 2a, određena je karakteristika krutosti gume u funkciji vertikalnog hoda, Sl. 2c. Zadovoljavajuća tačnost se postiže aproksimacionim polinomima drugog i trećeg stepena.



Slika 3. Rezultati simulacionih istraživanja oscilacija traktora  
 Figure 3. Results of tractor vibration simulation investigation

Rezultati simulacionih istraživanja oscilatornih procesa traktora, za dva posmatrana slučaja, prikazani su na Slici 3. Prvi slučaj, neopterećen sistem, odnosno, traktor bez implementa, Sl. 3a,b,c. Drugi slučaj, opterećen sistem, traktor u sprezi sa implementom, Sl. 3d,e,f,g,h,i. U smislu ilustracije predložene metode, u ovom radu, prvi slučaj je posmatran kao referentni, sa usvojenim parametrima,  $a*b=1$ , oznake prema Sl. 1c. Poređenjem ovog težinskog stanja i ekvivalentnog težinskog stanja traktora sa implementom, određeniji su relevantni indeksi i to, za masu,  $m_{II}/m_I=1.33$ , za moment inercije,  $I_{II}/I_I=3.63$ , za koordinatu centra masa  $b_{II}/b_I=0.43$ . Uticaj ovih odnosa, dakle, težinskog stanja, rasporeda masa i položaja centra masa, težišta, istaknut je pri analizi prikazanih rezultata.

Rezultati, na Sl. 3a,b,c, kao što je rečeno, odnose se na slučaj neopterećenog sistema, pri čemu se prednji točkovi pobuđuju periodičnom funkcijom neravnina tla, oblika :  $z(x) = A\sin\Omega x = A\sin(2\pi/\lambda)x$  u prostornom domenu, odnosno,  $z(t) = A\sin\omega t = A\sin(2\pi/T)t$ , u vremenskom domenu. Imajući u vidu relaciju prostornih i vremenskih koordinata, dobija se matematički model periodične pobude prednjih točkova od tla u obliku:  $z(t) = A\sin(2\pi/\lambda)vt$ , koji uspostavlja relaciju između visine neravnina  $A$ , njihove talasne dužine,  $\lambda$  i brzine  $v$ . Rezultati simulacije na gornjoj slici dobijeni su za vrednosti,  $A = 0.1m$ ,  $\lambda = 0.5m$ ,  $v = 2.8 m/s$ , što približno odgovara parametrima reljefa i režimima kretanja pri grubljem oranju. Kao što se vidi sa Slike 3.a, vertikalno pomeranje oslonjene mase traktora,  $z$ , plava kriva, i ugaono zaokretanje,  $\theta$ , zelena kriva, su takođe periodične funkcije vremena, sa frekvencijom jednakom frekvenciji pobude od tla. Ove dve funkcije su suprotnog znaka, između njih je neznatno fazno kašnjenje i u tesnoj su korelaciji, što se može uočiti na Sl. 3b. Rezultati na Sl. 3c, ukazuju na karakteristike traktora sa skoro raspregnutim oscilacijama prednje i zadnje osovine. Naime, pri pobuđivanju prednje osovine, gore opisanom periodičnom funkcijom tla, prednji deo traktora osciluje periodičnom funkcijom  $z_1$ , zelena kriva na Sl. 3c, a zadnji deo traktora  $z_2$ , plava kriva, na istoj slici, ostaje skoro nepokretan. Prema baznim podacima simuliranog traktora, vrednost pokazatelja sprege oscilacija iznosi 1.04. Imajući u vidu da je za vrednost ovog pokazatelja 1, sistem potpuno raspregnut, neznatne varijacije, koordinate  $z_2$ , ukazuju na adekvatno izabranu strukturu i parametre simulacionog modela. Ovi rezultati pružaju uvid u nezavisno oscilovanje pojedinih osovine traktora i pripadajućih delova oslonjene mase, što se ne može direktno postići drugim metodama, s obzirom da su obe osovine istovremeno pobuđene.

Rezultati drugog segmenta istraživanja, Sl. 3d,e,f,g,h, odnose se na opterećen sistem, dakle traktor sa implementom. U gornjem tekstu je ukazano na potencijalne uticaje implementa na oscilatorne parametre, u ovom slučaju, traktorskog sistema, preko brojnih vrednosti relevantnih indeksa. Na bazi tih promena određena je vrednost pokazatelja sprege oscilacija u iznosu od 0.58. Dakle, prisustvo implementa u značajnom stepenu spreže oscilacije prednje i zadnje osovine traktora i time pojačava neke, već nepovoljne efekte oscilatornih procesa. Prikazi dobijenih rezultata na Sl. 3d i nadalje, najbolje to ilustruju. Nivoi vertikalnih i ugaonih oscilacija oslonjene mase traktora, na Sl. 3d su znatno viši u odnosu na prikaz, na Sl. 3a. Ovi nivoi pokazuju i trend porasta sa vremenom, dakle, određenu nestabilnost koordinata položaja, koja u relaciji sa konceptom pogona može dovesti do kompleksnijeg vida nestabilnosti, fenomena „power hop”, [10], [15], [16]. Sprega oscilacija osovine traktora na ovim prikazima je očigledna i za neke kompleksnije analize, veoma ilustrativna. Naime, funkcija periodične pobude, točkova prednje osovine, prikazana je zelenom krivom na Sl. 3e i 3f. Na prvoj slici je i prikaz oscilacija koordinate položaja, plava kriva, koje po fazi i frekvenciji prati pobudnu funkciju, ali sa neznatno pojačanim nivoima. Suprotno ovome, dakle i dalje pri pobudi samo prednjih točkova, zadnji deo vozila osciluje po zakonu periodične

funkcije  $z_2$ , plava kriva na Sl. 3f, sa frekvencijom koja prati frekvenciju pobude, ali sa znatnim faznim kašnjenjem i znatnim pojačanjem nivoa amplituda.

Prikazani rezultati na Sl. 3g,h,j, odnose se na isto stanje opterećenog sistema, ali druge vidove pobude od tla. Reč je o karakterističnim oblicima pobude, tako zvana impulsna, zatim step pobuda itd. U ovom radu su uvedeni posebni pojmovi, tako zvani kratkotrajni impuls, odnosno pojedinačna prepreka uzane širine, i dugotrajni impuls, pojedinačna prepreka veće širina ili kombinovana impuls – step pobuda. Smisao definicija ovih pobuda, odnosno efekata njihovog dejstva na oscilacije traktorskog sistema, najbolje se vidi iz prikaza dobijenih rezultata na pomenutim slikama. Pobuda sistema prema Slici 3g odgovara impulsu veće širine, tj. trajanja 1s, širine prepreke 2.8 m, za datu brzinu kretanja. A iz reakcije sistema na ovu pobudu, promena vertikalnog pomeranja i ugaonog zaokretanja traktora,  $z$ ,  $\theta$ , plava i zelena kriva na Sl. 3g, respektivno, vidi se, da prelazni proces sadrži dva segment, prvi koji odgovara step pobudi i drugi, koji odgovara impulsnoj pobudi – dakle kombinovanoj step-impuls pobudi. Reakcija sistema na Sl. 3h,j, je tipična za impulsnu pobudu, u ovom radu, definisanu, kao “uzani impuls”, a prikazuje promene alternativnih koordinata položaja oslonjene mase,  $z$ ,  $\theta$ , odnosno,  $z_1$ ,  $z_2$ , respektivno. U oba slučaj se radi o slobodnim prigušenim oscilacijama. Brojni su vidovi prepreka i mikro reljefa tla koji se mogu svesti na tri osnovna vida pobude korišćene u ovom radu.

## ZAKLJUČAK

Neravnine terena izazivaju složene oscilatorne procese traktorskih sistema, koji utiču na radnu efikasnost sistema, stanje operatora, degradaciju tla. Sprovedena analiza dosadašnjih istraživanja iz domena oscilatorne dinamike traktora pokazuje da je najveća pažnja posvećena konceptu traktora sa primarnim oslanjanjem preko elastičnih guma. Uvođenje dopunskog oslanjanja točkova i osovina uslozava traktorski sistem i otežava teorijsko – eksperimentalna istraživanja. Jedan pristup, prikazan u ovom radu baziran je na korišćenju simulacionog modela modularnog tipa i eksperimentalnog sistema za identifikaciju strukture i parametara modula. Identifikovani moduli elastičnih karakteristika guma ukazuju na njihove nelinearne karakteristike, polinomi drugog i trećeg stepena. Formirani programski blokovi su omogućili uključivanje svih vidova nelinearnosti sistema, oblika pobuda od tla, efekata filtriranja i kašnjenja sistema. Predložena i korišćena eksperimentalno-simulaciona procedura omogućila je nezavisno praćenje pobude preko točkova prednje i zadnje osovine, zatim utvrđivanja stepena njihove sprege i efekata koji ispoljavaju na oscilatorne procese. U tom smislu, uticaj implementa je obuhvaćen relevantnim indeksima uticajnih parametara. Njihova promena je u relaciji sa povećanjem sprege oscilacija po osovinama i nivoa opterećenja. Ilustrativni rezultati potvrđuju da gore prikazana simulaciona metoda uz podršku baza eksperimentalnih podataka može pomoći u smislu sagledavanja nepovoljnih oscilatornih efekata traktorskih sistema i njihovog odklanjanja.

## LITERATURA

- [1] Anilović, V., Marčinski, J. 1973. Statistički karakteristiki vozdejtvi nerovnostej puti na podvesku traktorov. *Traktori i seljhozmašini*, N 5, st. 7 – 9.
- [2] Wong, J. 1972. Effect of vibration on the performance off-road vehicles. *Journal of Terramechanics*, Vol. 8, N4.
- [3] Robichand, R., Molnan, M. 1990. Measuring soil roughness changes with an ultrasonic profiler. *Trans. ASAE* 33, 6, 1851 – 1858.
- [4] Wong, J. 2001. *Theory of ground vehicle*. Third edition, John Wiley & Sons.
- [5] ISO 2631, *Evaluation of human exposure to whole-body vibration*. General requirements.

- [6] ISO 5007, *Agricultural wheeled tractors and field machinery* – Measurement of whole – body vibration of the operator.
- [7] Vološin, J., Goljskakov, E. 1974. Primenie teorii markovskih procesov k isledovaniju kolebanij kolesnih mašin. *Traktori i seljhozmašini*, N12, 1974.
- [8] Vološin, J., Sinev, A. 1975. K račetu optimalnoj sistemi podresorivanja transportnih mašin. *Traktori i seljhozmašin*, N9, 1975.
- [9] Rill, G., Saly, D., Wilks, E. 1992. Improvement of dynamics wheel loads and ride quality of heavy agricultural tractors bz suspending front axles. *Heavy vehicles and roads technology, safety and policy*, p 116-121. London, 1992.
- [10] Deere & Company. 2011. *How to control power hop: MFWD and 4WD tractors*.
- [11] Owzar, A. 1976. Untersuchung des Schwingungs Verhaltnes von ugefederten luftbereifen Fahrzeugen. *ATZ*, 78, 9.
- [12] Renius, T. 1994. Trends in tractor design with particular reference to Europa. *J. Agric. Eng. Resh.* 57, 3-22.
- [13] Lines, J., Murphy, K. 1991. The stiffness of agricultural tractor tyres. *Journal of terramechanics*, Vol 28, N1.
- [14] Volfson, B. 1999. Comparison of two simulation models of tire – surface interaction. *Proc. 13th Intl. Conf. of ISIVS*, p. 311 – 318.
- [15] Dessevire, D. 2005. Experimental characterization and numerical modeling of the power hop phenomen. *VDI Berichte, No 1895*, p. 125 – 130Disseldorf, Germany.
- [16] Sakai, K., Sasao, A., Shibusawa, s. 1999. Nonlinear dynamics of bouncing and power hop. *ASABE Paper*, No 991066.

# EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE AKUMULACIJE TOPLOTE U AKUMULATORU TOPLOTE PRIMENOM FAZNOPROMENLJIVOG MATERIJALA

Nedžad R. Rudonja<sup>\*1</sup>, Goran S. Živković<sup>2</sup>, Mirko S. Komatina<sup>1</sup>, Branislav S. Repić<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

<sup>2</sup> Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Laboratorija za termotehniku i energetiku

**Sažetak:** U radu je data opšta diskusija o razlozima primene akumulatora toplote i fazno-promenljivih materijala kao skladišnih medijuma. Dat je deo eksperimentalnih rezultata dobijenih merenjem tokom procesa promene faze parafina. Uočeno je da je potrebno povećati broj zapreminskih izvora toplote u akumulatoru kako bi se dobila manja stratifikacija temperature tokom procesa zagrevanja.

**Cljučne reči:** akumulator toplote, promena faze, parafin

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON ACCUMULATION OF HEAT BY PHASE CHANGE MATERIAL IN THE THERMAL ENERGY STORAGE

Nedžad R. Rudonja<sup>1</sup>, Goran S. Živković<sup>2</sup>, Mirko S. Komatina<sup>1</sup>, Branislav S. Repić<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Republic of Serbia

<sup>2</sup> Institute of Nuclear Sciences “Vinča”, Laboratory for Thermal Engineering and Energy, Belgrade, Republic of Serbia

**Abstract:** The paper includes a general discussion of reasons for the application of heat storage and phase change material as storage medium. A part of experimental results obtained by measuring during the process of paraffin phase change was presented. It was observed that in order to obtain lower temperature stratification during the heating process it is necessary to increase the number of volume heat sources in the thermal storage.

**Key words:** thermal energy storage, phase change, paraffin

### UVOD

Akumulacija toplote primenom fazno-promenljivih materijala predstavlja veoma značajno polje istraživanja u nauci i tehnici. Problem akumulacije toplote potiče još iz perioda daleke istorije, ali se danas sve više pominje u oblasti energetske efikasnosti (solarna energija, toplotne pumpe i sl.), i korišćenja toplote dobijene sagorevanjem biomase. Biomasa predstavlja nuzproizvod u poljoprivredi (slama, kukuruzovina, sojina sačma, ostaci orezivanja voća, ostaci seče šuma itd.), pa njeno korišćenje može dovesti do

---

\* Kontakt autor. E-mail: nrudonja@mas.bg.ac.rs

Razvoj i unapređenje tehnologija za energetske efikasno korišćenje više formi poljoprivredne i šumske biomase na ekološki prihvatljiv način, uz mogućnos kogeneracije, III42011, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja

značajne uštede u samim poljoprivrednim gazdinstvima, ali i uštede na nivou države ostvarene smanjenim uvozom energenata. Važno je napomenuti da najveće učešće pojedinih obnovljivih izvora energije u energtskom potencijalu Srbije pripada biomasi sa 63% i solarnoj energiji sa 17% [4]. Ostali potencijal leži u geotermalnoj energiji, energiji vetra i energiji malih vodenih tokova. Osim biomase koja predstavlja poljoprivredni „otpad“ sve češće se javlja i planska sadnja visokoenergetskih, brzorastućih biljaka čijim se sagorevanjem može dobiti značajna količina toplote (Miskantus-visokoenergetska biljka). Tokom sagorevanju biomase javlja se problem skladištenja trenutno dobijene toplote. Akumulacija dobijene toplote najčešće se vrši zagrevanjem vode [1] u velikim rezervoarima. Međutim, u slučajevima kada su skladišni kapaciteti ograničeni, kada je potrebno da se toplota skladišti u nekom materijalu na određenoj temperaturi, ili kada su temperature skladištenja više, mora se ići na optimizaciju samog skladištenja toplote koja, u najvećem broju slučajevima, kao rezultat daje primenu fazno-promenljivih materijala [3]. Akumulacija toplote fazno-promenljivim materijalima (PCM - phase change material) predstavlja sve češće tehničko rešenje u gradnji solarnih sistema čime se želi ublažiti „ahilova peta“ solarnih sistema koja se ogleda u nedostatku kontinualnog snabdevanja toplotom. Dakle, onda kada postoji trenutno oslobađanje toplote koje je više od zahtevanih toplotnih potreba vrši se akumulacija toplote u toplotnim akumulatorima (TES – Thermal Energy Storage) na određenoj temperaturi. Izbor fazno-promenljivog materijala zavisi od više faktora, ali se kao najznačajniji mogu navesti sledeći:

- a) temperatura skladištenja toplote,
- b) raspoloživi skladišni prostor,
- c) hemijska agresivnost fazno promenljivog materijala,
- d) zapaljivost,
- e) eksplozivnost.

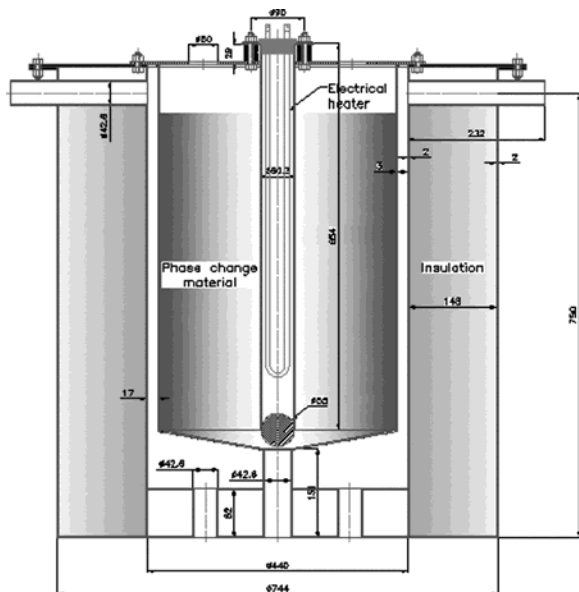
U skladu sa iznetim zahtevima najčešće su podele fazno-promenljivih materijala je na fazno-promenljive materijale organskog i neorganskog tipa. Druga podela je prema temperaturi promene faze i ona predstavlja polaznu instancu pri izboru fazno-promenljivog materijala. Kao fazno-promenljivi materijali najčešće se koriste razne parafinske frakcije, polimeri, hidratne soli, metali itd.

U okviru Projekta III 42011 razvijena je eksperimentalna instalacija za ispitivanje karakteristika fazno-promenljivih materijala i mogućnosti akumulacije toplote u akumulatorima toplote. Izvršena su merenja sa parafinom kao fazno-promenljivim materijalom, što je u nastavku ovog rada prikazano.

## **MATERIJAL I METOD RADA**

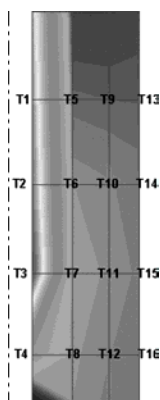
### **Eksperimentalna instalacija i opis merenja**

Kao što je prethodno navedeno u okviru projekta III 42011 Ministarstva nauke i prosvete konstruisana je i izvedena eksperimentalna instalacija akumulatora toplote na kojoj su izvršena određena merenja i posmatranja promene faze parafina kao fazno-promenljivog materijala. Ukupna zapremina akumulatora toplote koja je ispunjena fazno-promenljivim materijalom iznosi  $77 \text{ dm}^3$ . Po celoj zapremini akumulatora toplote raspoređeno je ukupno 16 termo-parova kojima je vršeno merenje temperature parafina, dok je posebnim termo-parovima merena temperatura vazduha na ulazu i izlazu iz akumulatora toplote. Vazduh je služio za „pražnjenje“ akumulatora toplote, tj. hlađenje parafina.



Slika. 1 Akumulator toplote  
Figure 1 Thermal energy storage

Topljenje parafina vršeno je električnim grejačem napajanim trofaznom električnom energijom. Snaga električnog grejača kontrolisana je reostatom preko promene napona. Električni grejač je, kao što se vidi na Slici 1, smešten u centralnoj oblasti akumulatora toplote. Ulaz hladnog vazduha nalazi se na dnu, a izlaz zagrejanog vazduha je pri vrhu akumulatora toplote. Vazduh se zagreva strujanjem kroz međuprostor između cilindra u kome se nalazi parafin i cilindra sa čije se spoljašnje strane nalazi izolacija od mineralne vune. Raspored termo-parova kojima su merene temperature parafina prikazan je na Slici 2.



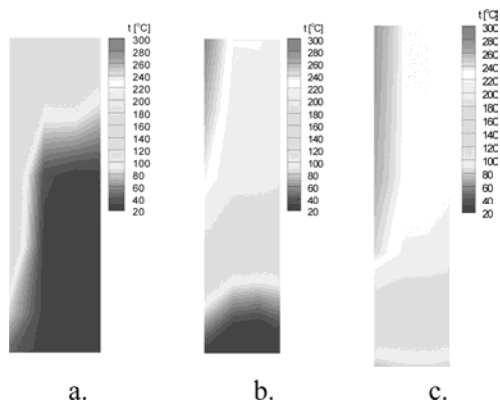
Slika. 2 Raspored termoparova u parafinu  
Figure 2 Arrangement of thermocouples in paraffin

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Na osnovu podataka dobijenih merenjem temperature izvršena je i vizuelizacija temperaturskog polja u akumulatoru toplote, odnosno u parafinu, a što je prikazano u nastavku rada. Dobijeni temperaturski profili odgovaraju i teorijskim razmatranjima i

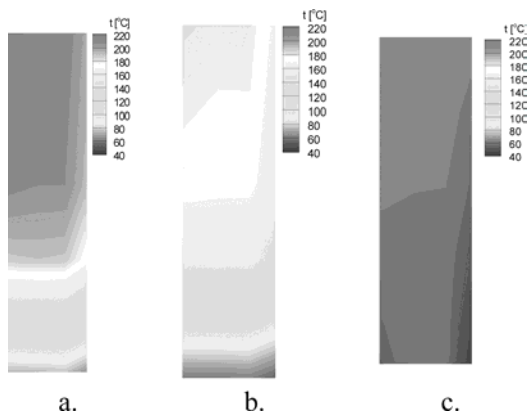


zaključcima [2]. Dakle, prvo dolazi do topljenja u uskom sloju koji je smešten neposredno uz grejač. U ovom sloju dominira prenošenje toplote kondukcijom. Dalje, kako se proces dovođenja toplote nastavlja dolazi do topljenja veće količine materijala u kome, usled razlike u gustinama, dolazi do prirodnog strujanja, pa se toplota sa grejača na istopljeni materijal prenosi prirodnom konvekcijom. Front istopljenog materijala se ubrzano prostire sa leva na desno, uz istovremeno dovođenje toplote sa vrha akumulatora, od istopljenog materijala iz gornjih zona, ka neistopljenom materijalu koji se nalazi na dnu akumulatora. Proces topljenja se završava potpunim topljenjem parafina kada dolazi do blage stratifikacije temperature parafina. Nakon završavanja procesa topljenja, tj. promene faze, izvršno je gašenje električnog grejača i uključeno hlađenje istopljenog parafina ambijentalnim vazduhom koji je pomoću ventilatora prinudno opstrujavao cilindar u kome se nalazio istopljeni parafin. Proces hlađenja parafina prikazan je na Slici 4.



Slika 3. Temperaturski profil u akumulatoru toplote nakon: 60 min (a), 600 min (b), 1400 min grejanja (c) (snaga grejača 2.4 kW)

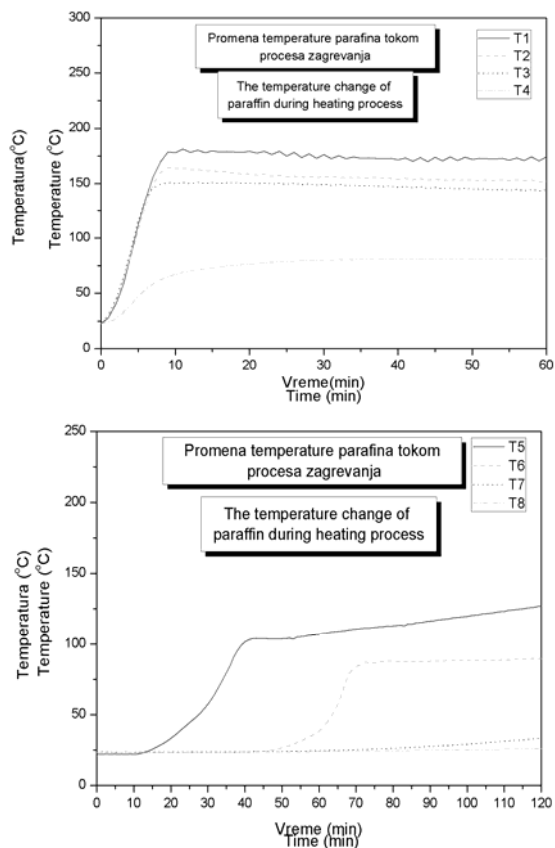
Figure 3. Paraffin temperature profiles in the tank after: 60 min (a), 600 min (b), the whole heating period of 1400 min (c) (heating power 2.4 kW)



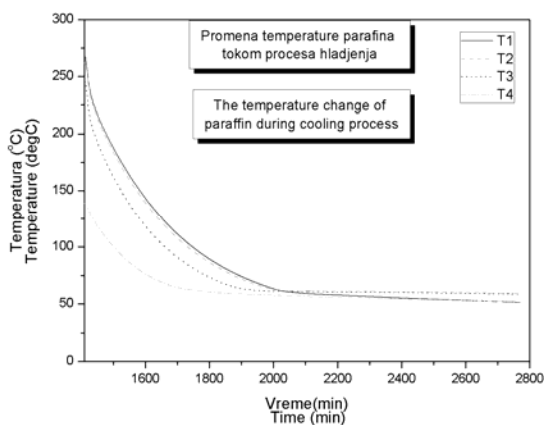
Slika 4. Temperaturski profil u akumulatoru toplote nakon: 60 min (a), 120 min (b), 600 min hlađenja (c)

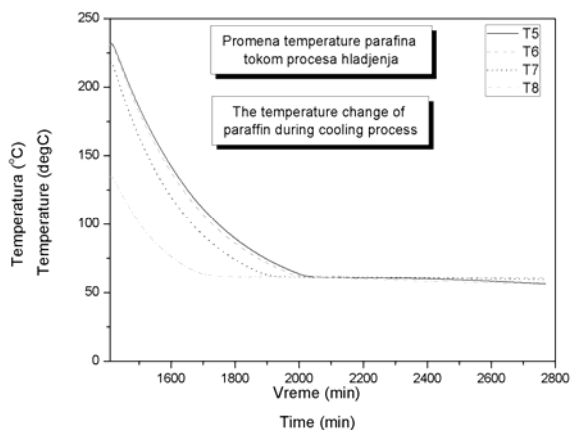
Figure 4. Paraffin temperature profiles in the tank after: 60 min (a); 120 min (b); 600 min cooling (c)

Slika 5 prikazuje vertikalnu stratifikaciju temperature u parafinu tokom vremena. Upoređujući gornju i donju sliku na Slici 5 može se odrediti brzina kretanja fronta rastopljenog materijala. Takođe se može zapaziti da je razlika temperatura u gornjoj i donjoj oblasti parafina i do 100°C.



Slika 5. Promena temperature parafina tokom procesa dovođenja toplote  
Figure 5. The temperature change of paraffin during heating process





Slika 6. Promena temperature parafina tokom procesa odvođenja toplote  
 Figure 6. The temperature change of paraffin during cooling process

Iskustva dobijena tokom merenja potvrđuju da je korišćenje parafina kao PCM-a pogodno za temperaturski opseg od 40 i 120°C [5], što idealno odgovara uslovima za zagrevanje sanitarne potrošne vode. Ako se pogleda Slika 6 može se videti da brzina hlađenja akumulatora osim fizičkih i strujnih karakteristika vazduha zavisi i od termofizičkih osobina PCM. Interesantno je zapaziti da se protemperiranje parafina u celoj zapremini postiže gotovo jednovremeno, tj. u jako malom vremenskom periodu, a što nije bio slučaj tokom procesa zagrevanja. Razlog ove nesimetričnosti procesa treba tražiti u kontinualnom hlađenju PCM-a vazduhom preko veće razmenjivačke površi.

### ZAKLJUČAK

Radi ravnomernije raspodele temperature u parafinu tokom procesa zagrevanja potrebno je povećati razmenjivačku površ između grejača i parafina. Drugim rečima, nakon urađene numeričke analize procesa razmene toplote biće moguće definisati optimalni raspored razmenjivačkih površi unutar PCM-a. Kao što je bilo i očekivano, pojedine parafinske frakcije topile su se na nižim temperaturama, dok pojedine frakcije topljene su tek na temperaturama koje su bile veće i od 100°C. Dakle, primena parafina kao radnog medijuma u akumulatoru toplote pogodna je za temperaturske opsege između 40 i 120°C, dok se za više temperature preporučuju drugi fazno-promenljivi materijali.

### LITERATURA

- [1] Živković, G., Mirkov, N., Dakić, D., Mladenović, M., Erić, A., Erić, M., Rudonja, N. 2010. Numerical Simulation of Thermo-Fluid Properties and Optimisation of Hot Water Storage Tank in Biomass Heating System. *FME Transactions*. Vol. 38, p.p. 63-70.
- [2] Bejan, A. 2004. *Convection heat transfer*. Third edition. 482-500. John Wiley & Sons, INC.
- [3] Mohammed, F., Amar, K., Siddique, R., Said, A. 2004. A review on phase change energy storage: materials and applications. *Energy Conversion and Management*. Vol. 45, p.p. 1597–1615.
- [4] Ministarstvo Rudarstva i Energetike Republike Srbije. 2008. *Energetski bilans Republike Srbije za 2008 godinu*. [http://www.ssl-link.com/mre/cms/mestoZaUploadFajlove/ENERGETSKI\\_BILANS\\_PLAN\\_ZA\\_2008.pdf](http://www.ssl-link.com/mre/cms/mestoZaUploadFajlove/ENERGETSKI_BILANS_PLAN_ZA_2008.pdf) [datum pristupa: 09.11.2012.]
- [5] Halime, P. 2005. *Thermal Energy Storage for Sustainable Energy*. Springer 257-277.

# EKONOMSKI OPRAVDAN IZNOS ULAGANJA U KUPOVINU UNIVERZALNOG ŽITNOG KOMBAJNA NA PORODIČNIM GAZDINSTVIMA

Saša Todorović<sup>\*1</sup>, Sanjin Ivanović<sup>1</sup>, Todor Marković<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za agroekonomiju, Beograd - Zemun

<sup>2</sup> Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za ekonomiku poljoprivrede i sociologiju sela, Novi Sad

**Sažetak:** U radu se razmatra mogućnost kupovine univerzalnog žitnog kombajna na porodičnim gazdinstvima. U tom cilju korišćeni su metodi analitičke i diferencijalne kalkulacije, kao i dinamičke metode za utvrđivanje ekonomske efektivnosti investicionih ulaganja. Razmatrana problematika je prikazana na modelu porodičnog gazdinstva usmerenog na ratarsku proizvodnju. Podaci za ovo istraživanje prikupljeni su anketiranjem nosioca odabranih porodičnih gazdinstava. Analiza je pokazala pod kojim uslovima je ovakva poslovna odluka ekonomski opravdana i finansijski prihvatljiva.

**Ključne reči:** investicije, porodično gazdinstvo, univerzalni žitni kombajn, ratarska proizvodnja, prinostna vrednost

## ECONOMICALLY JUSTIFIED AMOUNT OF INVESTMENT IN PURCHASE OF HARVESTER AT FAMILY FARMS

Saša Todorović<sup>1</sup>, Sanjin Ivanović<sup>1</sup>, Todor Marković<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Belgrade – Zemun, Republic of Serbia

<sup>2</sup> University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, Novi Sad, Republic of Serbia

**Abstract:** In the paper is analyzed possibility of purchase of harvester at family farms. Therefore, enterprise budgeting and partial budgeting methods were used, as well as discounting methods for evaluation of economical efficiency of investments. The problem has been shown using model of family farms directed to field crop production. The data for this survey were collected by interviewing holders of chosen family farms. The analysis has pointed out under which conditions such business decision is economically justified and financially feasible.

**Key words:** investments, family farm, harvester, field crop production, present value

---

\* Kontakt autor. E-mail: sasat@agrif.bg.ac.rs

Rad je rezultat istraživanja na projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije broj 179028, pod nazivom: „Ruralno tržište rada i ruralna ekonomija Srbije – diverzifikacija dohotka i smanjenje siromaštva“.

## UVOD

Samo poljoprivredna mehanizacija koja osigurava izvođenje tehnoloških operacija u optimalnim rokovima i po kvalitetu koji odgovara zahtevima gajenih useva može obezbediti proizvodnju ekonomične i zdravstveno bezbedne hrane kako za domaće tržište tako i za izvoz. Međutim, dosadašnja istraživanja navode da brojno stanje i struktura poljoprivredne mehanizacije u Srbiji ne odgovara potrebama savremene poljoprivredne proizvodnje i stoga se ne mogu očekivati visoki, stabilni i ekonomski opravdani prinosi u biljnoj proizvodnji. S obzirom na izrazito nepovoljno brojno stanje i strukturu postojeće poljoprivredne mehanizacije, ulaganje u kupovinu poljoprivredne mehanizacije se nameće kao jedna od prioritarnih investicionih mera.

U praksi, kao i u naučnim istraživanjima, javljaju se dosta heterogeni podaci o obimu upotrebe pogonskih mašina po ha. Analizom na konstruisanom modelu porodičnog gazdinstva pokazano je da je obim upotrebe sopstvenih pogonskih mašina, posebno univerzalnog kombajna, za gazdinstva veličina do 115 ha u koje spada i analizirano gazdinstvo (model), manji od raspoloživog [7]. Imajući to u vidu očigledno je da samo ako postoji dovoljna površina za ubiranje useva moguće je troškove upotrebe univerzalnog žitnog kombajna rasporediti tokom korisnog veka njegove upotrebe na troškovno konkurentan način.

Porodična gazdinstva koja se bave isključivo ratarskom proizvodnjom naročito imaju potrebu za ulaganjem u kupovinu poljoprivredne mehanizacije. S obzirom da kupovina poljoprivredne mehanizacije dovodi do značajnih izmena u funkcionisanju samog gazdinstva neophodno je proveriti i ekonomsku opravdanost i finansijsku izvodljivost takve poslovne odluke.

Imajući to u vidu cilj istraživanja prikazanog u ovom radu je da se uradi:

- ekonomska ocena (utvrdi najveći iznos koji je ekonomski opravdano uložiti u nabavku univerzalnog žitnog kombajna, odnosno utvrđivanje njegove prinodne vrednosti, kao i ostalih pokazatelja ekonomske efektivnosti ove investicije) i
- finansijska ocena kupovine univerzalnog žitnog kombajna (analiza likvidnosti posmatrane investicije).

## MATERIJAL I METODE RADA

Razmatranje mogućnosti kupovine univerzalnog žitnog kombajna prikazano je na modelu porodičnog gazdinstva usmerenog isključivo na ratarsku proizvodnju. Podaci za ovo istraživanje prikupljeni su anketiranjem nosioca odabranih porodičnih gazdinstava sa teritorije Sremskog upravnog okruga tokom 2011. i 2012. godine. Pri formiranju modela gazdinstva pošlo se od sledećih pretpostavki:

- gazdinstvo se nalazi u ravničarskom području;
- raspolaže sa 75 ha oranične površine ujednačenog kvaliteta i optimalne veličine parcela;
- bavi se intenzivnom ratarskom proizvodnjom;
- na gazdinstvu su stalno angažovana 2 člana porodice;
- oranična površina isključivo se koristi za proizvodnju žita (kukuruz i ozima pšenica) i industrijskog bilja (suncokret i soja);
- čitava ratarska proizvodnja je tržišno orijentisana, odnosno ne postoji ni jedan vid interne realizacije dobijenih ratarskih proizvoda;
- gazdinstvo raspolaže (opremljeno je) neophodnom mehanizacijom (osim univerzalnog žitnog kombajna) za realizaciju projektovane tehnologije proizvodnje (traktor 10 kN, traktor 20 kN i sve potrebne priključne mašine).

Kao osnova za utvrđivanje ekonomskih koristi od ovakvog vida ulaganja poslužili su visina vrednosti proizvodnje, visina varijabilnih troškova (po pojedinim kulturama i ukupno za čitavo gazdinstvo), kao i ukupan iznos fiksnih troškova za čitavo gazdinstvo. Na bazi ovih elementa utvrđeni su pokazatelji ekonomskih efekata poslovanja ratarskog gazdinstva, a to su marža pokrića gazdinstva (kao razlika između vrednosti proizvodnje i ukupnih varijabilnih troškova) i profit koji se ostvaruje na gazdinstvu (kao razlika između vrednosti proizvodnje i zbira ukupnih fiksnih i varijabilnih troškova). Da bi se utvrdila prinosa vrednost univerzalnog žitnog kombajna (kao i ostali dinamički pokazatelji ekonomske efektivnosti investicija), diferencijalnom kalkulacijom su obuhvaćene promene u vrednosti proizvodnje i troškovima proizvodnje, koje nastaju kupovinom univerzalnog žitnog kombajna na gazdinstvu.

Veoma važnu ulogu u ekonomskoj i finansijskoj oceni investicionog ulaganja u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna ima setvena struktura na gazdinstvu kao i troškovi ubiranja useva (Tabela 1).

U modelu je pretpostavljeno da u setvenoj strukturi dominira merkantilni kukuruz, druga po važnosti je pšenica, a zatim dolazi industrijsko bilje (odnosno suncokret i soja, koji u strukturi setve učestvuju sa po 10%). Ovakva setvena struktura bazirana je na realnoj setvenoj strukturi koja postoji na ratarskim porodičnim gazdinstvima u Sremskom upravnom okrugu i usaglašena je sa zahtevima plodoreda i ograničenjima vezanim za korišćenje isključivo sopstvene radne snage.

Tabela 1. Struktura setve na gazdinstvu  
*Table 1. Sowing structure on the farm*

Usev <i>Crop</i>	Površina <i>Area</i> (ha)	Struktura <i>Structure</i> (%)
Kukuruz <i>Maize</i>	37,5	50,0%
Pšenica <i>Wheat</i>	22,5	30,0%
Suncokret <i>Sunflower</i>	7,5	10,0%
Soja <i>Soybean</i>	7,5	10,0%
Ukupno <i>Total</i>	75,0	100,0%

Izvor: Obračun autora  
*Source: Authors' calculation*

U vezi sa razmatranjem mogućnosti za investiranje u univerzalni žitni kombajn važno je da su u setvenoj strukturi zastupljeni isključivo usevi koji se ubiraju univerzalnim žitnim kombajnom. S obzirom da gazdinstvo (model) po početnoj pretpostavci ne raspolaže univerzalnim žitnim kombajnom - ubiranje useva se plaća (usluga sa strane). To je veoma važno imati u vidu prilikom razmatranja mogućnosti za investiranje u univerzalni žitni kombajn, tako da su troškovi usluga kombajna za različite kulture (kao i u ukupnom iznosu) važan element u procesu odlučivanja o nabavci univerzalnog kombajna (Tabela 2).

Ocena investicionog ulaganja u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna u ovom istraživanju oslanja se na dinamičke metode za utvrđivanje ekonomske efektivnosti investicionog ulaganja [1] [2] [3] [5]. Pokazatelji generisani primenjenim dinamičkim metodskim postupkom uključuju:

- neto sadašnju vrednost (NPV),
- internu stopu povraćaja (IRR) i
- prinostnu vrednost (PV).

Tabela 2. Troškovi ubiranja useva (usluga sa strane) na gazdinstvu pre kupovine univerzalnog žitnog kombajna

Table 2. Harvesting costs on the farm before purchasing of harvester

Usev <i>Crop</i>	Troškovi ubiranja <i>Harvesting costs</i> (RSD)	Struktura <i>Structure</i> (%)
Kukuruz <i>Maize</i>	412.500,0	50,7%
Pšenica <i>Wheat</i>	236,250,0	29,0%
Suncokret <i>Sunflower</i>	82.500,0	10,1%
Soja <i>Soybean</i>	82.500,0	10,1%
Ukupno <i>Total</i>	813.750,0	100,0%

Izvor: Obračun autora  
Source: Authors' calculation

Neto sadašnja vrednost se izračunava prema sledećoj formuli:

$$NPV = \sum_{k=1}^n r_k (1+i)^{-k} + B(1+i)^{-n} - A_0 \quad (1)$$

gde je:

- $NPV$  - neto sadašnja vrednost investicije,
- $r_k$  - niz očekivanih čistih godišnjih koristi od investicije,
- $B$  - novčana primanja u momentu likvidacije investicije,
- $A_0$  - novčana izdavanja učinjena za pribavljanje investicije,
- $I$  - kalkulativna kamatna stopa izražena decimalnim brojem  $i$
- $N$  - broj godina korišćenja investicije.

Interna stopa povraćaja se izračunava prema sledećoj formuli:

$$-A_0 + \sum_{k=1}^n r_k (1+i)^{-k} + B(1+i)^{-n} = 0 \quad (2)$$

gde je:

- $i$  - interna stopa povraćaja izražena decimalnim brojem,
- dok ostali simboli imaju isto značenje kao u prethodnoj formuli.

Prinosna vrednost se izračunava prema sledećoj formuli:

$$CV = \sum_{k=1}^n r_k (1+i)^{-k} + B(1+i)^{-n} \quad (3)$$

gde je:

- $CV$  - prinosna vrednost investicije,
- dok ostali simboli imaju isto značenje kao u prethodnim formulama.

Prinosna vrednost pokazuje najveći ekonomski opravdani iznos ulaganja u neko osnovno sredstvo [6] i u nauci je često korišćena metoda, ali se u praksi znatno manje upotrebljava. Prinosna vrednost univerzalnog žitnog kombajna se poredi s investicionim ulaganjima potrebnim za njegovo pribavljanje. Nabavka kombajna je ekonomski opravdana, ukoliko je prinosna vrednost veća ili jednaka njegovoj tržišnoj ceni.

Cena univerzalnog žitnog kombajna koja je poslužila kao polazna osnova za sprovođenje ove analize predstavlja prosečnu cenu po kojoj se na tržištu može kupiti polovan

univerzalni žitni kombajn sa odgovarajućim priključcima (adapterima) za ubiranje kukuruza, pšenice, suncokreta i soje. Imajući u vidu relativno dug period korišćenja investicije (10 godina), a radi dobijanja što potpunije slike o ekonomskoj efektivnosti i finansijskoj prihvatljivosti ulaganja, bilo je neophodno u obračun uključiti predviđenu godišnju stopu rasta dodatnih koristi koje su posledica kupovine univerzalnog žitnog kombajna (godišnja stopa rasta gotovinskog toka). Osim toga, vrednost univerzalnog žitnog kombajna na kraju investicionog perioda uključena je u analizu da bi se na što potpuniji način sagledao finansijski povraćaj na investiciona ulaganja u toku perioda korišćenja investicije (Tabela 3).

Tabela 3. Polazne pretpostavke za ekonomsku i finansijsku ocenu kupovine kombajna  
*Table 3. Key assumptions for examining economic efficiency and financial feasibility of investment in harvester*

Podaci o investiciji: <i>Investment information:</i>	
Cena univerzalnog žitnog kombajna (RSD) <i>Price of harvester (RSD)</i>	2.000.000,0
Godišnja stopa rasta gotovinskog toka (%) <i>Annual cash flow growth rate (%)</i>	1,0
Vrednost univerzalnog žitnog kombajna na kraju investicionog perioda (RSD) <i>Value of harvester at the end of the investment period (RSD)</i>	500.000,0
Uslovi finansiranja investicije: <i>Financing information:</i>	
Sopstveno učešće u finansiranju investicionog ulaganja (%) <i>Share of equity (%)</i>	25,0
Granična očekivanja poljoprivrednog proizvođača (%) <i>Marginal expectations of agricultural producer (%)</i>	4,0
Učešće kredita (%) <i>Share of loan (%)</i>	75,0
Godišnja kamatna stopa na pozajmljena sredstva (kredit) (%) <i>Annual interest rate on loan (%)</i>	8,0
Rok otplate kredita (godina) <i>Length of loan (years)</i>	5,0
Kalkulativna kamatna stopa (diskontna stopa) (%) <i>Discount rate (%)</i>	7,0

*Izvor:* Obavljeni intervjui sa odabranim nosiocima porodičnih gazdinstava sa teritorije Sremskog upravnog okruga tokom 2011. i 2012. godine.

*Source:* Conducted interviews with selected holders of family farms in the territory of Srem administrative district in 2011 and 2012.

Kada su uslovi finansiranja investicije u pitanju, pošlo se od pretpostavke da se ulaganja ne finansiraju u potpunosti sopstvenim sredstvima, s obzirom da je utvrđeno da je mešoviti slučaj finansiranja investicionih ulaganja često zastupljen u praksi. Dakle, polazi se od pretpostavke da se investicija realizuje ulaganjem delom sopstvenog kapitala poljoprivrednog proizvođača (pretpostavlja se da 25% potrebnih investicionih ulaganja čine sopstvena sredstva poljoprivrednog proizvođača), a delom ulaganjem pozajmljenog kapitala (pretpostavlja se da poljoprivredni proizvođač preostalih 75% potrebnih investicionih ulaganja pribavlja putem kredita uz kamatnu stopu od 8% godišnje i rok otplate od 5 godina).

Pitanje određivanja kalkulativne kamatne stope prilikom procene ekonomske efektivnosti investicija predstavlja problem o kome se često raspravljalo i izražavala suprotna mišljenja u teoriji investiranja [4] [8]. U radu je kao diskontna stopa korišćena ponderisana kamatna stopa, koja je utvrđena na osnovu strukture izvora finansiranja i visine odgovarajućih kamatnih stopa.



## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

S obzirom na promenu u funkcionisanju porodičnog gazdinstva, zbog kupovine univerzalnog žitnog kombajna, neophodno je sagledati i uporediti rezultate poslovanja porodičnog gazdinstva izražene pre i nakon kupovine polovnog univerzalnog žitnog kombajna kako bi se ustanovilo do kojih promena je došlo i kako bi se izvršilo njihovo kvantifikovanje (Tabela 4).

Tabela 4. Rezultati poslovanja porodičnog gazdinstva pre i nakon kupovine univerzalnog žitnog kombajna

*Table 4. Results of family farms before and after the purchase of harvester*

Pokazatelji <i>Indicators</i>	Pre kupovine kombajna <i>Before purchase of harvester</i>	Nakon kupovine kombajna <i>After the purchase of harvester</i>	Promena <i>Change</i>	
			RSD	%
Varijabilni troškovi <i>Variable costs (RSD)</i>	5.907.045,93	5.515.876,72	-391.169,21	-6,62%
Fiksni troškovi <i>Fixed costs (RSD)</i>	1.794.196,50	1.943.973,30	149.776,80	8,35%
Ukupni troškovi <i>Total costs (RSD)</i>	7.701.242,43	7.459.850,02	-241.392,41	-3,13%
Marža pokrića <i>Gross margine (RSD)</i>	5.677.454,07	6.068.623,28	391.169,21	6,89%
Profit <i>Profit (RSD)</i>	3.883.257,57	4.124.649,98	241.392,41	6,22%

Izvor: Obračun autora

*Source: Authors` calculation*

Sprovedeno istraživanje pokazuje da se rezultati poslovanja gazdinstva (marža pokrića i profit) razlikuju pre kupovine univerzalnog žitnog kombajna i nakon kupovine univerzalnog žitnog kombajna. Evidentna je pozitivna promena rezultata poslovanja gazdinstva nakon kupovine univerzalnog žitnog kombajna, koja se ogleda u rastu marže pokrića za 6,89% i profita gazdinstva za 6,22%. To govori o povoljnom uticaju kupovine univerzalnog žitnog kombajna na poslovne rezultate gazdinstva. Međutim, postavlja se pitanje da li će ovo povećanje poslovnih rezultata biti dovoljno da opravda planiranu investiciju. Ovde dolazimo do pitanja ekonomske efektivnosti ulaganja u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna i njegove finansijske izvodljivosti.

S obzirom da je neophodno da se kupovinom univerzalnog žitnog kombajna ostvaruju prihodi kojima će biti moguće podmiriti sve odgovarajuće troškove kao i vratiti investiciono ulaganje potrebno je proučiti tok novca odnosno prilive i odlive novca tokom perioda trajanja investicionog projekta. Ekonomska efektivnost investicionog projekta pri deseto-godišnjem periodu korišćenja investicije (Tabela 5) može se utvrditi na osnovu prethodno pomenutih dinamičkih pokazatelja za ocenu investicija.

Tabela 5. Ekonomska ocena kupovine univerzalnog žitnog kombajna  
 Table 5. Economic evaluation of the purchase of harvester

Godina Year	Gotovinski tok Cash flow	Početna ulaganja Initial investment	Krajnja vrednost kombajna Salvage value of harvester	Neto gotovinski tok Net cash flow	Diskontni faktor Discount factor	Diskontovani neto gotovinski tok Discounted net cash flow
-	(RSD)	(RSD)	(RSD)	(RSD)	-	(RSD)
0		-2.000.000,0		-2.000.000,0	1	-2.000.000,0
1	376.000,0			376.000,0	0,934579439	351.401,9
2	379.760,0			379.760,0	0,873438728	331.697,1
3	383.557,6			383.557,6	0,816297877	313.097,3
4	387.393,2			387.393,2	0,762895212	295.540,4
5	391.267,1			391.267,1	0,712986179	278.968,0
6	395.179,8			395.179,8	0,666342224	263.325,0
7	399.131,6			399.131,6	0,622749742	248.559,1
8	403.122,9			403.122,9	0,582009105	234.621,2
9	407.154,1			407.154,1	0,543933743	221.464,9
10	411.225,7		500.000,0	911.225,7	0,508349292	463.220,9
Neto sadašnja vrednost (NPV)						1.001.895,7
Interni stopa povraćaja (IRR)						15,91%
Prinosna vrednost (PV)						3.001.895,7

Izvor: Obračun autora  
 Source: Authors` calculation

Pozitivna neto sadašnja vrednost u iznosu od 1.001.895,7 RSD pokazuje da je kupovina univerzalnog žitnog kombajna po ceni od 2.000.000,0 RSD pri kalkulatívnoj kamatnoj stopi od 7% ekonomski opravdana u desetogodišnjem vremenskom periodu. To pokazuje i ostvarena stopa efektivnog ukamaćenja finansijskih sredstava uloženih u investiciju od 15,91% koja je viša od kalkulatívne kamatne stope koja iznosi 7%. Imajući to u vidu, najveći iznos investicionih ulaganja koji bi smeo da bude uložen u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna, a da takva investicija pri datoj kalkulatívnoj kamatnoj stopi i planiranom periodu korišćenja bude ekonomski opravdana iznosi 3.001.895,7 RSD.

Takođe, s obzirom da se investicija delimično finansira kreditom, tokom perioda otplate kredita mora se osigurati dovoljno novca za podmirenje kreditnih obaveza (anuiteta). S tim u vezi neophodno je uraditi finansijsku izvodljivost investicionog projekta pri petogodišnjem periodu otplate kredita (Tabela 6).

Tabela 6. Finansijska ocena kupovine kombajna (petogodišnji period otplate kredita)  
 Table 6. Financial evaluation of the purchase of harvester (five-year length of loan)

Godina Year	Neto gotovinski tok Net cash flow	Anuitet Annual payment	Ostatak duga Outstanding balance	Kamatna Interest	Glavnica Principal payment	Finansijska korist Financial benefits
	(RSD)	(RSD)	(RSD)	(RSD)	(RSD)	(RSD)
0					1.500.000,0	
1	376.000,0	375.684,7	1.500.000,0	120.000,0	255.684,7	315,3
2	379.760,0	375.684,7	1.244.315,3	99.545,2	276.139,5	4.075,3
3	383.557,6	375.684,7	968.175,9	77.454,1	298.230,6	7.872,9
4	387.393,2	375.684,7	669.945,2	53.595,6	322.089,1	11.708,5
5	391.267,1	375.684,7	347.856,2	27.828,5	347.856,2	15.582,4

Izvor: Obračun autora  
 Source: Authors` calculation

Pozitivna finansijska korist u godinama otplate kredita pokazuje da je kupovina univerzalnog žitnog kombajna po ceni od 2.000.000,0 RSD pri datim uslovima finansiranja finansijski prihvatljiva (investicija je likvidna). Međutim, finansijske koristi su u prvim godinama korišćenja kombajna veoma niske (posebno u prvoj godini). To znači da u prvim godinama otplate kredita veoma mali rast anuiteta može dovesti do negativne finansijske koristi. Navedeni rizik može se smanjiti na različite načine, a najčešće rastućim periodom otplate kredita. Time se godišnji iznosi anuiteta smanjuju, što olakšava podnošenje kredita sa gledišta likvidnosti, dok sa druge strane troškovi kapitala u formi obaveze za kamatu na kredit u ukupnom iznosu rastu.

## ZAKLJUČAK

U radu je ukazano na potrebu modernizovanja poljoprivredne mehanizacije na porodičnim gazdinstvima. Analiza ekonomske efektivnosti i finansijske izvodljivosti investicionog ulaganja u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna pokazuje specifičnosti ovog ulaganja. Uz obezbeđenje određenih preduslova, ulaganje u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna može da pokaže visok stepen ekonomske efektivnosti. Rezultati istraživanja pokazali su da je kupovina univerzalnog žitnog kombajna po ceni od 2.000.000,0 RSD pri kalkulatívnoj kamatnoj stopi od 7% ekonomski opravdana u desetogodišnjem vremenskom periodu (neto sadašnja vrednost je pozitivna, stopa efektivnog ukamaćenja finansijskih sredstava uloženi u investiciju je viša od kalkulatívne kamatne stope, a najveći iznos investicionih ulaganja koji bi smeo da bude uložen u kupovinu univerzalnog žitnog kombajna iznosi 3.001.895,7 RSD i veći je od potrebnih investicionih ulaganja).

Kupovina univerzalnog žitnog kombajna po ceni od 2.000.000,0 RSD pri datim uslovima finansiranja finansijski je prihvatljiva (investicija je likvidna) s obzirom na pozitivnu finansijsku korist u godinama otplate kredita.

## LITERATURA

- [1] Andrić, J., Vasiljević, Z., Sredojević, Z. 2005. *Investicije - osnove planiranja i analize*. Beograd. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu.
- [2] Brigham, E.F., Ehrhardt, M.C. 2008. *Financial management: theory and practice*. Thomson South-Western.
- [3] Fabozzi, F.J., Peterson, P.P. 2003. *Financial management and analysis* (Second ed.): John Wiley & Sons Inc.
- [4] Gogić, P. 2002. Specifičnosti formiranja novčanih tokova za ocjenu investicija u poljoprivredi. *Ekonomika poljoprivrede*, 49(3-4): 137-150.
- [5] Herbst, A.F. 2002. *Capital asset investment: strategy, tactics and tools*. New York: John Wiley & Sons, Ltd.
- [6] Krištof M. 1977. *Kalkulacije u poljoprivredi*. Beograd. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu.
- [7] Munčan, M., Todorović, S., Ivkov, I. 2008. Model porodičnog gazdinstva kao osnova za eksperimentisanje u agroekonomskim istraživanjima. Objavljeno u: *Agroekonomska nauka i struka u tranziciji obrazovanja i agroprivrede*, Jelić S., Rajić Z. (ed.), pp. 211-221. Beograd, Srbija: Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu.
- [8] Vasiljević, Z. 1995. *Metode ocene ekonomske efektivnosti investicija i njihov uticaj na donošenje investicionih odluka u poljoprivrednoj proizvodnji*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.

# RAZVOJ NOVIH TIPOVA KOČIONIH KOMANDNIH VENTILA ZA TRAKTORSKE PRIKOLICE

Tomić Radoljub<sup>1</sup>, Petrović Predrag<sup>2\*</sup>, Petrović Marija<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultet za strategiju i operativni menadžment Beograd, Srbija

<sup>2</sup>Institut Kirilo Savić- Beograd, Srbija

**Sažetak:** Na osnovu sagledavanja tehničko-tehnoloških trendova i prisustva proizvoda nove generacije na svetskom tržištu, postavljene su polazne osnove u vezi razmatranja ulaska domaćih isporučilaca u program traktorskih prikolica i traktorskih jedno-, dvo- i trovodnim instalacijama, sa posebnim osvrtom na razvoj, osvajanje, proizvodnju i plasman familije komandnih ventila za pritiske od 10-120 bar. U okviru razvoja kočionih komandnih ventila, vršena su sopstvena teorijska i eksperimentalna istraživanja funkcionalne zavisnosti izlaznog pneumatskog pritiska od hidrauličkog komandnog ulaznog pritiska. Bazna verzija je izvedena za komandovanje koje se vrši dvovodnom kočnom instalacijom prikolice vučene traktorom ili drugim tegljačem koji može da se kreće, ne samo po njivama i oranicama, već i u instalacijama putne i građevinske mehanizacije.

Za ustanovljena pogodna rešenja, definisana je sastavnica sistema na bazi koje se dalje mogu vršiti analize količina materijala, potrebnih alata (standardnih i specijalnih) i sagledavanja odgovarajućeg rada na nivou razvoja, pripreme proizvodnje i same proizvodnje, sve u skladu sa mogućim veličinama rentabilnih serija, odnosno broja komada koje bi tržište realno moglo absorbovati, a proizvođač da ostvari profit.

Pored tehničkih karakteristika, u radu je dat skraćeni prikaz analize praga rentabilnosti ispod kojeg bi preduzeće neracionalno poslovalo.

**Ključne reči:** traktor, razvoj, kočioni ventil, prikolica, proizvodnja, kvalitet

## DEVELOPMENT OF NEW TYPES OF COMMAND BRAKE VALVES TRACTOR TRAILERS

Tomić Radoljub<sup>1</sup>, Petrović Predrag<sup>2</sup>, Petrović Marija<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty for Strategic and Operatig Management at Belgrade, Serbia

<sup>2</sup>Institute Kirilo Savić- Belgrade

**Abstract:** Based on consideration of technical and technological trends and the presence of a new generation of products on the world market are set baselines about considering entering the program of domestic suppliers of tractor trailers and tractor one-, two- and threeconductive installations, with special reference to development, conquering, manufacturing and family placement command valve for pressures of 10-120 bar. In the

---

\*Petrović Predrag, Institut Kirilo Savić, Vojvode Stepe 51, 10010 Beograd, e-mail:mpm@eunet.rs

\*Projekat finansiran od strane MPN Srbije „Razvoj i primena metoda i laboratorijske opreme za ocenjivanje usaglašenosti tehničkih proizvoda“, 2011-2014., ev.br.35031.

development of brake valve command, were carried out its own theoretical and experimental studies of the functional dependence of the output pneumatic pressure of the hydraulic pressure command input. The base version is derived for the command that is done installing gabled brake tractor-drawn trailers or other tractor that can move, not only by fields and fields, but also in the installation of road and construction machinery. The base version is derived for the command that is done installing gabled brake tractor-drawn trailers or other tractor that can move, not only by fields and fields, but also in the installation of road and construction machinery.

To set up suitable solutions, defined as a component-based systems that can perform analysis on the amount of materials, necessary tools (standard and special) and observing the appropriate level of work on the development, production preparation and production itself, all in accordance with a possible cost-effective series of sizes, or number of pieces that make the market really could absorb, and the manufacturer to make a profit.

In addition to technical characteristics, the paper gives a summary view of cost-effectiveness analysis of the threshold below which the company operated irrational.

**Keywords:** *Tractor, Development, Manufacture, Brake valve, Trailer, Quality,*

## UVOD

Na osnovu sagledavanja tehničko-tehnoloških trendova i prisustva proizvoda nove generacije na svetskom tržištu, postavljene su polazne osnove u vezi razmatranja ulaska domaćih isporučilaca u program instalacija traktorskih prikolica, sa posebnim osvrtom na razvoj, osvajanje, proizvodnju i plasman familije komandnih ventila za pritiske od 10-120 bara, u skladu sa tehničkim zahtevima. Inače, predmetne familije komandnih ventila mogu se jednoznačno vezati za traktorske prikolice na jednovodnim, dvovodnim i trovodnim traktorskim instalacijama. [1].

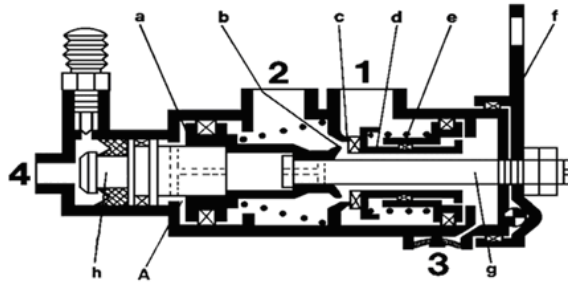
Potrebe su evidentne a raspoloživih pogodnih kapaciteta domaća industrija za razvoj ovih uređaja ima u dovoljnoj meri da se može organizovati proizvodnja komandnih ventila visokih performansi, kvaliteta i pouzdanosti, uz visok nivo ponovljivosti kvaliteta isporuka. Priznati proizvođači i isporučiooci kočionih ventila za vozila i prikolice u svetu, su u prvom redu Bosch, Grau, Henschel, Wabco, Atte, Girling i Haldex, prema izvorima [4-8]. U radu je samo delimično zastupljena dokumentaciona osnova jednog tipa ventila (470 015 MOD X), s obzirom da su mogućnosti definisanja i realizacije domaćih proizvođača u preko 200 različitih komandnih ventila traktorskih prikolica. Ova grupa ventila se sa uspehom može koristiti i u instalacijama putne i građevinske mehanizacije.

## MATERIJAL I METODE RADA

Radi racionalnijeg vođenja predmetnih razmatranja, u ovom radu, posebno je apostrofirano samo komandni ventil prikolice 470 015 MOD X, koji je prikazan na slici 1, u skladu sa dokumentacijom navedenoj u literature. [7].

**Svrha (namenata):** Komandovanje (upravljanje) dvovodnom kočnom instalacijom prikolice vučene traktorom ili drugim tegljačem koji može da se kreće po njivama i drugim podlogama. Komadni cilindar je pneumo-hidraulički sa servo dejstvom.

**Način dejstva:** U skladu sa konfiguracijom uređaja datom na slici 1.



Slika 1. Šematski prikaz komandnog ventila  
 Figure 1. Show view of the valve command

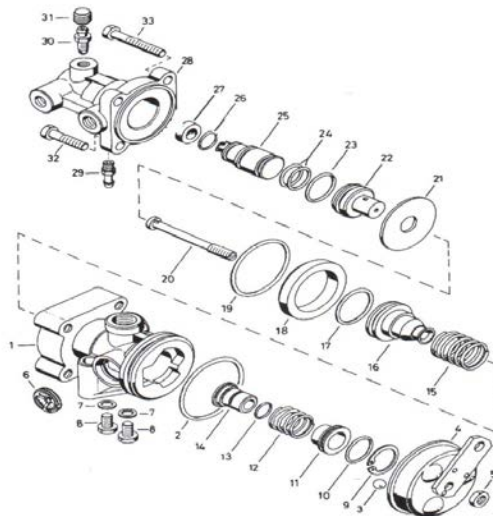
Konstruktivno rešenje tipičnog ventila je prikazano na slici 1, a struktura ovog uređaja je prikazana na slici 2, iz koje se jasno može identifikovati funkcija ventila. Ovakva konstrukcija ventila omogućuje da se traktor koči hidrauličkim, a prikolica vazdušnim delom instalacije.

Poluga (f), omogućava rad vazdušnih kočnica prikolice nezavisno, kada nema hidrauličkog inputa od strane glavnog servo kočnog ventila traktora. Aktiviranjem ručne kočnice traktora, tada se u isto vreme aktiviraju vazdušne kočnice prikolice, što daje vozaču punu kontrolu nad vozilom.

Treba imati na umu da ova metoda kočenja ne zamenjuje konvencionalne kočnice za parkiranje prikolice. Kada se prikolica ne koristi u vožnji, ona mora biti osigurana nezavisnom mehaničkom kočnicom za parkiranje.

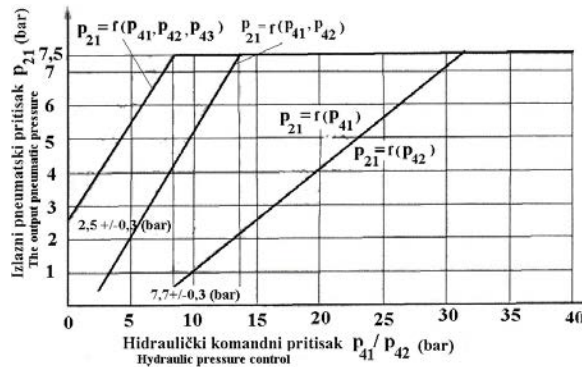
**Održavanje:** U osnovi se radi o standardnom održavanju hidro-pneumatskih uređaja bez posebnih zahteva. Treba koristiti tečnost isključivo za kočenje ili mineralno ulje.

**Preporuka za ugradnju:** Za priključivanje služe dva od četiri produžna vijka kućišta koja se spajaju. Ventil za rasterećenje (ozračivanje) za hidraulički deo mora biti nagore okrenut i lako pristupačan. Poluga ručne kočnice je povezana sa postojećom ručnom kočnom polugom traktora. Komponente komandnog ventila date su na slici 2.[1]



Slika 2. Spoljašnji izgled i prikaz sastavnih delova ventila [1]  
 Figure 2. The exterior view of component parts and valves

Na bazi sopstvenih rezultata (teorijskih i eksperimentalnih) definisane su funkcionalne zavisnosti pritiska  $P_p(P_h)$ , između hidrauličkog komandnog pritiska kao ulaza i pneumatskog pritiska kao izlaza, kao što je prikazano na slici 3.

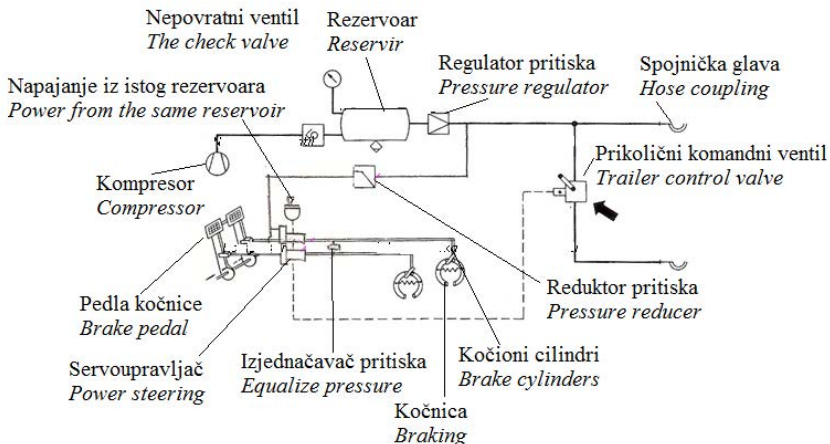


Slika 3. Prikaz zavisnosti pritiska od uslova ispitivanja  
 Figure 3. Display depending on the conditions of pressure tests

Tehničke karakteristike ventila:

1. Radni fluid: pneumatski deo- vazduh; hidraulični deo- mineralno ulje.
2. Radni pritisak: pneumatski deo- 7,5-10 bar; hidraulični deo- max 50 bar.
3. Radna zapremina hidrauličnog dela: 1,0/0,8 cm<sup>3</sup> :
4. Radni hod: 4 mm.
5. Temperaturni opseg: 233-353 K.
6. Napomena: kod ugradnje hidraulični odušak ide na gore.

Izgled jedne varijante izvođenja pneumo-hidraulička kočne instalacije za poljoprivredne traktore sa prikoličnim komandnim ventilom-PKV dat je na slici 4.



Slika 4. Šematski prikaz pneumatsko-hidraulične kočione instalacije traktora. [8]  
 Figure 4. Show view pneumatic-hydraulic brake system of tractors.

Postoji više modela koji se mogu razmotriti. Na primer, kada se aktivira papučica kočnice traktora primenjuje se specijalni kontrolni mehanizam (mehanički ili hidraulični). Radi kontrole kočnica-kočenja aktivira se odgovarajući razvodni ventil koji tada automatski preusmerava ulje iz dovodne grane (instalacija sa pumpom) i šalje ga na prikolične

točkove, kada kočioni cilindri počinju kontrolisano da funkcionišu. Kočnica prikolica samim tim ima istovremeno kočenje sa kočenjem traktora, pa je otuda i identičan odziv kod kočenja traktora i prikolice. Na istom nivou ponašanja je i progresivno kočenje traktora. [10] [11]

Kočioni sistem obezbeđuje opštu kontrolu ventila, i ne podržava samo neposredno kočenje. Opcionalno kočenje prikolice "Fail-Safe" (propust ili neizvršenje-siguran ili bezbedan), izvodi se pomoću uređaja koji se može montirati-uključiti u sistem tako da obezbedi brzo-iznenadno kočenje u slučaju da je prikolica slučajno nepričvršćena.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Za ustanovljena pogodna rešenja iz prethodnih tačaka, jasno se mogu definisati komponente uređaja (slika 2), kao i komponente odgovarajućeg sistema (slika 4), na bazi kojih bi se mogla vršiti analiza količina materijala, potrebnih alata (standardnih i specijalnih) i odgovarajućeg rada na nivou razvoja, pripreme proizvodnje i same proizvodnje. Sve te aktivnosti bi bile u skladu sa mogućim analizama rentabilnosti serija, odnosno broja komada, koje bi tržište realno moglo absorbovati a proizvođač ostvario profit. Potrebno je ustanoviti racionalnu integraciju proizvoda od komponenata koje se rentabilno mogu proizvoditi u vlastitim pogonima i onih koje treba nabaviti sa tržišta od pouzdanih dobavljača.

Procentualna zastupljenost hidraulike i pneumatike u ovde razmatranom komandnom ventilu, mogla bi se aproksimativno iskazati kao: pneumatska substruktura - 62% i hidraulička substruktura - 38%, u skladu sa [1, 4-9].

Da bi se dobio proizvod željenih karakteristika potrebno je, uz dobar dizajn, izabrati kvalitetan materijal i komponente, izraditi sastavne delove u potpunosti prema definiciji proizvoda i izvršiti kvalitetnu integraciju uređaja i sistema. Potrebno je izabrati adekvatan materijal za izradu komponenti i izabrati visoko pouzdane specijalne alate (proizvodno-kontrolne i montažne), kao i potrebnu logističku opremu.

Sve što treba uraditi po pitanju ispitivanja i verifikacije proizvoda mora da sadrži detaljan program istraživanja, ispitivanja i verifikacije uređaja, na probnom stolu i u eksploataciji sa opcionalnim sistemima. [1],[8]

Na osnovu sprovedene analize ustanovljeno je da bi se predmetni uređaj, za potrebe plasmana u količinama (K), mogao razviti i proizvoditi sa stabilnim kvalitetom i visokim nivoom ponovljivosti, ako bi došlo do investicionih ulaganja ( $T_0$ ), najpre u razvoj i osvajanje proizvodnje, realizacije dizajna, projektne, tehničke i tehnološke dokumentacije, programe istraživanja i ispitivanja uređaja u opcionalnim sistemima, materijal, komponente i proizvodnju uređaja, definiciju, materijal i izradu specijalnih alata i logističke opreme, ispitivanje i verifikaciju proizvoda.

Ako bi minimalno moguća proizvodna cena po komadu bila ( $C_k$ ), a prodajna cena ( $C_p$ ), onda bi se rentabilnost izrazila jednačinom:

$$K C_p = T_0 + K C_k, \text{ ili} \\ K = T_0 / (C_p - C_k) \quad (1)$$

Dolazi se do sledećih pokazatelja:

- minimalno rentabilna količina uređaja za zadate parametre  $T_0$ ,  $C_k$  i  $C_p$ , bila bi ( $K_k$ ) komada.

- imajući u vidu da bi se na početku proizvodnje I-faze, događale nepredviđene situacije koje nije moguće identifikovati u fazi razvoja, u vidu škarta, skrivenih mana proizvoda, nekih od najrazličitijih uzroka (za koje se najpre mislilo da predstavljaju uticaj nižega reda na opšti kvalitet proizvoda), te konačno pozitivnog efekta u vezi uhdavanja



realizacije proizvoda nakon otklanjanja početnih nedostataka, moguće je odrediti u području rentabilnosti tj. minimalno rentabilnu količinu, kroz izradu II-faze.

- u narednoj-završnoj fazi životnog ciklusa proizvoda III-faze, evidentno je da se mora ići sa novim ulaganjima (inoviranje postojećeg proizvoda u cilju razvoja serijskog uređaja), da bi se stalno održavao i podizao nivo konkurentnosti proizvoda pod uslovima koje diktiraju proizvodi nove generacije koji se pojavljuju na tržištu. Na taj način se dolazi do pokazatelja, napr. da će u jednom momentu ukupni troškovi proizvodnje ( $T^*=T_0+T$ ) biti veći od prihoda-profita (P), pa će dalja proizvodnja biti nerentabilna, što navodi na postavku novog uređaja ili starog sa bitnim poboljšanjem performansi.

Zbog toga, stepen iskorištenja kapaciteta ispod kojeg preduzeće ne sme poslovati jer posluje sa gubitkom, mora se definisati pragom rentabilnosti. Prag rentabilnost nalazi se na onom nivou iskorišćenja kapaciteta gde je ukupni prihod (P) jednak ukupnim troškovima (T) preduzeća.

Dakle, tek pri proizvodnji više od ( $K_k$ ) uređaja, preduzeće počinje ostvarivati dobitak, do tada posluje sa gubitkom. Stepem iskorišćenja kapaciteta preduzeća pri tome određuje se posredstvom formule:

$$\eta \bar{K} \max = \frac{K}{K_{\max}} \cdot 100 \leq 100\% \quad (2)$$

gde je  $K_{\max}$ -maksimalna količina mogućih proizvoda koji se mogu proizvesti na konkretnim angažovanim kapacitetima, odnosno uz ekvivalentna angažovana sredstva.

Preduzeće, slične proizvodne orijentacije, prema procenama, postiže prag rentabilnog poslovanja praktično već sa 35-50% iskorišćenosti kapaciteta. [8]

Mere za povećanje rentabilnosti na koje se deluje u prvom koraku mogu biti:

-povećanje dohotka preduzeća-smanjenjem troškova reprodukcije ili povećanjem prodajne cene uređaja na tržištu;

-obim angažovanih sredstava-brzina obrta obrtnih sredstava, stepen iskorišćenja kapaciteta;

-istovremeno povećanje dohotka i smanjenje angažovanih sredstava.

U predmetnom smislu, i u ovom slučaju vodiće se računa o svim iznetim relevantnim aspektima proizvodnje, plasmana i ukupnog poslovanja firme sa aspekta egzistencije predmetnog programa, kako bi se ostvarili što bolji poslovni rezultati, a korisnici dobijali u kontinuitetu pouzdan proizvod visokog kvaliteta, u što dužem vremenskom periodu.

## ZAKLJUČAK

Na osnovu sagledavanja tehničko-tehnoloških trendova i prisustva proizvoda nove generacije na svetskom tržištu, moraju se postaviti polazne osnove u vezi razmatranja ulaska domaćih isporučilaca u program traktorskih prikolica i traktorskih instalacija sa posebnim osvrtno na razvoj, osvajanje, proizvodnju i plasman predmetne familije komandnih ventila.

Potrebe su evidentne a raspoloživih pogodnih kapaciteta domaća industrija za razvoj ovih uređaja ima u dovoljnoj meri da se može organizovati proizvodnja komandnih ventila visokih performansi, kvaliteta i pouzdanosti, uz visok nivo ponovljivosti kvaliteta isporuka.

Za ustanovljena pogodna rešenja jasno se mora definisati sastavnica sistema na bazi koje se dalje mogu vršiti analize količina, materijala, potrebnih alata (standardnih i specijalnih) i odgovarajućeg rada na nivou razvoja, pripreme proizvodnje i same

proizvodnje, sve u skladu sa mogućim veličinama rentabilnih serija, odnosno broja komada koje bi tržište realno moglo da absorbuje, a proizvođač ostvario dobru zaradu.

U konkretnim analizama treba odrediti kritičan broj komada, odnosno prag rentabilnosti ispod kojeg preduzeće ne sme poslovati jer bi poslovalo sa gubitkom.

Na osnovu iznetih razmatranja, definitivno se može zaključiti da je sasvim opravdano postavljen predmetni cilj i da ulazak u ovaj program upravo predstavlja pravo rešenje za razvoj novog profitabilnog proizvoda, koji su i potvrđeni rezultatima istraživanja.

## LITERATURA

[1] Nikolić Lj., Mihajlović G., Tomić R., *Istraživanje parametara za razvoj i izradu prototipova familije hidro-pneumatskih prikolično komandnih ventila (multiplikatora) na traktorskim kočionim instalacijama*, Inovacioni projekat ugovoren sa MNTR, IP-024 (Ugovor broj: 391-00-00027/2009-02/-IP TIP 1/10), Trstenik, 2009-2010.

[2] [www.erentek.co.uk/conv-kits.htm/trailer brake control valve/erentek-prod.htm](http://www.erentek.co.uk/conv-kits.htm/trailer%20brake%20control%20valve/erentek-prod.htm)

[3] [www.alibaba.com/product-gs/.../Foot\\_Brake\\_Valve\\_4613150420.htm](http://www.alibaba.com/product-gs/.../Foot_Brake_Valve_4613150420.htm)

[4] SAFIM *HYDRAULIC TRAILER BRAKING SYSTEM.pdf*, Via Livingstone,6, Modena, Italy.

[5] [www.brakecontroller.com/maxbrake.htm/MaxBrake-Brake\\_Controller](http://www.brakecontroller.com/maxbrake.htm/MaxBrake-Brake_Controller)

[6] [www.ctk.uni-lj.si/users/pusnik/prezentacija-ekonomichnost.ppt](http://www.ctk.uni-lj.si/users/pusnik/prezentacija-ekonomichnost.ppt)

[7] Standardi, propisi, norme, kataloška dokumentacija, vlastita projekta dokumentacija Prve Petoletke Trstenik.

[8] R.Tomić, Lj.Nikolić, P.Petrović: "Razvoj nove generacije kočionih komandnih ventila za traktorske prikolice", XXXVI Naučno-stručni skup „Održavanje mašina i opreme“,OMO 2011, IIPP, 2011.Beograd, Mašinski fakultet Beograd, str.145-154, CD.

[9] [www.easternmarine.com/trailerbrakes/trailerbrakes\\_hyd.htm](http://www.easternmarine.com/trailerbrakes/trailerbrakes_hyd.htm)

[10] Obradović D., Petrović P. i dr.: „Trend razvoja traktora“, (časopis JUMTO-a, „Traktori i pogonske mašine“, 2011., vol.16, no.2, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, str.24-29.

[11] Obradović D., Petrović P.: „Hronologija i trend razvoja proizvodnje traktora u Srbiji“, (naučni časopis „Poljoprivredna tehnika“, Vol. XXXVI, No.1, 2011., Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd, pp.1-10.

# RASPODELA PRAŠINE U VAZDUHU STAJA ZA DRŽANJE KRAVA

Goran Topisirović\*, Dragan V. Petrović

*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku  
Beograd-Zemun*

**Sažetak:** Koncentracija prašine je važan mikroklimatski parametar u svakom stočarskom objektu. Njeno povećanje narušava kvalitet unutrašnjeg vazduha i zdravstveno stanje zaposlenih radnika i smeštenih životinja. Pored ostalih uticaja, strujno polje vazduha u provetranom prostoru predstavlja ključni parametar za kontrolu prisustva čestica prašine u vazduhu objekata za držanje domaćih životinja. U cilju proširivanja postojećih baza podataka i saznanja u oblasti istraživanja mikroklimatske u stočarskim objektima, u ovom radu je analiziran uticaj režima rada podkrovnih aksijalnih ventilatora na raspodelu čestica prašine u objektu za držanje krava u vezanom sistemu. Ispitano je šest različitih radnih režima ventilacije. Pri tome je ostvaren diskretan (diskontinualan) niz kontrolisanih protoka unutrašnjeg vazduha od  $0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  (samo prirodna ventilacija),  $23750 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $30750 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $37300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $39900 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  i  $48000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  kroz radna kola svakog od dva instalirana ventilatora. To praktično znači da je celokupna zapremina unutrašnjeg vazduha eksperimentalnog objekta proticala približno 0; 16; 20; 25; 26,5; 32 puta u toku svakog sata kada je ventilacioni sistem bio aktivan. Merenja su izvedena na 4 karakteristične visine (0,5 m; 1,0 m; 1,5 m i 2,0 m), u tri poprečna preseka i četiri podužna preseka objekta. Tako je dobijeno karakterističnih 48 mernih tačaka, čime je adekvatno pokriven ceo unutrašnji prostor staje. Komparativna analiza brzina strujanja vazduha i koncentracija prašine pokazala je da ova konfiguracija ventilatora može ostvariti zadovoljavajuće rezultate pri odgovarajućem režimu rada. Evidentirani su prihvatljivi ventilacioni režimi, a posebno je izdvojen treći ogledni režim, protoka vazduha  $23750 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  (približno 16 zapremina objekta na čas) je izdvojen kao najpovoljniji.

**Ključne reči:** protok vazduha, ventilator, brzina vazduha, prašina, stočarski objekat

## DISTRIBUTION OF AIRBORNE DUST PARTICLES IN A TIED-COWS BARN

Goran Topisirović\*, Dragan V. Petrović

*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering,  
Belgrade-Zemun, Republic of Serbia*

**Abstract:** Among others, an airborne dust particles concentration is a crucial microclimate quality parameter of each livestock building. Increasing the concentration of

---

\* Kontakt autor. E-mail: gogi@agrif.bg.ac.rs

Rad je podržalo Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, projektima:

- Optimizacija tehnoloških postupaka i zootehničkih resursa na farmama u cilju unapređenja održivosti proizvodnje mleka (TR31086),
- Unapređenje biotehnoških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda (TR 31051),
- Unapređenje i razvoj novih tehnoloških postupaka u proizvodnji animalnih proizvoda, radi postizanja visoko kvalitetnih, bezbednih i konkurentnih proizvoda na tržištu (III46009).

dust particles affects the indoor air quality and health of employed workers and breeding animals. In order to enrich the existing data base and improve the understanding of mechanisms of controlling the microclimate conditions in livestock buildings, the influence of operational air flow rate of under-roof axial fans on airborne dust particles distribution crossover the tied cows barn has been analysed in present study. Six different air flow rates of both installed fans have been tested:  $0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  (only natural ventilation),  $23750 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $30750 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $37300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $39900 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  and  $48000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Measurements have been performed at four typical height levels (0,5 m; 1,0 m; 1,5 m and 2,0 m), cross-over the three lateral and four longitudinal characteristic building sections. Consequently, 48 measuring points were appropriately selected, in order to cover the whole indoor space in adequate way. Comparative analysis of air flow velocities and dust concentrations showed that this fan setup can provide satisfactory results under adequate operational regime. Certain working regimes were recommended for use, and the first fan rate step, generating the airflow of  $23750 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , or indoor air exchange level of approximately  $16 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ , has been found as the most suitable.

**Key words:** fan flow rate, airflow velocity, airborne dust, livestock buildings

## UVOD

Pojam ukupne (inhalabilne) prašine obično podrazumeva čvrste čestice prečnika manjeg od  $100 \text{ }\mu\text{m}$ , suspendovane u vazduhu. Pri tome treba razlikovati i frakciju respirabilne prašine, koju sačinjavaju čestice manje od  $5 \text{ }\mu\text{m}$  [3]. Za razliku od krupnijih čestica, koje se najvećim delom zadržavaju u gornjim delovima disajnih puteva, respirabilna prašina je posebno opasna jer prodire u najdublje delove pluća. Prašina u stočarskim objektima je uglavnom organske prirode. Potiče od odumrlih delova kože životinja, iz prostirke, suvog fecesa i hraniva (posebno koncentrovanih) [11].

Povećana koncentracija prašine izaziva zdravstvene tegobe i snižava produktivnost životinja. Zdravstveni problemi se javljaju i kod zaposlenih, pa se preporuke za dozvoljene koncentracije prašine definišu prema osetljivosti čoveka. Opšteprihvaćena vrednost iznosi  $10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  za ukupnu i  $5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  za respirabilnu prašinu. U cilju sprečavanja pojave dugotrajnih zdravstvenih problema predlažu se i mnogo strožije granice od svega  $2,5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  za ukupnu i  $0,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  za respirabilnu prašinu [4].

Do sada je objavljeno mnogo rezultata istraživanja uticajnih parametara raznih proizvodnih procesa u stočarstvu, kao npr. [1], [4-10]. Sledeći ove trendove, u ovom radu su analizirani efekti primene višerežimskih krovnih ventilatora na koncentraciju pojedinih frakcija prašine i utvrđena povezanost protoka vazduha kroz radno kolo ventilatora sa nivoima koncentracije prašine. Određen najpovoljniji režim rada ventilacionog sistema i date su odgovarajuće preporuke za njegovu upotrebu.

## MATERIJAL I METODE RADA

U radu je ispitivan uticaj primene De Laval – ovog ventilacionog sistema Multifan sa kontrolnom jedinicom STD - Manual 8 A, termostatskim regulatorom T15 – WD i dva ventilatora DF 1300, na raspodelu koncentracija prašine u objektu. Ventilatori, postavljeni ispod krovne konstrukcije a iznad hranidbenog hodnika, imaju šest brzinskih režima rada. Maksimalni kapacitet ventilatora je  $48000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , pri  $400 \text{ min}^{-1}$  radnog kola. U proizvodnom objektu je izvršeno merenje u 48 tačaka (Slika 1), raspoređenih u 4 vertikalna niza (0,5 m; 1,0 m; 1,5 m i 2,0 m) u svakom od 3 poprečna merna preseka postavljena, na 3.30 m, 18.20 m i 33.10 m od ulaznih vrata na severnoj strani hranidbenog hodnika.

Vertikalni nizovi su postavljeni simetrično iznad jasala i kanala za izdubavanje [2]. Merene su koncentracije frakcija prašine  $\geq 0.3 \mu\text{m}$  i  $\geq 0.5 \mu\text{m}$ , pri neutralnom režimu (prirodna ventilacija) i pet radnih režima ventilatora i.

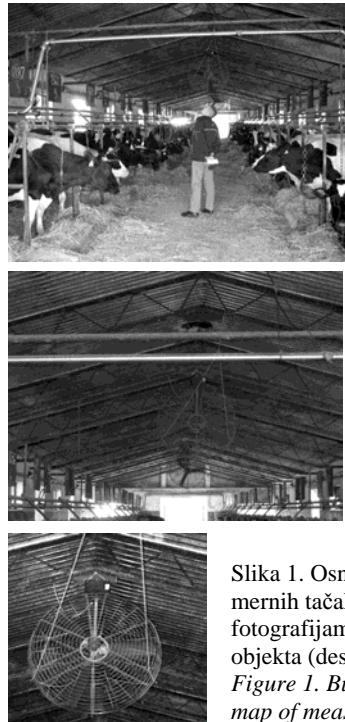
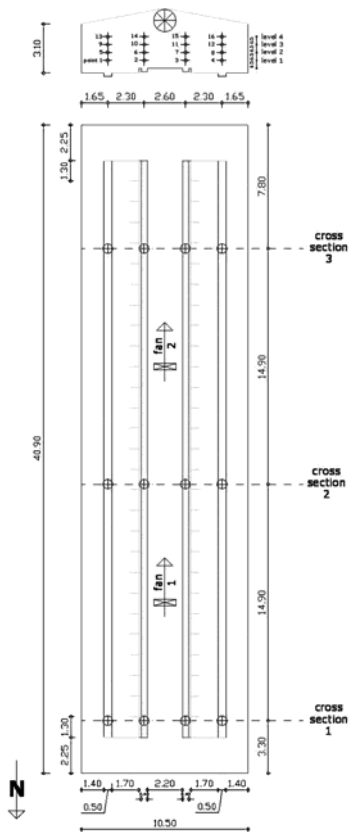
## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

### Prostorna polja koncentracije prašine

Tokom prvog seta merenja koncentracije prašine u proizvodnom objektu ventilatori su bili isključeni. Kada su ventilatori isključeni koncentracija i raspored čestica prašine u zapremini objekta zavise isključivo od intenziteta prirodnog kretanja vazduha i vlažnosti vazduha.

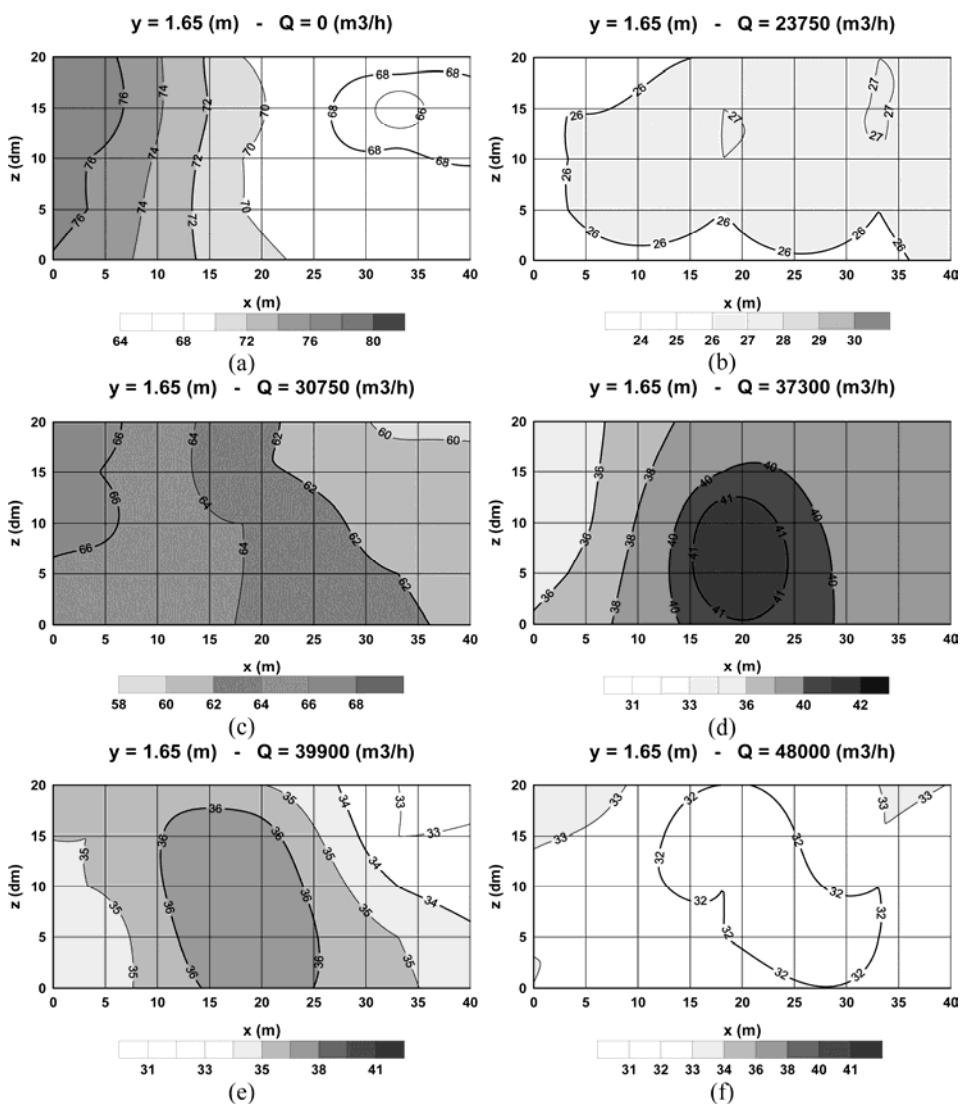
Zbog toga, koncentracije prašine su bile više u poređenju sa odgovarajućim koncentracijama pri radu ventilatora u bilo kom režimu (Slike 2a do 5a, redom). Zbog toga ne treba ni tražiti neke posebne zakonitosti u rasporedu čestica prašine. I pored toga, raspored obe frakcije prašine je dosta ujednačen po mernim mestima, što ukazuje da se i u ovim uslovima stvara određeno stacionarno stanje koncentracije prašine. Pojedina odstupanja mogu nastati kao rezultat aktivnosti životinja, različitog sastava prostirke, distribucije koncentrovanog hraniva i dr.

Tokom druge serije merenja, pri nominalnom protoku ventilatora od  $23750 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , koncentracije prašine u proizvodnom objektu su bile najniže u poređenju sa svim ostalim ispitivanim režimima (prinudna ventilacija,  $Q = 23750 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , Slike 2b do 5b, redom). U ovom režimu ventilatori obezbeđuju adekvatnu izmenu vazduha i brzinu strujanja vazduha, pri kojoj se ne resuspenduju nataloženu prašinu sa poda i drugih površina. Sve ovo je dovelo do smanjenja koncentracije prašine u vazduhu – srednja koncentracija frakcije  $\leq 5 \mu\text{m}$  smanjena je sa  $72 \text{ čestica} \cdot \text{ml}^{-1}$ , tj. za 64%.

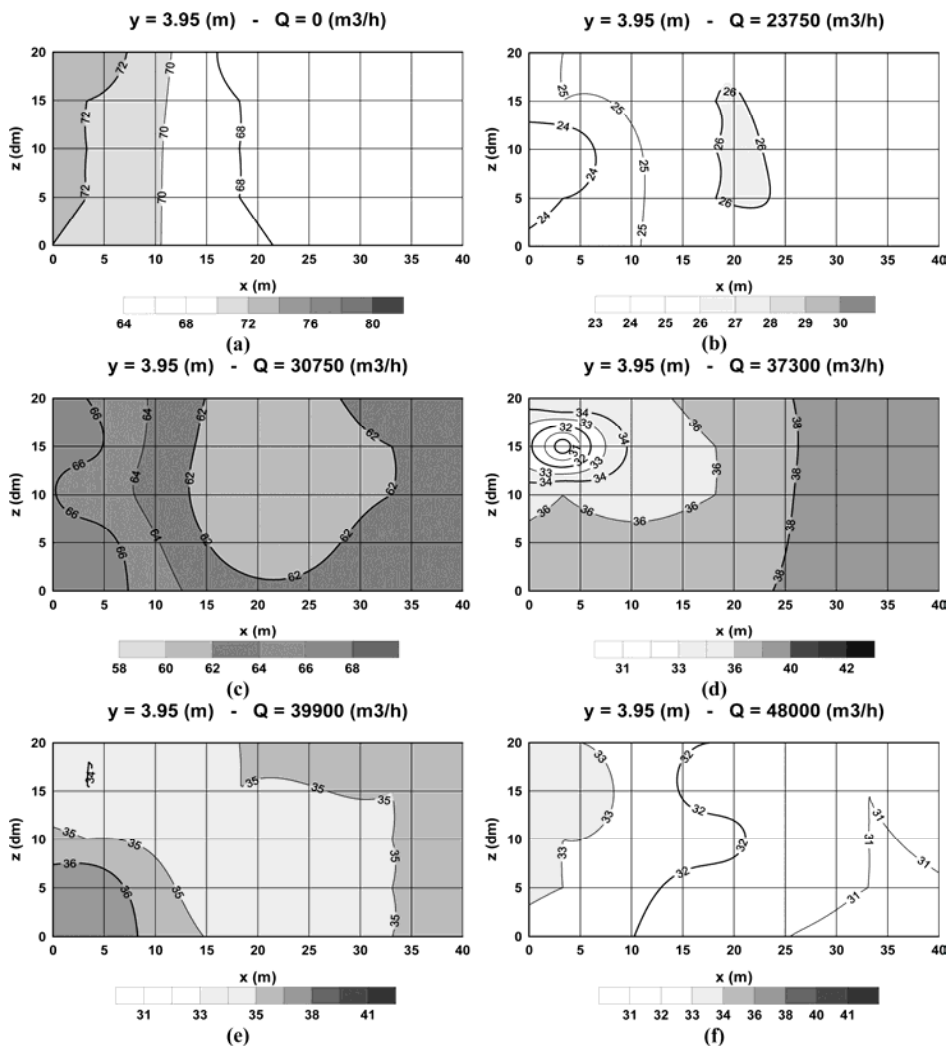


Slika 1. Osnova objekta i položaj mernih tačaka (levo), sa fotografijama unutrašnjeg izgleda objekta (desno)

Figure 1. Building layout and map of measuring points locations (left), with photos of indoor ambient (right)



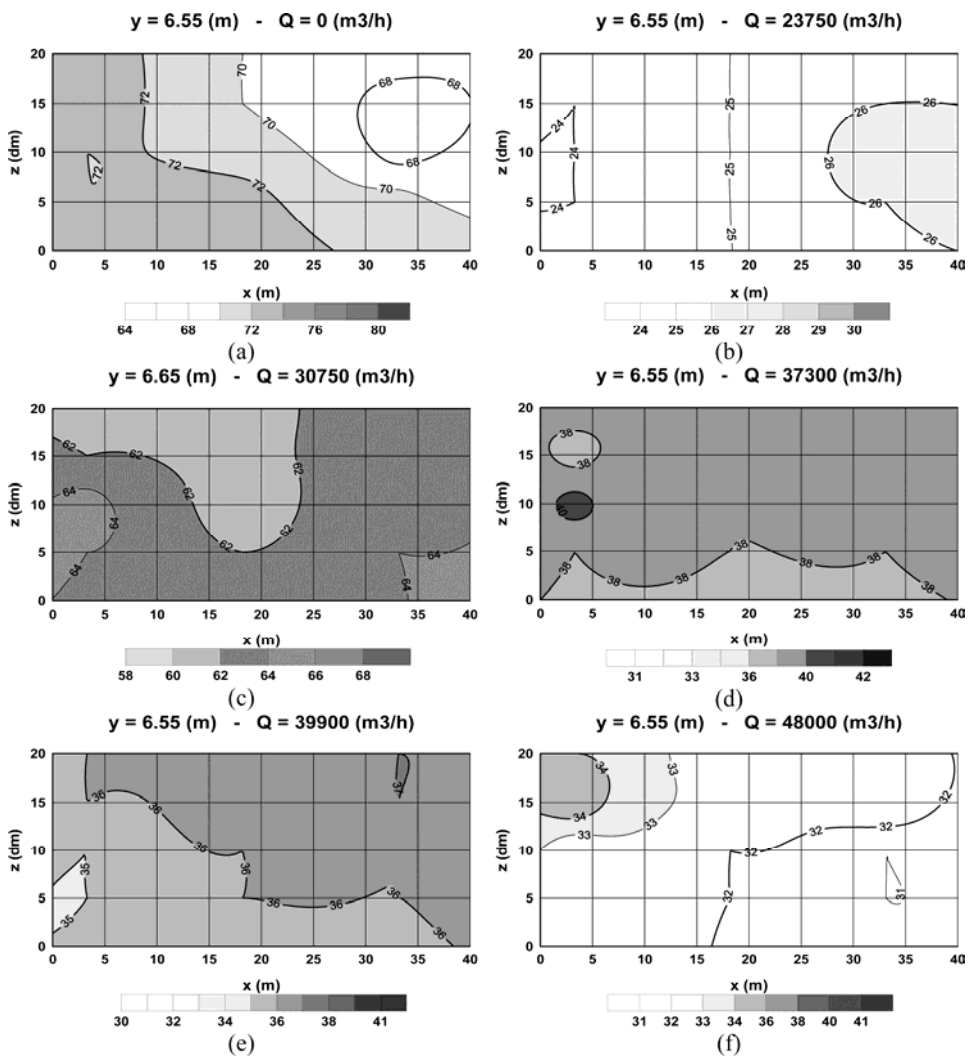
Slika 2. Raspodjela koncentracija prašine prečnika  $5 \mu\text{m}$  duž prvog podužnog preseka  
 Figure 2. Distributions of  $5 \mu\text{m}$  dust fraction along the first longitudinal cross section



Slika 3. Raspodela koncentracija prašine prečnika  $5\ \mu\text{m}$  duž drugog podužnog preseka  
 Figure 3. Distributions of  $5\ \mu\text{m}$  dust fraction along the second longitudinal cross section

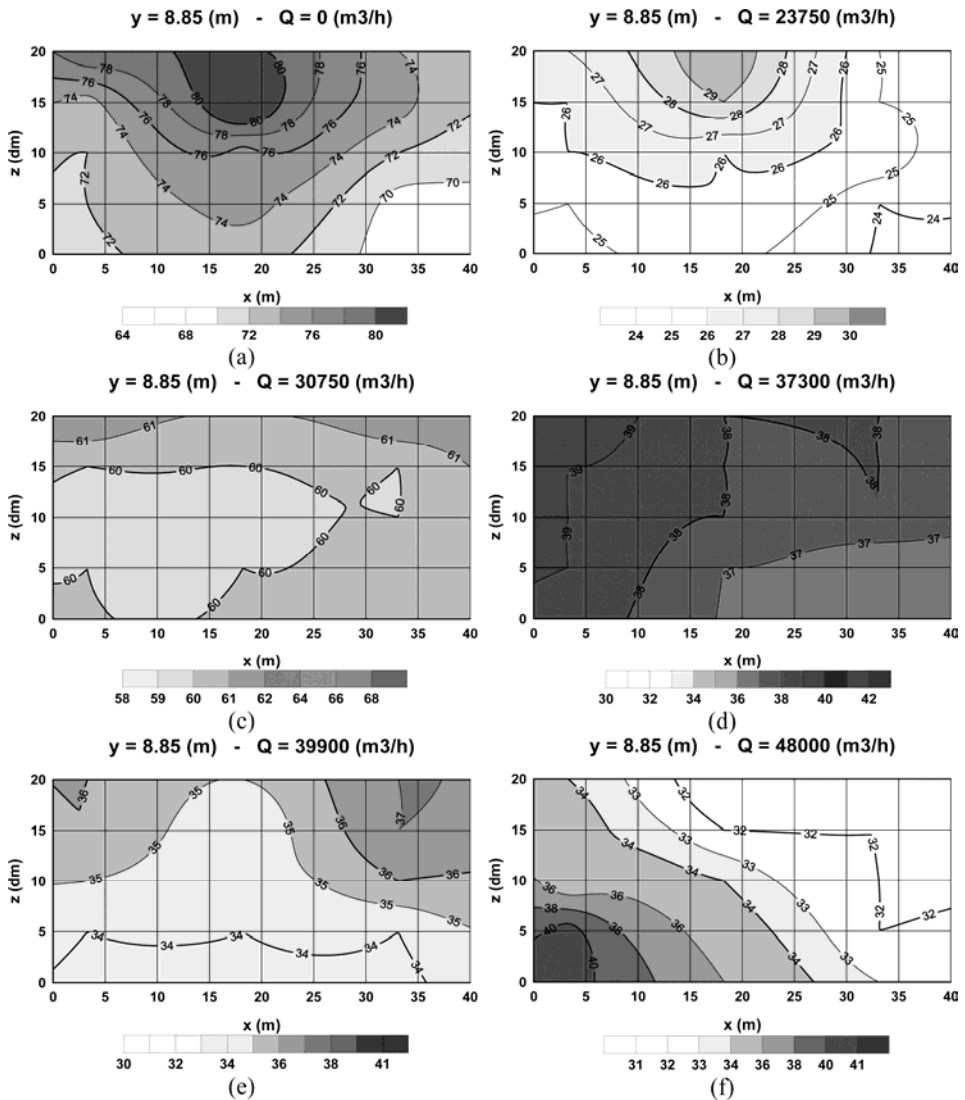
U toku treće serije merenja koncentracije prašine u proizvodnom objektu, ventilatori su ostvarili nominalni protok od  $30750\ \text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ . U ovom režimu su izmerene najveće koncentracije prašine u oglednom objektu (Slike 2c do 5c, redom), u poređenju sa svim ostalim režimima (osim režima sa isključenim ventilatorima). Može se očekivati da se posle dužeg trajanja dejstva ventilatora sadržaj prašine kontinuirano smanjuje.

Tokom četvrtog (Slike 2d do 5d, redom) i petog seta merenja (Slike 2e do 5e, redom) koncentracije prašine u proizvodnom objektu ventilatori su bili uključeni na stepen 3 i 4 (redom) sa nominalnim protocima vazduha od  $37300\ \text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  i  $39900\ \text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  (redom). Zabeležena je redukcija koncentracije obe frakcije prašine. Uspostavljen je ujednačena (homogena) raspodela koncentracija obe frakcije prašine u objektu. Pri ovim režimima, količina izbačenih čestica prašine iz objekta bila je veća od količine unetih čestica sa spoljnim ulaznim vazduhom i resuspenzijom čestica sa poda i drugih površina unutar objekta.



Slika 4. Raspodela koncentracija prašine prečnika  $5 \mu\text{m}$  duž trećeg podužnog preseka  
 Figure 4. Distributions of  $5 \mu\text{m}$  dust fraction along the third longitudinal cross section

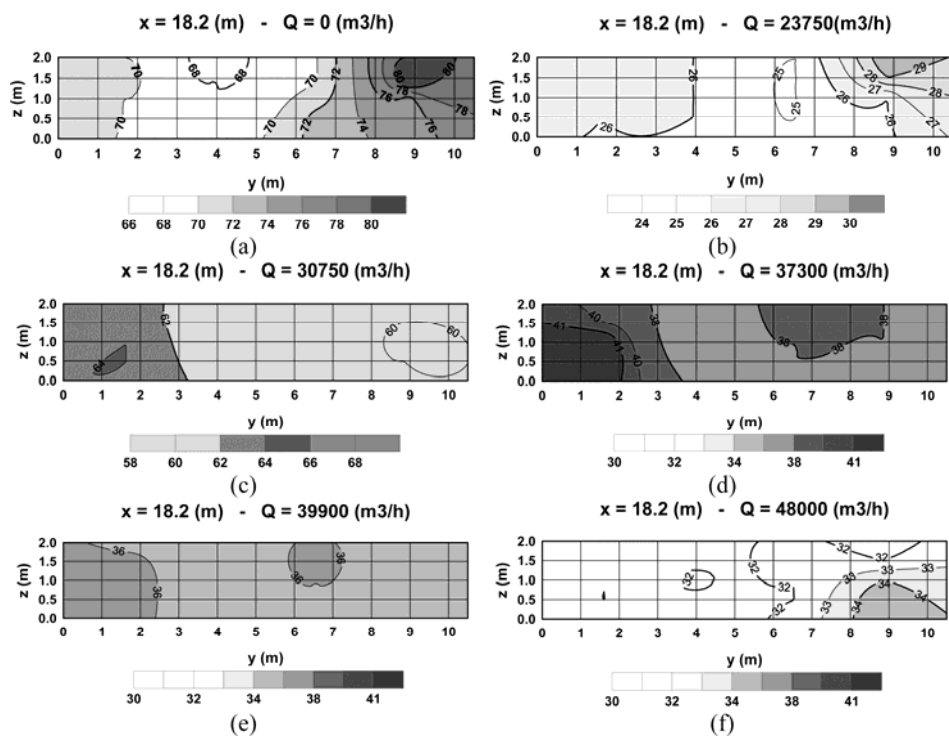




Slika 5. Raspodela koncentracija prašine prečnika 5  $\mu\text{m}$  duž četvrtog podužnog preseka  
 Figure 5. Distributions of 5  $\mu\text{m}$  dust fraction along the fourth longitudinal cross section

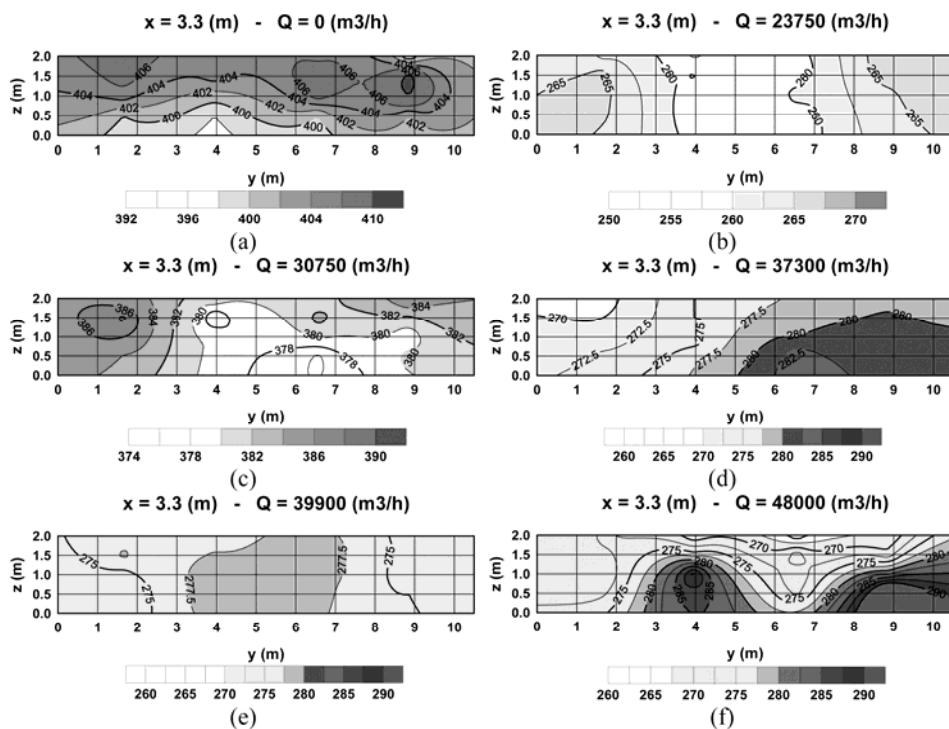
Poslednji, šeste serije merenja održavan je maksimalni radni protok od 48000 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> vazduha kroz radno kolo ventilatora. Koncentracija prašine ponovo se povećala (Slike 2f do 5f, redom), kao rezultat intenzivnog podizanja nataložene prašine sa prostirke i poda, zbog prevelikog intenziteta brzine strujanja vazduha u objektu.

Analiza izmerenih brzina vazduha i koncentracija prašine pri različitim ventilacionim režimima pokazuje da su u letnjem periodu najpovoljniji režimi rada ventilatora u 1. (23750 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>) i 3. stepenu (37300 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>). Tada se održava brzinsko polje vazduha ispod granica promaje u zoni životinja, ali još uvek dovoljnog intenziteta za odgovarajuće rashlađivanje životinja, uz održavanje najnižih koncentracija obe frakcije prašine (d > 3  $\mu\text{m}$  i d > 5  $\mu\text{m}$ ). Navedenu tvrdnju potvrđuje i mapa koncentracije frakcije prašine prečnika iznad 5  $\mu\text{m}$  u centralnom poprečnom preseku udaljenom 18.2 m od severnih ulaznih vrata hranidbenog hodnika (Slike 6a-e).



Slika 6. Koncentracija frakcije prašine prečnika 5 μm, duž drugog (centralnog) poprečnog preseka  
*Figure 6. Distributions of 5 μm dust fraction along the second (center) cross section*

Analogna fenomenologija je uočena i u slučaju frakcije prašine koja obuhvata i sitnije čestice od 5 μm, odnosno kojoj pripadaju čestice prečnika  $d > 3 \mu\text{m}$ . Zbog ograničenosti prostora, u radu su prikazane samo mape raspodele koncentracije prašine ( $d < 3 \mu\text{m}$ ) u centralnom poprečnom preseku staje (Slike 7a-e).



Slika 7. Koncentracija frakcije prašine prečnika 3  $\mu\text{m}$ , duž drugog (centralnog) poprečnog preseka  
 Figure 6. Distributions of 3  $\mu\text{m}$  dust fraction along the second (center) cross section

## ZAKLJUČAK

Na osnovu analize rezultata merenja koncentracije prašine uz poštovanje optimalnih vrednosti brzina strujanja vazduha u ovakvom objektu, može se zaključiti da se najbolji efekat rada ventilatora postiže u nižim režimima rada.

Posebno je povoljan režim u prvom ( $23750 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , što odgovara proticanju 16 neto zapremina staje svakog sata kroz svaki od dva instalirana ventilatora), a prihvatljiviji su i režimi u trećem ( $37300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , odnosno 25 neto zapremina objekta na čas) i četvrtom ( $39900 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , t.j. 26,5 neto zapremina objekta na čas) stepenu brzine radnog kola ventilatora. Tada se postiže vrlo stabilan i kvalitetan efekat iznošenja prašine, uz brzine strujanja koje su u granicama optimalnih za letnje uslove.

## LITERATURA

- [1] Bartzanas, T., Baxevanou, C., Fidaros, D., Papanastasiou, D., Kittas, C. 2010. Airborne particles and microclimate distribution in a livestock building. *International Conference on Agricultural Engineering AgEng - Toward Environmental Technologies*, Clermont-Ferrand (France), September 6-8, 2010, p. 1-9, [itema.cereth.gr/files/2010/07/B01-2010.pdf](http://itema.cereth.gr/files/2010/07/B01-2010.pdf).
- [2] Curtis, L., Raymond, S., Clarke, A. 1996. Dust and ammonia in horse stalls with different ventilation rates and bedding. *Aerobiologia*, Volume 12, No. 4, pp. 239-247.
- [3] Jacobson, L.D. 2007. Animal Structures: Air Quality (in: *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*). Taylor & Francis, Oxford, UK.

- [4] Jacobson, L.D., Hetchler, B.P., Janni, K.A., Linn, J., Heber, A., Cortus, E. 2008. Animal and environmental performance of a retrofitted mechanical cross-ventilation system to a naturally ventilated free stall dairy barn in the mid-west U.S. *Livestock Environment VIII*, 31 August - 4 September 2008, Iguassu Falls, Brazil 701, p408.
- [5] Pearson, C.C., Sharples, T.J. 1995. Airborne Dust Concentrations in Livestock Buildings and the Effect of Feed. *Journal of Agricultural Engineering Research* Volume 60, Issue 3, March 1995, p. 145–154.
- [6] Petrović, D., Topisirović, G. 1997. Modelling the airborne dust particle size distribution in a swine farrow room. *Agricultural Engineering*, Vol. 3, no. 3-4, p. 57-63.
- [7] Petrović, D., Tošić, M., Topisirović, G. 1999. On the statistical prediction of water requirements in the milkcows barns. *Beitrage zur "4. Internationalen Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung"*, München, 9.-10. März 1999, ISBN 3-9805559-5-X, стр. 467-470.
- [8] Petrović, D., Topisirović, G., Schön, H., Tošić, M. 1998. Turbulent velocity field measurement in the air of swine housing buildings. *Zbornik apstrakta naučno-stručnog skupa "Dan poljoprivredne tehnike – Informacione tehnologije i razvoj poljoprivredne tehnike"*, Beograd-Zemun. YU ISSN 0354-9437, UDC 631, str. 101-102.
- [9] Takai, H., Pedersen, S., Johnsen, J.O., Metz, J.H.M., Groot Koerkamp, P.W.G., Uenk, G.H., Phillips, V.R., Holden, M.R., Sneath, R.W., Short, J.L., White, R.P., Hartung, J., Seedorf, J., Schroeder, M., Linkert, K.H., Wathes, C.M. 1998. Concentrations and Emissions of Airborne Dust in Livestock Buildings in Northern Europe. *J. agric. Engng Res.* 70, 59-77.
- [10] Topisirović, G., Ećim Đurić, Olivera. 2008. Numeričko predviđanje strujnog polja pri prirodnoj ventilaciji stočarskih objekata. *Poljoprivredna tehnika*, god. XXXIII, br. 3. p.p. 41 - 47. Poljoprivredni fakultet. Beograd.
- [11] Wang, X, Zhang, Y, Zhao, L.Y., Riskowski, G.L. 2000. Effect of ventilation rate on dust spatial distribution in a mechanically ventilated airspace. *Transactions of the ASAE*. Vol. 43(6), pp. 1877-1884.

# TEHNIČKI PARAMETRI VENTILATORA OROŠIVAČA I KVALITET ZAŠTITE VINOGRADA

Mirko Urošević, Milovan Živković\*

*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,  
Beograd-Zemun*

**Sažetak:** Tehnika aplikacije pesticida u vinogradarstvu odlikuje se skoro isključivo postupkom raspršivanja pomoću vazdušne struje proizvedenom ventilatorom orošivača. Primena takvog postupka je bitno doprinela kvalitetu zaštite i produktivnosti rada. Osnovni kriterijum napretka u primeni pesticida predstavlja aplikacioni tehnički stepen korisnog dejstva. Ovaj stepen korisnog dejstva se iskazuje kroz zadržavanje, raspodelu i iskorišćavanje aktivnih supstanci koji može još znatno da se poboljša. Zato su u radu prikazani rezultati istraživanja uticaja ugla usmerenja i brzine vazdušne struje na nanošenje zaštitnog sredstva na vinovu lozu u područje zone grozdova. Rezultati pokazuju da pri smanjivanju ugla usmerenja vazdušne struje koso unazad posmatrano u horizontalnoj ravni od 90° na 45°, pri brzini vožnje od 5 km·h<sup>-1</sup> dolazi do povećanja deponovanja zaštitne tečnosti do 18% na ciljnoj površini.

Dosadašnja ispitivanja pojave drifta pri primeni orošivača su pokazala da tehnički parametri ventilatora koji definišu mogućnost podešavanja struje vazduha po količini, brzini i smeru, ima odlučujući uticaj na kvalitet zaštite. Zato je veoma je značajno potpunije ispitati moguća ponašanja vazdušne struja i njen uticaj, naročito na zadržavanje zaštitnog sredstva na tretiranoj površini.

**Ključne reci:** orošivači, kvalitet zaštite, vazdušna struja, zasad vinograda

## TECHNICAL PARAMETERS AND FAN SPRAYER QUALITY OF VINEYARDS

Mirko Urošević, Milovan Živković

*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering,  
Belgrade-Zemun, Republic of Serbia*

**Abstract:** The technique of pesticide applications in viticulture, in most cases is characterized by dispersion method using air mistblowers fan. Application of this procedure essentially contributes to the quality of care and productivity. The main technical criteria of progress in pesticide application is efficiency coefficient. This parameter is expressed by collection, distribution and utilization of active substances, and can still be improved considerably. This paper presents the results of research on influence of air stream angle and flow velocity on application of protection layer on the vine to the area of the zone clusters. The results show that the reduction of air flow angle relative to

---

\* Kontakt autor. E-mail: mzivko@agrif.bg.ac.rs

Rad je deo istraživanja u okviru projekta «Unapređenje biotehničkih postupaka racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda, TR 31051, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

the direction of movement of aggregates, from 90° to 45°. Driving speed of 5 km·h<sup>-1</sup> causes absolute increase of deposit of the working fluid for 18% on the target surface. Previous investigations of drift phenomena in plant protection have shown that the technical parameters that define the possibility of fan setup of the air stream in size, current speed and direction have significant impact on the quality of care. It is useful to examine further the possible behavior of air currents and its impact, particularly on the retention of preservative in the treated area.

**Key words:** *air assisted sprayers, quality of care, air stream, vineyards*

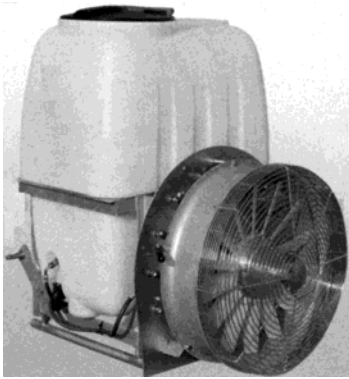
## UVOD

Zaštitno sredstvo koje ne dospe do ciljne površine predstavlja ekološko opterećenje i ekonomski gubitak. Gubitak pesticida tokom aplikacije može da bude znatno manji u zavisnosti od tehničkih parametara mašine i uslova vegetacije zasada [7]. Za razliku od finansijskih gubitaka koji se mogu definisati, dugoročni uticaji pesticida na ekosistem dospevanjem u zemljište i atmosferu, nisu poznati. Imajući na umu tu činjenicu poželjna su sva poboljšanja koja dovode do redukovanja drifta na površini zemljišta u zasadima vinograda. Za ostvarenje tog cilja potrebno je pronaći optimum između bioloških i tehničkih parametara i treba ih međusobno uskladiti.

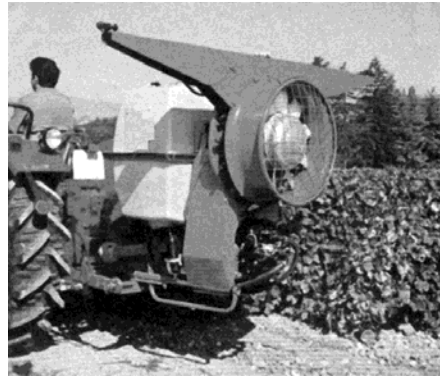
Sadašnjim tehničkim osnovama, za razliku od poznatih tehničko-konstrukcionih znanja o ventilatorima, nedostaju informacije o kinetičkom ponašanju kapljica u vazdušnoj struji koja ih nosi, tokom prodiranja, raspodeljivanja, zadržavanja i skretanja pri tretiranju zasada vinove loze. Kada se potpuno definišu te pojave, biće moguće da se ventilatori za raspršivanje na orošivačima bolje prilagode biološko-fizičkim uslovima, u cilju ostvarivanja veće aplikaciono-tehničke efikasnosti uz istovremeno manje zagađenje čovekove sredine.

U procesu tretiranja red vinove loze u zavisnosti od strukture [1] [3], predstavlja manje-više polupropustivu prepreku za vazdušnu struju i zato se može smatrati filterom sa svim karakterističnim svojstvima. Radom orošivača dvofazna struja [5], koja se sastoji od vazduha i tečnosti prodire u red vinove loze pri čemu se mogućnost prodiranja određuje prema ulaznoj kinetičkoj energiji, mehaničkom otporu listova i uglu usmerenja vazdušne struje u horizontalnoj i vertikalnoj ravni. Prolaskom kroz red vinove loze tečna faza treba da se odvoji od vazdušne i da se raspodeli po površini biljaka. U idealnom slučaju bi se čitava površina biljaka kao filtera, ravnomerno obložila zaštitnim filmom, a iz reda bi izašao čist vazduh. Proces razdvajanja dvofazne struje i odlaganja tečnosti na biljnu površinu je vrlo složen.

Orošivači koji poseduju ventilatore koji sa stanovišta tehnike strujanja su konstruisani tako da proizvedena vazdušna struja dopire na ravan zida od lišća pod uglom od oko 90° u odnosu na pravac kretanja uzrokuje velike gubitke i imaju mali stepen korisnog dejstva. Ovo se javlja zbog toga što se veliki deo zaštitnog sredstva prenosi na susedni red ili pada na zemljište ili, pod uticajem vetra skreće van ciljne površine. U gornjem području zida lišća vazdušna struja ima komponentu koja se odvodi naviše iz zone vrha pri čemu dolazi do znatnih gubitaka aktivne supstance usled drifta [6]. Primenom orošivača u procesu zaštite sa ventilatorom koji se nalaze neposredno iznad zemlje (Sl.1a) ima za posledicu veliki potencijal skretanja zbog smera tretiranja naviše. Suprotno prethodnom, ventilatori koji rade u gornjem području (Sl. 1b) nalaze se u obrnutom položaju, jer je smer pokrivanja prvo horizontalan, pa onda usmeren naniže. Primena ovih rešenja orošivača u zaštiti višegodišnjih zasada manje zagađuje životnu sredinu.



a.

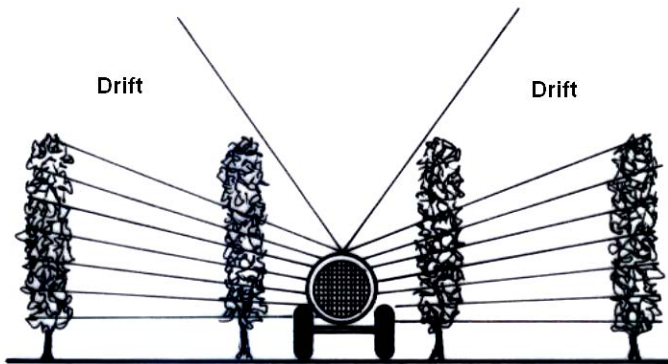


b.

Slika 1. Orošivači sa ventorom: a. donje područje rada, b. gornje područje rada  
 Figure 1. Sprayer with Vektor: a. lower operation area, b. upper operation area

Karakteristika načina orošavanja ventilatorima koji su visoko postavljeni povoljniji su za okolinu, jer zemljište zagađuju za oko 33% manje a imaju 50% manje zagađenje prostora [2] [4]. Međutim, imaju manje pokrivanje donjih površina listova (u poređenju sa standardnim orošivačima čiji ventilatori stoje u donjem položaju) a naročito u zoni gde su grozdovi. To se objašnjava činjenicom da je manja mogućnost prodiranja struje, koja je usmerena naniže, pošto zid od lišća vinove loze ima sličnu strukturu kao krov pokriven crepovima.

Obzirom na takav položaj listova koji se preklapaju, vazдушna struja koja ide odozdo naviše jedino može da odigne listove i da ih ovlaži sa donje strane. Pošto je takav postupak zaštite u suprotnosti sa zahtevima očuvanja čovekove sredine, s jedne strane i fitopatološkim sa druge strane, treba pronaći određeni kompromis. Kod orošivača čija je snaga ventilatora u odnosu na lozu takva da vazдушna struja dopire i do redova loze koji su iza onih koji se orošavaju, primenjuje se postupak i uz pomoć deflektora za usmerenje vazduha, ograničava se vazдушna struja naviše, tako da tek kod drugog reda loze dostiže vrh zone (Sl. 2.).



Slika 2. Pojava drifta kod rada orošivača sa niskovodnim aksijalnim ventilatorom  
 Figure 2. The occurrence of drift in mistblowers with lower axial fan

Smanjivanjem napadnog ugla vazdušne struje znatno se sprečava potencijalno skretanje, a postiže se i dobro tretiranje zone sa grozdovima do koje je teško prodrati. Da bi vazдушna struja bila što horizontalnija, ventilatori ne treba da budu postavljeni suviše nisko na orošivaču.

## MATERIJAL I METODE RADA

Polazeći od osnovne hipoteze da smer vazdušne struje ima presudan uticaj na kvalitet zaštite, izvršena su eksperimentalna ispitivanja na vinogradima zasađenom na ravnoj površini čiji je razmak između redova 2 m x 1,2 m. Red vinove loze (koji predstavlja zid od lišća) je bio visok 2,3 m a širok (dubok) prosečno 0,5 m.

Ogled je izveden u mesecu avgustu kada je vinova lozu sa najvećom lisnom masom što predstavlja maksimalne zahteve u pogledu ostvarivanja tehnike aplikacije. Orošivač je bio opremljen aksijalnim ventilatorom prečnika 0,5 m koji se nalazio iza rezervoara sa usisavanjem vazduha iz smera suprotno smeru kretanja. Promenom položaja krilaca rotora postojala je mogućnost promene zapremine potisnute struje u području od 14000 do 22000 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>. Izlazni otvori ventilatora orošivača su mogli da se podešavaju prema željenom uglu strujanja u horizontalnoj i vertikalnoj ravni.

Ispitivanja su vršena brzinom vožnje od 5 km·h<sup>-1</sup> i pri normi tretiranja od 840 l·ha<sup>-1</sup>, pritiskom tečnosti od 18 bar i rasprskivačima koji daju šuplji konusni mlaz. Brzine strujanja vazduha su merene direktno pomoću digitalnog Anemometra (Kestrel® 4000 Pocket Weather Meter) ispred zida od lišća i mogla su da se menjaju promenom broja obrtaja rotora i položaja lopatica.

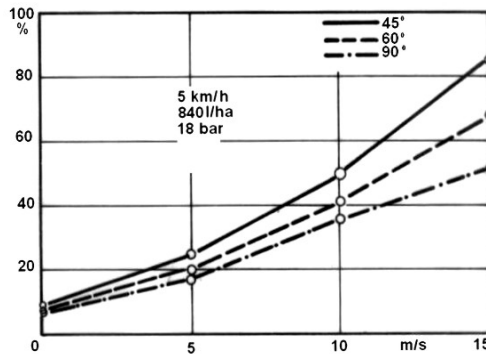
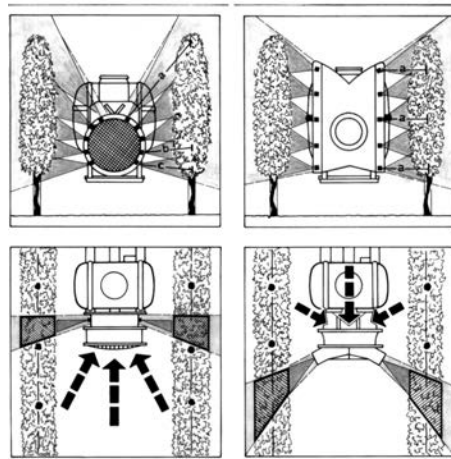
Hvatanje kapi tokom eksperimenta obavljano je pomoću vodosenzibilnih papirića (TeeJet) dimenzija 52x76 mm. Papirići su postavljeni u redove biljaka (pričvršćeni sa donje strane lišća) i na drvene stalke van reda, u tri mesta po prohodu, na rastojanju od 20 m. Tretiranje je započinjano i završavano 50 m pre, odnosno posle mesta uzorkovanja kapi. Neposredno nakon prolaska orošivača merena je masa listića pomoću elektronske vage serije PS/C1 vage preciznost 0,001g. Na osnovi razlike mase listića pre i posle obavljanja ogleda utvrđena je količina tečnosti po jedinici površine mernih vodosenzibilnih listića. *Merenje strukture mlaza i pokrovnosti tretirane površine (papirića) obavljeno je Doppler Particle Analyser-om.*

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Dijagramom na Slici 3 prikazan je uticaj ugla strujanja i brzine vazdušne struje na nanošenje zaštitne tečnosti na vinovu lozu u području zone grozdova. Vrednosti na dijagramu pokazuju da usmeravanje vazdušne struje koso unazad dovodi do većeg pokrivanja bez obzira na prethodno odabrane brzine vazdušne struje. Na osnovu toga može se konstatovati da postoji upravna srazmera između boljeg odlaganja i smanjivanja ugla tretiranja od 90° na 45°, tako da pri brzini vožnje od 5 km·h<sup>-1</sup> dolazi do povećanja do 18%. To se objašnjava sledećim činjenicama:

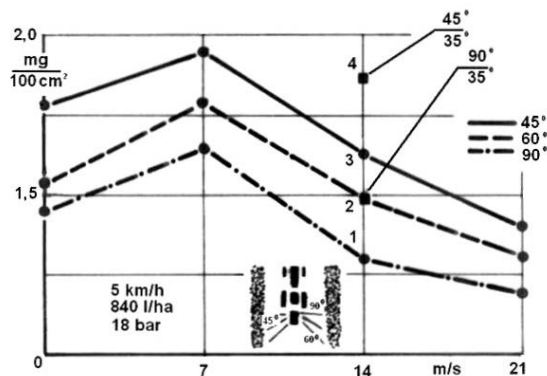
- koso usmerene vazdušne struje omogućuje lako prodiranje u zid od lišća loze, a pri tom može da se uštedi na snazi koju angažuje ventilator za svoj pogon,
- usmerenjem vazdušne struje koso unazad povećava se put prolaska kroz redove vinove loze, kod 45° za 41% a kod npr. 30° 100%, tako da se produžava vreme zadržavanja dvofazne struje, a time i filtriranje što daje veću mogućnost za odvajanje i deponovanje tečne faze.
- povećava se zona dodira vazdušne struje sa površinom lišća što omogućuje da zaštitno sredstvo potpunije prekrije lisnu površinu.





Slika 3. Uticaj usmerenja vazdušne struje u horizontalnoj ravni na intenzitet pokrivanja  
 Figure 3. The influence of air flow direction in the horizontal plane to coverage intensity

Logična je pretpostavka da pri maloj brzini strujanja veći broj kapljica dospeva na lice lišća i ostaje tamo, dok je sposobnost za prodiranje, ravnomernost raspoređivanja i stepen pokrivanja donje strane lišća smanjen zato što nema dovoljno energije. Usmerenjem vazdušne struje za 35° naviše, doprinosi se poboljšanju oblaganja, naročito u oblasti zone sa grozdovima, što je pokazano u tačkama 2 i 4 na Sl. 4.



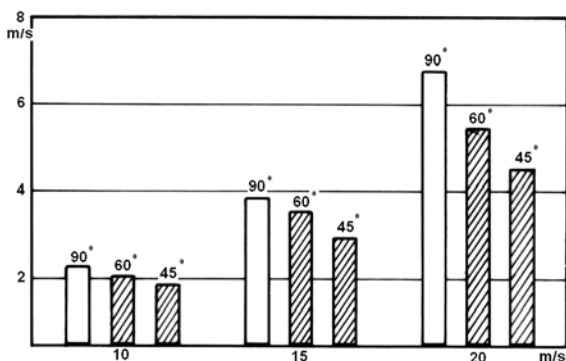
Slika 4. Uticaj usmerenja vazdušne struje na količinu deponovanja zaštitne tečnosti  
 Figure 4. The influence of current direction to the amount of the protective fluid deposit

Pri tome se vrednost oblaganja povećava od 1 na 2, a za vazdušnu struju usmerenu pod uglom od 45° unazad od 3 na 4. Bolja sposobnost prodiranja, pri čemu naročito sa donje strane listova dobro prekrivaju što se može porediti sa vetrom koji podiže crepove na krovu odozdo naviše.

Ako se uzme da je gornja površine listova pri svim ispitivanjima uzeta kao 100% obloženost, prikaz na Slici 4. je ograničen na prevlaku ostvarenu na donjoj strani listova. Dijagram pokazuje da oba faktora utiču na stepen oblaganja a raste sa povećanjem brzine vazdušne struje i sa smanjenjem ugla usmerenja vazdušne struje. To se može objasniti boljom sposobnošću prodiranja u zid od lišća sa povećanjem kinetičke energije. Tako na primer pri uglu usmerenja vazdušne struje od 90° i pri brzini od 15 m·s<sup>-1</sup> naličja listova su bila pokrivena najviše 50% u poređenju sa 85% što je postignuto sa uglom usmerenja od 45° unazad.

Dijagram na Slici 5. pokazuje uticaj brzine i ugla usmerenja vazdušne struje na opadanje brzine vazdušnog mlaza. Rezultati pokazuju da pri strujanju od 10, 15 i 20 m·s<sup>-1</sup> sa promenom ugla strujanja od 90° na 60° na 45°, dolazi do opadanja brzine strujanja. To se objašnjava pojavom da se sa povećanjem dužine puta povećava i otpor filtera.

Analizom dijagrama uočava se da je gubitak-pad brzine vazdušne struje u redu-zidu vinove loze utoliko veći ukoliko je veća brzina vazdušne struje van zida vinove loze. Intenzivan pad kinetičke energije znatno doprinosi poboljšanju efikasnosti filtriranja i zadržavanja zaštitnog sredstava na lišću vinove loze.



Slika 5. Uticaj početne brzine i ugla usmerenja vazdušne struje na opadanje brzine vazdušnog mlaza  
*Figure 5. Influence of initial velocity and angle of air flow direction to the air stream velocity decrease*



Slika 6. Ispitivani tip orošivača  
*Figure 6. The tested type mistblowers*

## ZAKLJUČAK

Usmeravanje vazdušne struje koso unazad dovodi do većih vrednosti pokrivanja i boljeg zadržavanja zaštitnog sredstava na tretiranoj površini. Činjenica je da postoji zavisnost između boljeg odlaganja i smanjenja ugla usmerenja vazdušne struje sa 90° na 60° na 45°.

Rezultati ispitivanja pokazuju da je deponovanje zaštitnog sredstva bolje a ekološko opterećenje manje ukoliko je ugao usmerenja vazdušne struje manji u odnosu na pravac kretanja a ventilator na orošivaču postavljen u položaju tako da obavlja tretiranje gornjih delova redova vinove loze. Veći uspeh u tretiranju zasada orošivačima, a manje ekološko zagađenje, nameće iznalaženje kompromisa između bioloških, hemijskih i tehničkih parametara u procesu zaštite vinove loze.

## LITERATURA

- [1] Koch, H., Weisser, P. 2002. Expression of dose rate with respect to orchard sprayer function. *Advances of Applied Biology* 66, 353–358.
- [2] Pergher, G., Petris, R. 2007. Canopy structure and deposition efficiency of vineyard sprayers. *Rivista di Ingegneria Agraria* 2, 53–60.
- [3] Sutton, T.B., Unrath, C.R. 1984. Evaluation of the tree-row-volume concept with density adjustments in relation to spray deposits in apple orchards. *Plant Disease* 68 (6), 480–484.
- [4] Walklate, P.J., Cross, J.V., Richardson, G.M., Baker, D.E., Murray, R.A. 2003. A generic method of pesticide dose expression: application to broadcast spraying of apple trees. *Annals of Applied Biology* 143, 11–23.
- [5] Walklate, P.J., Cross, J.V., Richardson, G.M., Baker, D.E. 2006. Optimising the adjustment of label-recommended dose rate for orchard spraying. *Crop Protection* 25, 1080–1086.
- [6] Walklate, P.J., Cross, J.V. 2010. A webpage calculator for dose rate adjustment of orchard spraying products. *Aspects of Applied Biology* 99, 359–366.
- [7] Živković, M., Komnenić, V., Urošević, M. 2006. Uticaj konstruktivnih rešenja orošivača na kvalitet zaštite i smanjenja drifta, *Poljoprivredna tehnika, broj 3*, Beograd, strp. 11-17.

# UTICAJ KVALITETA NAPONA NA ENERGETSKU EFIKASNOST ASINHRONIH MOTORA U POLJOPRIVREDI

**Dukan Vukić<sup>1\*</sup>, Branko Radičević<sup>1</sup>, Žarko Milkić<sup>2</sup>, Nenad Floranović<sup>3</sup>,**

<sup>1</sup> *Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku*

<sup>2</sup> *Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica*

<sup>3</sup> *Istraživačko-razvojni centar ALFATEC, Niš*

**Sažetak:** Kvalitet napona napajanja trofaznih asinhronih motora definiše vrednost napona, nesimetrija napona i harmonijska distorzija napona. U radu je ukazano na uticaj kvaliteta napona napajanja na energetske efikasnosti trofaznih asinhronih motora sa posebnim osvrtom na energetske efikasnosti asinhronih motora sa kaveznim rotorom u poljoprivredi. Povećanje energetske efikasnosti asinhronih motora postiže se ne samo primenom energetski efikasnih asinhronih motora, već i optimizacijom troškova za utrošenu električnu energiju, na šta značajan uticaj ima kvalitet napona napajanja i izbor optimalne vrednosti napona napajanja, s obzirom na nominalnu snagu, režim rada, opterećenje i konstruktivne karakteristike primenjenih asinhronih motora.

**Ključne reči:** *asinhroni motor, napon, energetska efikasnost, električna energija, gubici, stepen korisnog dejstva*

## INFLUENCE OF VOLTAGE QUALITY ON ENERGY EFFICIENCY OF INDUCTION MOTORS IN AGRICULTURE

**Dukan Vukić<sup>1</sup>, Branko Radičević<sup>1</sup>, Žarko Milkić<sup>2</sup>, Nenad Floranović<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia*

<sup>2</sup> *University of Pristina, Faculty of Technical Sciences, Kosovska Mitrovica, Republic of Serbia*

<sup>3</sup> *Research and Development Center ALFATEC, Niš, Republic of Serbia*

**Abstract:** Voltage quality of power supply for three-phased induction motors is defined with value of voltage, voltage asymmetry and harmonic distortion of voltage. In this paper, an influence of voltage quality on energy efficiency of three-phased induction motors has been pointed, with particular review on energy efficiency of induction motors with squirrel-cage rotors in agriculture. Increase of energy efficiency of induction motors is achieved not only with applying energy efficient induction motors, but also with

---

\* Kontakt autor. E-mail: vukicd@agrif.bg.ac.rs

Rad je rezultat istraživanja u okviru projekata: 1) „Unapređenje biotehnoških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta polj. proizvo-da“, TR-31051, 2) „Razvoj novih informaciono-komunikacionih tehnologija, korišćenjem naprednih matematičkih metoda, sa primenama u medicini, telekomunikacijama, energe-tici, zaštititi nac. baštine i obrazovanju“, III-44006, i 3) „Inteligentne energetske mreže“, III-42009, koje finasira Ministarstvo za prosvetu, nauku i teh. razvoj Republike Srbije

optimization of costs of consumed electrical energy, on which significantly influences the quality of voltage power supply and the choice of optimal value of voltage power supply, considering nominal power, working mode, load and constructive characteristics of induction motors being applied.

**Key words:** *induction motor, voltage, energetic efficiency, electrical energy, losses, power efficiency coefficient*

## UVOD

Asinhroni električni motori, koji se izvode kao trofazni i jednofazni, predstavljaju najrasprostranjenije električne motore i oni su danas najveći potrošači električne energije. Elektromotorni pogoni sa asinhronim motorima troše između 30% i 40% od celokupne proizvedene električne energije. Zato se danas povećanju energetske efikasnosti asinhronih motora posvećuje posebna pažnja.

Povećanje energetske efikasnosti asinhronih motora postiže se kako primenom energetske efikasnih asinhronih motora, tako i primenom niza mera koje, pre svega, utiču na smanjenje troškova električne energije, ali i povećanje energetske efikasnosti kompletnog elektromotornog pogona i njegovih komponenti, [1], [2].

Jedan od važnih faktora koji utiče na energetske efikasnost trofaznih asinhronih motora jeste i kvalitet napona napajanja, pri čemu kvalitet napona definiše vrednost napona, nesimetrija napona i harmonijska distorzija napona napajanja.

Veliki doprinos unapređenju poljoprivredne proizvodnje, odnosno povećanju prinosa po jedinici površine i povećanju produktivnosti rada daje primena savremenih tehničkih sredstava pomoću kojih se vrši mehanizacija poljoprivredne proizvodnje. Različite primene električnih motora u tom smislu imaju značajnu ulogu [3].

Električni motori nalaze veliku primenu u svim oblastima poljoprivrede. S obzirom na velike prednosti električnih motora u odnosu na motore sa unutrašnjim sagorevanjem (tehničke, ekonomske, kvalitativne), oni se, gde je god to moguće, koriste u poljoprivredi kao uređaji za proizvodnju mehaničkog rada.

Imajući u vidu karakteristike radnih mašina u poljoprivredi pokazuje se da su za primenu u poljoprivredi ubedljivo najpogodniji asinhroni motori sa kaveznom rotorom, čije nominalne snage iznose do 10 kW, a ređe do 50 kW, [4]. Na svakom imanju srednje veličine instalirano je više stotina asinhronih motora, pomoću kojih je moguće obaviti veliki broj različitih poslova. Često se pomoću jednog motora, postavljenog na odgovarajuće prenosno ili prevozno postolje opslužuje više radnih mašina. Na taj način se postižu značajne uštede u materijalnom ulaganju i povećanju iskorišćenja pojedinih motora, pošto je veliki broj poslova u poljoprivredi sezonskog karaktera. To se, naravno ne odnosi na radne mašine, koje zahtevaju ugrađene motore.

S obzirom da su poljoprivredna imanja locirana na velikim površinama, energetske provodnici tada često imaju velike dužine (zbog čega se javljaju veliki padovi napona), kao i zbog činjenice da u poljoprivrednim objektima ima značajan broj jednofaznih priključaka i jednofaznih potrošača (što utiče na simetričnost trofaznih napona napajanja), problem kvaliteta napona napajanja u toj oblasti je posebno izražen, naročito u pogledu vrednosti napona i nesimetrija napona. Zato ovom problemu treba posvetiti posebnu pažnju, kako bi se smanjio utrošak električne energije i povećala energetska efikasnost primenjenih asinhronih motora.

## MATERIJAL I METOD RADA

Trofazni asinhroni motor je sa strane statora priključen na trofaznu mrežu iz koje uzima električnu snagu  $P_1 = \sqrt{3}UI \cos \varphi$  (utrošena snaga). Rotor je mehanički spregnut sa radnom mašinom kojoj predaje korisnu (mehaničku) snagu  $P$ . Proces elektromehaničkog pretvaranja energije u asinhronom motoru praćen je gubicima  $\Sigma P_\gamma$ . Principijelna šema trofaznog asinhronog motora je prikazana na Sl. 1.

Ukupni gubici  $\Sigma P_\gamma$ , koji se javljaju pri radu asinhronog motora, sastoje se od električnih, magnetnih i mehaničkih gubitaka, odnosno od gubitaka u bakru, gubitaka u gvožđu i gubitaka usled trenja i ventilacije, [2]:

$$\Sigma P_\gamma = P_1 - P = P_{\gamma el} + P_{\gamma mag} + P_{\gamma meh} \quad (1)$$

odnosno:

$$\Sigma P_\gamma = P_{Cu} + P_{Fe} + P_{fv} \quad (2)$$

ili:

$$\Sigma P_\gamma = P_{Cu_1} + P_{Cu_2} + P_{Fe_1} + P_{fv} \quad (3)$$

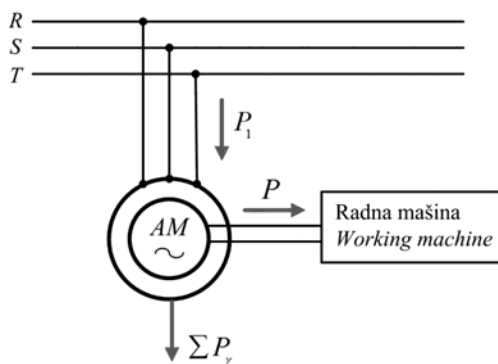
gde su:

$P_{Cu_1}$  i  $P_{Cu_2}$  [W] - gubici u bakru statora i rotora,

$P_{Fe_1}$  [W] - gubici u gvožđu statora i

$P_{fv}$  [W] - gubici usled trenja i ventilacije.

Gubici u gvožđu rotora  $P_{Fe_2}$  [W] su zanemarljivo mali, [3].



Slika 1. Principijelna šema trofaznog asinhronog motora  
Figure 1. Principal scheme of a three-phase induction motor

Odnos snaga  $P$  i  $P_1$  [kW] definiše stepen korisnog dejstva asinhronog motora:

$$\eta = \frac{P}{P_1} = \frac{P}{P + \Sigma P_\gamma} \quad (4)$$

koji se u nominalnom režimu rada kreće u granicama od 0,75 do 0,95 u zavisnosti od nominalne (nazivne) snage  $P_n$  motora. Sa porastom nominalne snage motora povećava se stepen korisnog dejstva, [3].

Asinhroni motor je induktivni potrošač što znači da pri radu, iz mreže, pored aktivne uzima i reaktivnu snagu. Odnos tih snaga definisan je faktorom snage  $\cos\varphi$ . Struja koju trofazni asinhroni motor pri nekoj snazi opterećenja  $P$  uzima iz mreže iznosi:

$$I = \frac{P}{\eta\sqrt{3}U \cos\varphi} \quad (5)$$

To znači da će za istu korisnu snagu  $P$  motor uzimati utoliko manju struju što je reaktivna snaga  $Q$  manja, odnosno faktor snage  $\cos\varphi$  veći.

Gubici snage i reaktivno opterećenje zavise od vrednosti napona napajanja.

Gubici u bakru, odnosno gubici opterećenja, uz zanemarivanje dodatnih gubitaka ( $P_{Cu} = P_{Cu1} + P_{Cu2}$ ) zavise od relativne vrednosti napona napajanja ( $u = U / U_n$ ), na način definisan izrazom:

$$P_{Cu} = P_{Cu_n} \frac{p^2}{u^2} \quad (6)$$

gde su:

$P_{Cu_n}$  [W] - gubici u bakru pri nominalnom režimu rada ( $P_n, U_n$ ).

Ovi gubici se određuju kao razlika ukupnih nominalnih gubitaka snage  $P_{\gamma_n}$  i snage praznog hoda pri nominalnom naponu  $P_{o_n}$  :

$$P_{Cu_n} = P_{\gamma_n} - P_{o_n} \quad (7)$$

Vrednosti ukupnih gubitaka snage, u apsolutnim i relativnim jedinicama, pri relativnom opterećenju  $p$  i relativnoj vrednosti napona napajanja  $u$ , sračunavaju se prema sledećim izrazima:

$$P_{\gamma}(p, u) = P_o(u) + P_{Cu_n} \frac{p^2}{u^2} \quad (8)$$

$$p_{\gamma}(p, u) = p_o(u) + p_{Cu_n} \frac{p^2}{u^2} \quad (9)$$

Pri utvrđivanju zavisnosti reaktivnih opterećenja od relativnih vrednosti napona  $Q = f(u)$ , za opterećenja od praznog hoda do nominalnog, prvo se određuje zavisnost reaktivnih opterećenja praznog hoda, u apsolutnim ( $Q_o$ ) i relativnim ( $q_o = Q_o / P_{1_n}$ ) jedinicama:

$$Q_o = f(u) \quad i \quad q_o = f(u) \quad (10)$$

Vrednosti reaktivnih snaga sračunavaju se prema izrazima:

$$Q_1(u) = Q_o(u) + Q_{1_n} \frac{p^2}{u^2} \quad (11)$$

$$q_1(u) = q_o(u) + q_{1_n} \frac{p^2}{u^2} \quad (12)$$

pri čemu se vrednosti reaktivnih snaga pri nominalnom režimu  $Q_{1_n}$  i  $q_{1_n}$  izračunavaju iz odnosa maksimalnog i nominalnog momenta [Nm] ( $m_{\max} = M_{\max} / M_n$ ), [1]:

$$Q_{1_n} = 0,5 \frac{P_n}{m_{\max}} \quad i \quad q_n = \frac{0,5}{m_{\max}} \quad (13)$$

Analiza rada trofaznog asinhronog motora u slučaju kada je trofazni napon napajanja nesimetričan vrši se primenom metode simetričnih komponenti. Suština metode se sastoji u tome da se nesimetrični trofazni napon razloži na dva simetrična sistema, direktni i inverzni (u ovom slučaju ne postoji unifazni sistem) i da se analiza sprovede u okviru ta dva sistema, [5]. Klizanje u relativnim jedinicama [r.j.] za direktni redosled je isto kao za standardni režim rada ( $s_1 = s$ ), dok je klizanje inverznog redosleda:

$$s_2 = 2 - s \quad (14)$$

Usled struja i napona direktnog redosleda javljaju se i dve komponente momenta motora, direktna i inverzna, koje su definisani sledećim relacijama:

$$M_1 = \frac{q R_2'}{\Omega_1 s} \frac{U_1^2}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_{\gamma_1} + X_{\gamma k_2}')^2} \quad (15)$$

$$M_2 = \frac{q R_{22}'}{\Omega_2 2 - s} \frac{U_2^2}{\left(R_1 + \frac{R_{22}'}{2 - s}\right)^2 + (X_{\gamma_1} + X_{\gamma k_{22}}')^2} \quad (16)$$

pri čemu su  $R_1$ ,  $R_2'$ ,  $R_{22}'$ ,  $X_{\gamma_1}$ ,  $X_{\gamma k_2}'$  i  $X_{\gamma k_{22}}'$  parametri ekvivalentne šeme, [5].

Rezultantni momenat asinhronog motora u uslovima nesimetričnog napajanja je:

$$M = M_1 - M_2 \quad (17)$$

Inverzna komponenta momenta  $M_2$  je kočnog (otpornog) karaktera, što doprinosi smanjenju momenta motora u odnosu na standardni simetrični režim rada i povećanju klizanja, odnosno smanjivanju brzine. Rotorska učestalost inverznog redosleda je velika i približno je jednaka dvostrukoj mrežnoj učestalosti [ $f_2 = (2 - s)f$ ], za razliku od rotorske učestalosti za direktni redosled, odnosno standardni režim rada, koja iznosi svega nekoliko Hz ( $f_2 = sf$ ). To doprinosi povećanju gubitaka u gvožđu rotora.

Osnovni razlog narušavanja simetrije napona napajanja trofaznih asinhronih motora jeste nesimetrično opterećenje pojedinih faza na koje posebno utiče prisustvo većih monofaznih potrošača ili nesimetričnih kondenzatorskih baterija sa oštećenim ili isključenim kondenzatorima zbog pregorevanja osigurača jedne faze. Nesimetrično opterećenje pojedinih faza posebno je izraženo u poljoprivredi, gde postoji veliki broj monofaznih izvoda i monofaznih potrošača, zbog čega je često opterećenje pojedinih faza veoma različito.

Posledice koje se javljaju pri nesimetričnom napajanju trofaznog asinhronog motora su negativne i višestruke. One se ogledaju u povećanju klizanja, povećanju gubitaka, nejednakom zagrevanju pojedinih faza, pojavi gubitaka inverznog redosleda, smanjenju stepena korisnog dejstva, smanjenju dozvoljenog opterećenja, smanjenju maksimalnog i polaznog momenta i dr. Povećanje gubitaka i smanjenje stepena korisnog dejstva prouzrokuje povećani utrošak električne energije i smanjenje energetske efikasnosti motora.

Što je stepen nesimetrije faznih napona napajanja veći pomenuti efekti su izraženiji. Tako npr. prema NEMA standardu (*National Electrical Manufacturers Association*), [6], pri nesimetriji napona 2%, 3%, 4% i 5% vrednosti koeficijenata dozvoljenog opterećenja („*derating factor*”), redom iznose: 0,95, 0,93, 0,87 i 0,81. Primenom nacionalnih i



međunarodnih standarda dozvoljeni stepen nesimetrije napona treba da bude manji od 2%. Pri opterećenjima manjim od nominalnog motor može raditi i sa većim stepenom nesimetrije.

Harmonijska distorzija napona napajanja trofaznog asinhronog motora uslovljena je nesinusoidalnim oblikom napona napajanja, koji se javlja kada se motor napaja preko poluprovodničkih pretvarača napona i učestanosti u cilju regulisanja brzine ili zbog postojanja nelinearnih potrošača ili pretvarača koji se napajaju iz te mreže. U slučaju nesinusoidalnog napona napajanja pored osnovnog harmonika, javljaju se i viši vremenski harmonici i njihovo prisustvo dovodi do više efekata koji negativno utiču na rad motora [7]. U elektromotornim pogonima u poljoprivredi praktično ne postoje razlozi za pojavu harmonijske distorzije napona, pa se zato taj parametar kvaliteta napona ovde neće analizirati.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Radi uvida u efekat promene napona napajanja na gubitke i stepen korisnog dejstva trofaznog kaveznog asinhronog motora, odnosno na njegovu energetska efikasnost, primenom originalne metode za proračun radnih karakteristika asinhronog motora, izložene u [8], izvršeni su odgovarajući proračuni za trofazni kavezni asinhroni motor snage  $P_n = 4 \text{ kW}$ , koji se može smatrati tipičnim asinhronim motorom za primenu u poljoprivredi.

Kataloški podaci i podaci dobijeni eksperimentalnim putem, [9], [10] za taj motor su:

$$P_n = 4 \text{ kW}, \quad U_n = 380 \text{ V}, \quad f = 50 \text{ Hz}, \quad 2p = 4, \quad n_n = 1425 \text{ o/min}, \quad \eta = 0,84, \\ \cos\varphi = 0,855, \quad P_{fv} = 21 \text{ W}, \quad P_{Fe} = 128 \text{ W}, \quad \cos\varphi_o = 0,092, \quad R_1 = 1,62 \text{ } \Omega, \quad R_2 = 1,5 \text{ } \Omega, \\ X_{\gamma_1} = 2 \text{ } \Omega, \quad X'_{\gamma k_2} = 3,42 \text{ } \Omega, \quad X_m = 31,85 \text{ } \Omega, \quad M_{\max} / M_n = 2,92.$$

Izračunate su vrednosti stepena korisnog dejstva ( $\eta$ ) i faktora snage ( $\cos\varphi$ ) u relativnim jedinicama pri opterećenjima  $p = P / P_n = 0,25 - 1,00$  (*r.j.*) i u oblasti napona napajanja  $u = U / U_n = 0,9 - 1,1$  (*r.j.*). Dobijeni rezultati dati su u Tab. 1 i 2.

Tabela 1. Stepen korisnog dejstva za opterećenja  $p=0,25-1,00$  u oblasti napona  $u=0,9-1,1$  (*r.j.*)  
Table 1. Power efficiency for load  $p=0.25-1.00$ , within voltage domain  $u=0.9-1.1$  (*p.u.*)

$p=P/P_n$	0,25	0,50	0,75	1,00
$u=U/U_n$	Stepen iskorišćenja ( $\eta$ ) Power efficiency ( $\eta$ )			
0,90	0,801	0,842	0,853	0,826
0,95	0,790	0,831	0,850	0,827
1,00	0,761	0,820	0,850	0,840
1,05	0,735	0,806	0,847	0,831
1,11	0,694	0,795	0,819	0,828

Tabela 2. Faktor snage za opterećenja  $p=0,25-1,00$  u oblasti napona  $u=0,9-1,1$  (*r.j.*)  
Table 2. Power factor for load  $p=0.25-1.00$ , within voltage domain  $u=0.9-1.1$  (*p.u.*)

$p=P/P_n$	0,25	0,50	0,75	1,00
$u=U/U_n$	Faktor snage ( $\cos\varphi$ ) Power factor ( $\cos\varphi$ )			
0,90	0,640	0,816	0,882	0,890
0,95	0,580	0,780	0,851	0,870
1,00	0,520	0,720	0,820	0,855
1,05	0,460	0,651	0,781	0,830
1,11	0,400	0,595	0,719	0,790

Rezultati sređeni u Tab. 1 i 2, dobijeni primenom navedene metode, pokazuju dobro slaganje sa zaključcima izloženim u literaturi koja se bavi ovom problematikom [11], [12], [13].

Analizom rezultata prikazanih u Tab. 1 i 2 može se zaključiti sledeće:

- Stepen korisnog dejstva raste ukoliko se napon smanjuje ispod nominalnog, ako je opterećenje do 50% nominalnog opterećenja ( $p < 0,5$ ). To povećanje iznosi od 2,2% do 4%.
- Pri povećanju napona iznad nominalne vrednosti stepen korisnog dejstva se smanjuje pri svim vrednostima opterećenja, pri čemu je to smanjenje veće pri nižim vrednostima snage opterećenja. To smanjenje iznosi oko 1,5%.
- Faktor snage se povećava pri smanjivanju napona napajanja, pri čemu je to povećanje izraženije pri nižim vrednostima snage opterećenja, što dovodi do smanjenja potrošnje reaktivne energije. Tako se u konkretnom slučaju, pri opterećenju  $P = 0,25P_n$ , i naponu  $U = 0,95U_n$  potrošnja reaktivne energije smanjuje za 14,7%, a pri naponu  $U = 0,9U_n$  i istom opterećenju to smanjenje iznosi 26,9%.
- Promena faktora snage je izraženija što su relativna opterećenja niža i što su motori manjih snaga.

Radi uvida u uticaj nesimetrije napona na karakteristike asinhronog motora izvršen je proračun za navedeni motor nominalne snage  $P_n = 4 \text{ kW}$  za slučaj kada je vrednost pojedinih faznih napona:  $\underline{U}_A = 220 \text{ V}$ ,  $\underline{U}_B = 200e^{j150^\circ} \text{ V}$  i  $\underline{U}_C = 240e^{j90^\circ} \text{ V}$ .

Pri tome je dobijeno da je pri nominalnoj brzini motora momenat smanjen za 6,2%, ali glavni problem je u tome što se struje pojedinih faza veoma razlikuju i u datom slučaju one, u relativnim jedinicama, iznose:  $i_A = 1,49$ ,  $i_B = 1,22$  i  $i_C = 0,46$ , što znači da se pojedine faze jako zagrevaju zbog čega može doći do pregorevanja motora.

## ZAKLJUČAK

Asinhroni motori su jedan od najvećih potrošača električne energije u poljoprivredi. Zato je neophodno preduzimanje mera za povećanje energetske efikasnosti pogona sa tim motorima u toj oblasti i postizanje što veće uštede električne energije. Jedan od faktora koji utiče na energetska efikasnost asinhronih motora jeste kvalitet napona napajanja koga definiše vrednost napona, nesimetrija napona i harmonijska distorzija napona napajanja.

U poljoprivredi se najčešće primenjuju trofazni kavezni asinhroni motori nominalne snage do 10 kW. Analize sprovedene u ovom radu pokazuju da kod ove vrste motora stepen korisnog dejstva raste ukoliko se napon smanjuje ispod nominalnog, ako je opterećenje manje od 50% nominalne snage, dok se stepen iskorišćenja pri povećanju napona iznad nominalnog smanjuje pri svim vrstama opterećenja, pri čemu je to smanjenje veće pri nižim vrednostima snage opterećenja. Nominalni napon je približno optimalan pri opterećenjima koja su približna nominalnoj snazi motora, dok je pri opterećenjima manjim od nominalnih optimalni napon niži od nominalnog, i to utoliko više što su motori manjih nominalnih snaga i što su opterećenja motora niža. Faktor snage se povećava pri smanjivanju napona napajanja, pri čemu je to povećanje izraženije pri nižim snagama opterećenja. Povećanje faktora snage je izraženije što su relativna opterećenja niža i što su motori manje snage. Povećanju faktora snage odgovara smanjenje potrošnje reaktivne energije,

odnosno smanjenje gubitaka, povećanje stepena korisnog dejstva i smanjenje troškova za utrošenu električnu energiju.

Navedeni rezultati su posebno značajni za primenu u trofaznih kaveznih asinhronih motora u poljoprivredi, [4], [14], [15], pošto tada motori često rade sa opterećenjima manjim od nominalnog, posebno u slučajevima kada su motori predviđeni da pokreću više različitih radnih mašina.

Nesimetrija napona napajanja trofaznih asinhronih motora je prouzrokovana najčešće nejednakim opterećenjem pojedinih faza na šta posebno utiče veliki broj monofaznih izvoda i velikih monofaznih potrošača, što je posebno prisutno u poljoprivredi. Posledice koje se imaju pri nesimetričnom naponu napajanja su negativne i višestruke i značajno utiču na energetska efikasnost motora. Zato prema važećim propisima i standardima maksimalni stepen nesimetrije mora da bude manji od 2%. Harmonijska distorzija napona napajanja praktično ne postoji u elektromotornim pogonima u poljoprivredi.

## LITERATURA

- [1] Kostić, M., 2010. *Povećanje energetske efikasnosti elektromotora u pogonima*, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd, Srbija.
- [2] Vukić, Đ., Radičević, B., Floranović, N., Kocić, M. 2011. Energetska efikasnost asinhronih motora u poljoprivredi. *Poljoprivredna tehnika*, br. 3, Beograd, Srbija, pp. 1-9.
- [3] Vukić, Đ. 2011. *Električni motori*, VISER, Beograd, Srbija
- [4] Vukić, Đ. 1992. *Pogonske mašine u poljoprivredi – Elektromotori u poljoprivredi*, Poljoprivredni fakultet, Beograd, Srbija
- [5] Stajić, Z., Vukić, Đ., Radić, M. 2011. *Asinhrona mašine*, Elektronski fakultet, Niš, Srbija
- [6] NEMA MG 10-2001, 2007. *Energy Management Guide for Selection and Use of Fixed Frequency Medium AC Squirrel-Cage Polyphase Induction Motors*, Rosslyn, Virginia, USA
- [7] Vukić, Đ., 1985. Uticaj viših harmonika na rad asinhronog motora. *Tehnika*, separat Elektrotehnika, br. 12, Beograd, Srbija, pp. 11-14
- [8] Vukić, Đ., Stojanović, D. 1991. Jedna nova metoda za proračun radnih karakteristika asinhronog motora. *Tehnika*, II Zbornik radova Elektrotehničkog fakulteta u Prištini, Srbija, pp. 157-166
- [9] Vukić, Đ., Stajić, Z., Radić, M. 2004. *Asinhrona mašine – zbirka zadataka*, Akademska misao, Beograd, Srbija
- [10] Vukić, Đ., Ercegović, Đ., Raičević, D., Oljača, M. 2006. Merenje momenta asinhronog motora. *Poljoprivredna tehnika*, br. 4, Beograd, Srbija, pp. 71-79
- [11] Kostić, M., 1998. Smanjenje opterećenja i potrošnje energije podešavanjem vrednosti napona motora. *Elektroprivreda*, No. 3, Beograd, Srbija, pp. 65-78
- [12] Liuders, J.R., 1972. Effects of Power Supply Variations on AC Motor Characteristics. *IEEE Transaction on Ind. Appl.*, Vol. 1A-8, USA, pp. 383-400
- [13] Ivanov - Smolensky, A. 1992. *Electrical Machines*, Vol. 2, Energia, Moscow, Russia
- [14] Vukić, Đ., Stajić, Z., Ercegović, Đ. 1998. Optimizacija elektromotornog pogona pumpi sa asinhronim motorima. *Poljoprivredna tehnika*, br. 2, Beograd, Srbija, pp. 65-77
- [15] Radić, M., Nikolić, D., Stajić, Z., Vukić, Đ. 2005. Praktičan primer poređenja energetske efikasnosti malih pumpnih stanica. *Poljoprivredna tehnika*, br. 2, Beograd, Srbija, pp. 43-53

## ENERGETSKI POTENCIJAL PRODUKATA REZIDBE VOĆARSKIH I VINOGRADARSKIH ZASADA SRBIJE

Milovan Živković<sup>1\*</sup>, Mirko Urošević<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>, Ranko Koprivica<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd – Zemun, Republika Srbija

<sup>2</sup> Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Republika Srbija

**Sažetak:** Savremene tehnologije voćarsko-vinogradarske proizvodnje podrazumevaju sprovođenje intenzivne rezidbe zasada gde nastaju znatne količine biljnih ostataka koji predstavljaju biomasu znatne ekološke i energetske vrednosti. Dobijanje toplotne energije i upotreba ostataka rezidbe kao biomase značajna je sa stanovišta zaštite okoline, zbog zatvorenog ciklusa emisije i potrošnje CO<sub>2</sub>. Ostaci rezidbe u zasadima predstavljaju problem u sprovođenju agrotehničkih mera, tako da je neophodno njihovo iznošenje sa navedenih površina. Ograničene rezerve fosilnih goriva i veliko zagađenje životne sredine nameću potrebu iznalaženja alternativnih i obnovljivih izvora energije koji istovremeno smanjuju ekološko zagađenje.

Veoma aktuelni problem predstavlja definisanje optimalnih tehnologija i tehničkih rešenja mašina za korišćenje ostataka rezidbe voćaka i vinove loze, što znatno povećava energetska efikasnost ove proizvodnje. Zastarele tehnologije, ekstenzivna proizvodnja i neracionalno raspolaganje energijom, u našim uslovima, prikupljanje, obrada, priprema i korišćenje biljnih ostataka nisu našli adekvatnu primenu.

Preduslov za istraživanje ekonomske i tehničke opravdanosti korišćenja ostataka rezidbe (biomaterijala) predstavljaju podaci o količini, energetske potencijalu, načinu obrade, transportabilnosti, ceni, pogodnosti za skladištenje, čuvanje i sagorevanje. Najznačajnije polazište tom istraživanju je definisanje energetske potencijala ostataka rezidbe na godišnjem nivou.

**Ključne reči:** ostaci rezidbe, energija, korišćenje biomase, voćnjak, vinograd

## ENERGY POTENTIAL OF PRODUCTS OF FRUIT AND GRAPE PLANTATIONS PRUNING IN SERBIA

Milovan Živković<sup>1</sup>, Mirko Urošević<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>, Ranko Koprivica<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun, Republic of Serbia

<sup>2</sup> University of Kragujevac, Faculty of Agriculture in Čačak, Republic of Serbia

**Abstract:** Modern technologies of the fruit and wine production include implementation of the intensive plantation pruning where the accumulated considerable amounts of plant biomass residue have significant environmental and energy value. Thermal energy

---

\* Kontakt autor. E-mail: mzivko@agrif.bg.ac.rs

Rad je deo istraživanja u okviru projekta «Unapređenje biotehničkih postupaka racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda, TR 31051, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

and the use of pruning residues as biomass are important from the point of view of environmental protection and the closed-cycle of CO<sub>2</sub> emission and consumption. Remains of the pruning in the orchards represent a problem during the implementation of agricultural practices, so necessity for their disposal from these surfaces exists. Fossil fuel limited reserves and the environmental pollution impose the necessity of finding alternative and renewable energy resources with the environmental pollution reduction.

Very important problem is to correctly define the optimal technical solutions and technologies for utilization of machine pruning of fruit trees and vines, which will increase the energy efficiency of the production. Outdated technologies, extensive production and inefficient consumption of energy in our country environment, haven't been helping in the suitable application of the collecting, preparing and using of the remains of the pruning.

The prerequisite for the study of the economic and technical feasibility for the using of pruning residues (biomaterials) are the information about the quantity, the energy potential, the workmanship, the transportability, the price, the storage convenience, the preservation and the combustion. The essential starting point for this research is the annually definition of the energy potential of the pruning residues.

**Key words:** *pruning residues, energy, biomass, orchard, vineyard*

## UVOD

Procesima fotosinteze sunčeva svetlost transformiše CO<sub>2</sub> iz atmosfere i vodu u kompleks biljnih polimera, za kratak period vremena. Prema [3], biomasa je rezultat skladištenja sunčeve svetlosti kao hemijske energije u biljkama. Eksploatacija ovih resursa za energiju omogućava kruženje CO<sub>2</sub> kao i njegovo skladištenje u trajnim proizvodima [7].

Biomasa je potpuno obnovljiv resurs, i njeno korišćenje za biogorivo, bioenergiju, hemijske i druge proizvode ne povećava sadržaj CO<sub>2</sub> u atmosferi. Proizvodnja i korišćenje biomase pruža značajne pogodnosti za okruženje, ekonomiju i sigurnost.

Biljni materijali, koji se koristi direktno kao gorivo, ili pretvaraju u druge oblike pre sagorevanja, definišu se kao biomasa. Predstavlja biorazgradivu frakciju proizvoda kao što su: ostaci i otpaci iz poljoprivrede, šumarstva i prateće industrije, biljne i životinjske supstance kao i biorazgradive frakcije industrijskog i gradskog otpada [9].

U mnogim nerazvijenim zemljama Sveta korišćenje biomase kao izvora energije i dalje predstavlja osnovno gorivo u domaćinstvima. Činjenica je da se poslednjih godina počinje sa organizovanim korišćenje biomase izvan domaćinstava i da predstavlja u značajan energetski resurs. Mada, korišćenje biomase kao izvora energije datira od davnina poslednje vreme tretira se kao novi obnovljiv izvor energije. Energetski potencijal biomase je na prvom mestu od obnovljivih izvora energije.

Karakterističan hemijski sastav i fizički oblik biomase uslovljavaju značajnu razliku u odnosu na fosilna goriva i ističu njenu ekološku vrednost. Istraživanja [4] [6], su pokazala da biomasa u svom sastavu ne sadrži, ili sadrži znatno manje, sumpora u odnosu na fosilna goriva, daje joj ekološki značaj. Najznačajnije osobine biomase kao što su: heterogenost, mala zapreminska gustina, velika vlažnost, varijabilnost sastava usložnjava postupke sakupljanja, transporta i lagerovanja [10]. Povoljan efekat korišćenja biomase u sistemima za sagorevanje se postiže i supstitucijom dela uglja, odnosno zajedničkim sagorevanjem biomase i uglja koji predstavlja postupak kosagorevanja [14].

Mogućnost proizvodnje biomase kao goriva se može posmatrati kroz dva aspekta. Jedan je proizvodnja neke odabrane visokorodne biljne vrste (energetske šume), čiju organizaciju mora preuzeti država. Drugi pristup ovom problemu, daleko realniji u sadašnjim okolnostima, da svako poljoprivredno gazdinstvo proizvodi energiju za svoje potrebe [5].

Prema preliminarnim istraživanjima [9] [11], energetski potencijal ostataka biomase u Republici Srbiji je procenjen na 115 000 TJ·god<sup>-1</sup>. Od toga, ukupni energetski potencijal ostataka poljoprivredne biomase iznosi oko 65 000 TJ·god<sup>-1</sup>, u koji se ubraja 200 000 t·god<sup>-1</sup> ostataka rezidbe voćaka, vinove loze i prerade voća.

Na osnovu stepena razvoja teničkih i tehnoloških rešenja, može se konstatovati da u bliskoj budućnosti obnovljivi izvori energije dobijeni od ostataka rezidbe iz voćnjak i vinogrda u našoj zemlji će se koristiti za niskotemperaturske potrebe [15]. Tamo gde je razvijena voćarska i vinogradarska proizvodnja, ovaj oblik biomase kao ekonomično gorivo može se uspešno koristiti za proizvodnju toplotne energije najpre za relativno manje potrošače.

## MATERIJAL I METODE RADA

Obaveznu agrotehničku meru takom eksploatacije zasada voćaka i vinove loze predstavlja rezidba koja je prilagođena kako biološkim osobinama svake vrste tako i sorti. Veoma je kompleksna mera a u toku godine obavlja se za vreme mirovanje vegetacije tj. rezidba na zrelo i tokom vegetacije tj. zelena rezidba. Savremene intenzivne tehnologije gajenja zasada se karakterišu rezidbom koja daje znatne količine biomase, koja može imati višestruku upotrebu.

Biomasa dobijena rezidbom u voćarstvu i vinogradarstvu Srbije je nedovoljno istražen tako da ne postoje relevantni podaci o vrednosti energetskog potencijala. Ta činjenica ima za posledicu da ovaj oblik biomase nije značajnije zastupljen u energetskom bilansu zemlje. Imajući u vidu značaj procene energetskog bilansa i sve veće potrebe za obnovljivim izvorima energije, ovoj oblasti istraživanja treba posvetiti veću pažnju.

U radu za istraživanje korišćeni su podaci statističkih godišnjaka Republičkog zavoda za statistiku i informatiku, a odnosili su se na površine voćnjaka i vinograda kao i broj rodnih stabala odnosno čokota.

Korišćeni statistički podaci u cilju istraživanja zahtevali su primenu statističko-matematičke metode obrade podataka na osnovu kojih je utvrđeno variranje ukupnog broja stabala i čokota a time i energetskog potencijala za period 2000 – 2011 godinu.

Definisanje energetske vrednosti biomase nastale rezidbom voćaka i vinove loze odnosi se na deo biomase koji se dobija u zreloj rezidbi tokom mirovanja vegetacije biljaka. Produkti zelene rezidbe se karakterišu malom količinom celuloze, znatnim prisustvom vlage itd. nisu značajni kao energetski izvor u procesima sagorevanja.

Tabela 1. Broj stabala voćaka i čokota vinove loze u Srbiji [12]  
*Table 1. Number of fruit trees and grapevines in Serbia [12]*

Godina <sup>1</sup> Year <sup>1</sup>	Broj stabala (× 1000) Number of trees (× 1000)							
	Jabuka Apple	Kruška Pear	Dunja Quince	Šljiva Plum	Kajsija Apricot	Breskva Peach	Višnja Cherry	Vinova loza Grapes
2000	14265	5872	945	43103	1544	3563	8336	396
2001	14176	5384	920	42597	1550	3569	8428	382
2002	14445	5278	950	42383	1609	3946	8397	378
2003	14689	5242	932	42454	1612	3853	8812	367
2004	14890	5120	896	42513	1600	3948	8890	348
2005	14805	4958	926	42583	1583	3993	8938	337
2006	14658	4788	892	41796	1566	4035	8562	322
2007	15037	4723	858	41885	1571	4063	8651	309
2008	15224	4403	864	41885	1637	4093	8637	301
2009	15600	4471	845	41601	1694	4685	8683	290
2010	15880	4414	820	41171	1696	4516	8377	292
2011	16042	4528	836	40822	1781	4800	8377	274
Prosek Average	14976	4932	890	42066	1620	4089	8591	333

<sup>1</sup> Nisu obrađeni podaci za Kosovo i Metohiju

<sup>1</sup> Data for Kosovo and Metohija not included

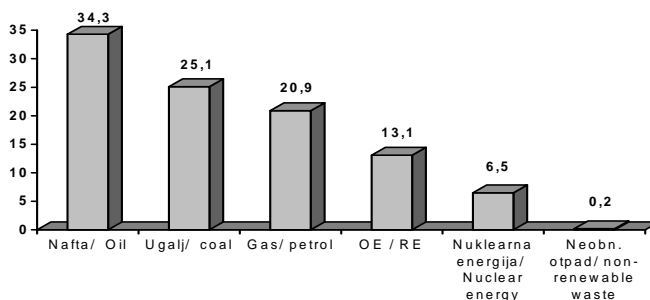
Primena odgovarajuće tehnologije kao i angažovanje određenih tehničkih sredstava kojima se obavlja prikupljanje, primarna obrada (baliranje, sitnjenje, presovanje-briketiranje), transport, lagerovanje i neposredna upotreba, su definisani namenom ostataka rezidbe. U Tabeli 1 je prikazan ukupan broj stabala voćaka i čokota vinove loze u Srbiji za dati vremenski period.

Rezultati istraživanja gornje toplotne moći ostataka rezidbe u voćnjacima i vinogradima sa vlagom od 10-15% [1] [8] [13] pokazuju da ostaci zrele rezidbe imaju vrednosti: jabuka  $17,4 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ , kruška  $17,5 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ , breskva  $17,7 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ , šljiva  $17,8 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  i vinova loza  $18 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Struktura ukupne primarne energije u svetu prikazana je na Sl. 1. [7]. Sa dijagrama se uočava da obnovljiva energija (OE) u ukupnom bilansu učestvuje sa 13,1%. Potencijal za bioenergiju je veoma velik i vrlo rasprostranjen širom sveta.

Danas je biomasa već glavni izvor ukupnih svetskih energetskih potreba, od svih raspoloživih obnovljivih izvora energije, i dostiže 12 % ( $50 \text{ EJ}\cdot\text{god.}^{-1}$ ) od ukupnih svetskih potreba ( $406 \text{ EJ}\cdot\text{god.}^{-1}$ ) [9]. Korišćenje biomase je uglavnom bazirano na ostacima poljoprivrede i šumarstva.



Slika 1. Ukupna primarna energija u Svetu [7]  
Figure 1. Total primary energy in the world [7]

U Republici Srbiji, prema statističkim podacima od 2000 do 2011, prosečan broj od sedam najznačajnijih voćnih vrsta, šljiva sa 42,066 miliona stabala i prosečnim učešćem 54,51% u ukupnom broju rodniha stabala, predstavlja vodeću voćnu vrstu. Posle šljive, po broju stabala sledi jabuka 14,976 (19,41%), višnja 8,591 (11,13%), kruška 4,932 (6,39%) i breskva 4,089 (5,32%), kajsija 1,620 (2,10%) i dunja 0,89 (1,15%). Za dati period najveće povećanje broja rodniha stabala je zabeleženo breskve (14,76%), zatim jabuke (4,98%), sledi kajsija (4,92%), a kod višnje (3,6%). Znatniji pad broja rodniha stabala zabeležen je kod kruške (16%), dunje (5,82%) i šljive za 2,41%.

Broj čokota vinove loze u periodu 2000-2011 se kretao u proseku 333 miliona čokota. Analizom podataka uočava se tendencija smanjenja broja čokota sa 396 na 274 miliona, odnosno zasađene površine od 57540 na 56434 hektara. Podaci sa terena pokazuju da u poslednjoj godini to smanjenja opada sa tendencijom porasta površine odnosno broja čokota.

Prinos orezane biljne mase u voćnjacima i vinogradima uslovljena je velikim brojem faktora koji zavise od bioloških osobina, starosti zasada, agrotehničkih mera, sistema gajenja itd. Presudni uticaj na količinu imaju pripadnost voćnoj vrsti, bujnost sorte i podloge, sprovedena agrotehnika i sistem rezidbe, zemljišni i klimatski uslovi itd.

Rezultati istraživanja o količini ostataka rezidbe (Tabela 2) pokazuju da dve "najprinosnije" voćne vrste su: šljiva od 2,87 do 4,59 t·ha<sup>-1</sup> što iznosi u proseku 7,46 kg·stablo<sup>-1</sup> i breskva sa prosekom od 2,42 do 4,68 t·ha<sup>-1</sup> odnosno u proseku 6,88 kg·stablo<sup>-1</sup>.

Veoma značajnu masu ostataka rezidbe pored breskve, kod koje se u rezidbi na zrelo odstrani i do 40 % ukupne mase, daje i vinova loza po čokotu (Tabela 3).

Tabela 2. Prinos ostataka rezidbe u 2010/2011. god na školskom dobru "Radmilovac" Poljoprivrednog fakulteta u Beogradu

Table 2. The yield of the pruning residues in 2010/2011 at the experimental estate "Radmilovac" of the Faculty of Agriculture in Belgrade

Vrsta <i>Species</i>	Sorta <i>Type</i>	Broj stabala (ha <sup>-1</sup> ) <i>Number of trees (ha<sup>-1</sup>)</i>	Prosek (kg·stablo <sup>-1</sup> ) <i>Average (kg·tree<sup>-1</sup>)</i>	Ukupno (kg·ha <sup>-1</sup> ) <i>Total (kg·ha<sup>-1</sup>)</i>
Breskva <i>Peach</i>	Samerset <i>Summerset</i>	500	4,85	2425
	Krestheven <i>Cresthaven</i>	500	6,43	3215
	Redheven <i>Redhaven</i>	500	9,36	4680
Šljiva <i>Plum</i>	Stenli <i>Stanley</i>	500	5,74	2870
	Požegača <i>Pozegaca</i>	500	9,18	4590
Jabuka <i>Apple</i>	Ajdared <i>Idared</i>	2190	1,42	3110
	Jonagold <i>Jonagold</i>	2190	1,59	3482

Količina biomase koja se dobija nakon rezidbe na zrelo kod najzastupljenijih sorti vinove loze u Srbiji prikazana je Tabelom 4. Količine ostataka rezidbe se dobija za raspored sadnje 2,5 x 1,5 m. Poređenjem podataka u tabeli 4 uočavaju se znatne razlike u količini biomase, koje se kod Tamjanike bela kreće od 0,619 kg·čokot<sup>-1</sup> pa do 1,237 kg·čokot<sup>-1</sup> kod Vranac, tako da je razlika i do 100 % a kod Župljanke 94,7%.

Tabela 3. Prinos ostataka rezidbe za neke gajene sorte vinove loze u Srbiji

Table 3. The yield of the pruning residues for some grape varieties grown in Serbia

Prinos <i>Yield</i>	Sorte vinove loze <i>Grape vine types</i>						
	Tamjanika bela <i>Tamjanika white</i>	<b>Game bojadiser</b> <i>Game tenturier</i>	Kreaca <i>Kreaca</i>	Kardinal <i>Cardinal</i>	Tamjanika crna <i>Tamjanika black</i>	Župljanka <i>Župljanka</i>	Vranac <i>Vranac</i>
kg·čokot <sup>-1</sup> <i>kg·vine<sup>-1</sup></i>	0,619	0,778	0,806	1,026	1,073	1,205	1,237
kg·ha <sup>-1</sup> <i>kg·ha<sup>-1</sup></i>	1650	2075	2150	2740	2860	3220	3300

Količina ostataka rezidbe pre svega najviše zavisi od biološke osobine sorti vinove loze, i to najpre njihova bujnost. Veliki uticaj na količinu ostataka rezidbe imaju: klimatski i zemljišni uslovi, mesta gajenja vinove loze kao i primenjenih agrotehničkih mera tokom eksploatacije zasada. U Tabeli 4 je prikazan energetski potencijal ostataka rezidbe voćaka i vinove loze u Srbiji za 2011 godinu.



Tabela 4. Energetski potencijal ostataka rezidbe voćaka i vinove loze u Srbiji za 2011  
 Table 4. Energy potential of the fruit trees and vines pruning residues in Serbia in 2011

Voćna vrsta <i>Fruit species</i>	Broj stabala/čokota (× 1000) <i>Number of trees/vines (× 1000)</i>	Ostaci rezidbe, prosek (kg-stab./čok. <sup>-1</sup> ) <i>Pruning residues, average (kg-tree/vine <sup>-1</sup>)</i>	Toplotna moć (MJ·kg <sup>-1</sup> ) <i>Thermal power (MJ·kg<sup>-1</sup>)</i>		Količina korisne Energije <i>The amount of useful energy</i>	
			Gornja <i>Upper</i>	Korisna <sup>1</sup> <i>Useful<sup>1</sup></i>	(MJ-stab./čok. <sup>-1</sup> ) <i>(MJ-tree/vine <sup>-1</sup>)</i>	GJ·ha <sup>-1</sup> <i>GJ·ha<sup>-1</sup></i>
Šljiva <i>Plum</i>	40822	7,7	18,65	12,10	93,17	3803386
Jabuka <i>Apple</i>	16042	2,4	17,8	11,42	27,41	439711
Kruška <i>Pear</i>	4528	4,2	18,0	11,58	48,63	220197
Breskva <i>Peach</i>	4800	6,6	19,4	12,7	83,82	402336
Dunja <i>Quince</i>	836	1,1	18,65	12,10	13,31	11127
Kajsija <i>Apricot</i>	1781	1,2	19,3	12,62	15,14	26964
Višnja <i>Cherry</i>	8377	1,8	18,65	12,10	21,78	182451
Vinova loza <i>Grapes</i>	274000	0,96	18,3	11,82	11,35	3109900

<sup>1</sup>Energetska vrednost se dobija na osnovu vlažnosti (10-15%) drvenaste biljne mase i odgovarajućeg stepena iskorišćenja ložišta pri sagorevanju koja se kreće oko 76% [10]

<sup>1</sup>Energy value is calculated based on humidity (10-15%) of the woody biomass and the corresponding degree of efficiency of the furnace during the combustion, which is about 76% [10]

Podaci u Tabele 4 pokazuju da su energetske vrednosti pojedinih voćnih vrsta za 2011 godinu iznosile: šljive 3803,386 TJ; jabuke 439,711 TJ; kruške 220,197 TJ; breskve 402,336 TJ; dunja 11,127 TJ; kajsija 26,964 TJ; višnja 182,451 TJ i vinove loze 3109,9 TJ, što ukupno iznosi 8196,072 TJ. Analizom, može se uočiti da je energetski potencijal ostataka rezidbe u vinogradima u odnosu na potencijal ostataka u zasadima i iznosi približno 80%. Zbir potencijala ostataka rezidbe šljive i vinove loze iznosi 538,9% od ukupnog energetskog bilansa ostalih najznačajnijih voćnih vrsta.

## ZAKLJUČAK

Energetski bilans sadržan u ostacima rezidbe voćaka i vinove loze karakterišu veoma promenljive vrednosti a uslovljene su velikim brojem faktora. Količina bio mase pre svega zavisi od broj stabala, odnosno broj čokota, koji se poslednjih godina u Srbiji znatno menjao. Presudan uticaj na količinu orezane biomase ima vrsta voćaka odnosno vinove loze kao i sortna karakteristika.

Činjenica je da poslednjih godina u Srbiji došlo do određenog smanjenja broja stabala određenih voćnih vrsta (kruške, dunje i šljive) i čokota vinove loze. Pored toga u Srbiji, ukupni energetski potencijal ovog oblika biomase je respektabilan.

Obzirom da se prikazani rezultati odnose samo na tz. rodna odnosno odrasla stabla, tom bilansu svakako trba dodati i energetsku vrednost koju poseduju ostaci zelene rezidbe i ostaci stabala i čokota pre stizanja na rod koja nisu obuhvaćena ovim istraživanjima. Primena ovog oblika biomase u energetske svrhe smanjila bi potrošnju deficitarnih i uvoznih tečnih i gasoviti goriva i time ostvarivao značajan ekonomski efekat najpre kod manjih potrošača, locirani tamo gde je razvijena voćarska i vinogradarska proizvodnja. Značajna je činjenica da primena ove vrste goriva bi doprinela i smanjenju ekološkog zagađenja životne sredine.

## LITERATURA

- [1] Babić, M., Babić, Ljiljana, Martinov, M. 1994. Stanje i mogućnosti korišćenja biomase kao goriva u poljoprivredi. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 4, 171-178.
- [2] Di Blasi, C., Tanzi, V., Lanzetta, M. 2002. A study on the production of agricultural residues in Italy. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 12, No. 5, 321-331.
- [3] Đaić, N. 2002. Novi i obnovljivi izvori - šansa za održivi razvoj energetike Jugoslavije. "Alternativni izvori energije i budućnost njihove primene u zemlji", naučni skupovi, knjiga 58. Odeljenje prirodnih nauka, knjiga 7. Podgorica, 15-20.
- [4] Grubor, B., Repić, B. 1998. Mogućnost korišćenja mlevene biomase kao goriva u postojećim agregatima toplog vazduha na tečno gorivo. *PTEP - Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, Vol. 2, br. 3, 112-114.
- [5] Ilić, M., Gruber, B., Tešić, M. 2004. The state of biomass energy in Serbia. *Thermal Science*, 8/2, 5-20.
- [6] Ilić, M. 2003. *Uvod o tehnologijama konverzije biomase, "Energetski potencijal i karakteristike ostataka biomase i tehnologije za njenu pripremu i energetska iskorišćenje u Srbiji"*. Studija urađena u okviru projekta ev. broj NP EE611-113A finansiranog od strane Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije, Beograd, 109-112.
- [7] Mardikis, M., Nikolaou, A., Djouras, N., Panoutsou, C. 2004. Agricultural Biomass in Greece: Current and Future Trends. *Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies*. OECD Publication Service, Paris, 363-376.
- [8] Martinov, M., Tešić, M., Brkić, M. 2006. Ostaci biljne proizvodnje kao izvor energije - Case study opština Bečež, Pik "Bečež". *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. 32, No. 1-2, 10-17.
- [9] Oka, S., Jovanović, Lj. 1997. *Biomasa - obnovljivi izvori energije*. Monografija. Biblioteka naučnoistraživačkih dostignuća, Jugoslovensko društvo termičara, Beograd.
- [10] Radojević, R., Živković, M., Urošević, M., Vulić, T., Radivojević, D. 2005. Biljni ostaci voćnjaka kao biomasa i obnovljivi izvori energije. *PTEP - Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, Vol. 9, br. 3-4, 85-87.
- [11] Rakin, P. 2002. Obnovljivi izvori energije na početku trećeg milenijuma, "Alternativni izvori energije i budućnost njihove primene u zemlji", naučni skupovi, knjiga 58, odeljenje prirodnih nauka, knjiga 7, Podgorica, str. 107-112.
- [12] Statistički godišnjak Srbije (2012), *Republički zavod za statistiku Srbije*, Beograd (2012).
- [13] Tešić, M., Igić, S., Adamović, D. 2006. Proizvodnja energije - novi zadatak i izvor prihoda za poljoprivredu. *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. 32, No. 1-2, 1-9.
- [14] Todorović, Marija, Kosi, F. 1998. Obnovljivi izvori energije i sirovina - tehnologije korišćenja biomase za energiju i industriju. "Informacione tehnologije i razvoj poljoprivredne tehnike" – zbornik radova DPT 1998, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 29-36.
- [15] Živković, M., Radojević, R., Radivojević, D., Dražić, Dragana 2008. Postupci pripreme ostataka rezidbe iz višegodišnjih zasada. *Poljoprivredna tehnika*, broj 4, Beograd, str. 1-8.

# PRIMENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA SUŠENJA U INDUSTRIJI PRERADE HRANE

Ivan Zlatanović\*

*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,  
Beograd-Zemun*

**Sažetak:** Proteklih godina je u Republici Srbiji održan veliki broj konferencija, savetovanja i okruglih stolova na temu implementacije energetski efikasnih tehnologija. Usvojeni su zaključci da Republika Srbija, osim Zakona o Energetici, nema propratnih propisa koji bi regulisali projektovanje i izgradnju centara za sušenje, skladištenje i doradu poljoprivrednih proizvoda. Sušenje je jedna od osnovnih tehnoloških operacija u industriji prerade hrane. Skrenuta je pažnja na izuzetno veliki utrošak energije na postrojenjima za sušenje. Neka od predloženih rešenja su racionalizacija potrošnje energije na postojećim postrojenjima i usvajanje novih ekonomičnijih postrojenja baziranih na novim tehnologijama. Ovim radom učinjen je jedan osvrt na dostupnu literaturu i istraživanja velikog broja internacionalnih autora koji se bave naprednim tehnologijama sušenja, unapređenjem energetske efikasnosti sistema sušenja kao i ekološkim aspektima sušenja u cilju obezbeđenja održivog razvoja.

**Ključne reči:** *sušenje, savremene tehnologije, eksergija, efikasnost, ekologija.*

## APPLICATION OF MODERN DRYING TECHNOLOGY IN THE FOOD PROCESSING INDUSTRY

Ivan Zlatanović

*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute for Agriculture engineering,  
Belgrade-Zemun, Republic of Serbia*

**Abstract:** Large number of conferences, seminars and roundtables on the topic of implementation of energy efficient technologies, took place in the Republic of Serbia, in a past few years. It was concluded that the Republic of Serbia has no accompanying regulations, except for Energy Law, that would regulate the design and construction of centers for drying, storage and processing of agricultural products. Drying is one of the major technological operations in the food processing industry. Attention was drawn to a very large consumption of energy on drying units. Some of the proposed solutions are the rationalization of energy consumption in existing plants and adoption of new cost-effective systems based on new technologies. This paper will provide a review of available publications of many international researchers that deals with advanced drying technologies, energy efficiency improvement of drying systems and environmental aspects of drying in order to ensure sustainable development.

**Key words:** *drying, modern technology, exergy, efficiency, ecology.*

---

\* Kontakt autor. E-mail: ivan@agrif.bg.ac.rs

## UVOD

Usvajanje i masovnija primena ekoloških (eng. „*eco-frendly*“) tehnologija sušenja je sporo usled više faktora, a kratkoročna isplativost i trenutna profitabilnost su često glavni razlozi. Istraživanja u oblasti sušenja se moraju fokusirati upravo na rešavanje ovih problema i demonstrirati mogućnosti primene alternativnih tehnologija u cilju edukacije proizvođača i korisnika sistema za sušenje.

Ovim radom se čini osvrt na literaturu i istraživanja u cilju promocije savremenih tehnologija sušenja koje su često dobijene kombinacijom postojećih tehnologija. Upotreba novih tehnologija obećava ekonomski i ekološki benefit i veliki broj istraživanja se bavi njihovom primenom u sistemima sušenja, međutim, do njihove masovnije upotrebe u Republici Srbiji na farmama i u industriji još uvek nije došlo uprkos uložnim naporima i promovisanju.

## MATERIJAL I METODE RADA

Pregled literature je izvršen prema nekoliko kriterijuma kojima se objedinjuju i analiziraju publikacije, a to su razmatranja:

- 1) kombinovanih tehnologija sušenja;
- 2) postignutog kvaliteta osušenog proizvoda;
- 3) energetske efikasnosti procesa sušenja;
- 4) ekoloških aspekata sušenja.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### Kombinovane tehnologije sušenja

Krajem dvadesetog veka javljaju se različite metode sušenja za dobijanje proizvoda vrhunskog kvaliteta, kod kojih je potrošnja energije usled različitih poboljšanja procesa prenosa mase i energije, svedena na minimum.

Prema procesu sušenja opisanom u [1], dominiraju dve faze: 1. faza zamrzavanje, 2. faza kontaktno (konduktivno) sušenje u vakuumu. Kao rezultat ovakvog procesa navodi se da je proizvod veoma dobrog izgleda i njegov kapacitet rehidracije je uporediv sa kapacitetima sublimacijom osušenog materijala. Tehnologijom [2] koja kombinuje simultano osmotsko i konvektivno sušenje grožđa, koje se postiže u fluidizovanom sloju šećera i griza, sa predtretmanom potapanja u etil-oleat, vreme trajanja procesa sušenja se prepolovalo. U pojedinim publikacijama [3], posmatra se kombinovan proces sušenja u odnosu na potrošnju energije i postignut kvalitet osušenog proizvoda.

Korišćenje mikrotalasa za grejanje materijala u sistemima sušenja poslednjih godina postaje popularno. Mogućnost selektivnog grejanja mikrotalasa u kombinaciji sa pneumatskim transportom materijala koji se suši, korišćenjem prinudnog strujanja vazduha, koristi se za različite vrste proizvoda, na primer: sušenje šargarepe u tankom sloju [4] ili sušenje krompira u kriškama [5]. Kvalitet proizvoda sušenih mikrotalasila se poboljšava ukoliko se kombinuje sa osmotskim sušenjem [6]. Takođe, neka od istraživanja pokazuju da kombinacija mikrotalasnog sušenja i sušenja u vakuumu daje dobre rezultate prilikom sušenja voća [7], sušenja brusnice [8, 9] i sušenja graška [10].

### Kvalitet osušenog proizvoda

Prema nekim istraživanjima [3], bez obzira na to što se među prerađenom hranom smatraju kao proizvodi sa nižim kvalitetom, osušeni prehrambeni proizvodi sve više dobijaju na popularnosti. To potvrđuje i konstantan rast tržišta sušene hrane. Analizirajući međusobni uticaj sušenja na kvalitet finalnog proizvoda [11], koncept kvaliteta je prilično složen u sektoru prehrambene industrije. Optimizacijom procesa sušenja prehrambenih

proizvoda [12] primećuje se da je koncept kvaliteta osušenog proizvoda često različit za potrošača i za industriju.

U literaturi se kvalitet finalnog proizvoda često povezuje sa onim osobinama koje su prihvatljive potrošačima. Tako je, na primer, rehidracija najviše istraživani parametar kvaliteta, pored boje i skupljanja [13]. Brojni autori [13-18] razmatraju kinetiku sušenja pojedinih namirnica, utvrđuju razne faktore koji utiču na promenu kvaliteta i bave se kontrolom parametara radi postizanja željenog kvaliteta finalnog proizvoda, na primer: parametar promene boje kao jedan od bitnih faktora kvaliteta [13], skupljanja (kontrakcije) proizvoda tokom sušenja [19-21] ili promene u teksturi i fizičkoj strukturi sušenog materijala i utvrđuje njihov uticaj na rekonstrukciju i rehidraciju, kao i na organoleptičke karakteristike kao što je osećaj u ustima [22]. U istraživanjima [23] koja obrađuje problematiku sušenja voća i povrća, vrši se podvrgavanje voća i povrća različitim podtretmanima (potapanje u alkalne rastvore, beljenje, i slično) radi poboljšanja i održavanja njihovih karakteristika prilikom sušenja. Za očuvanje boje osušenog proizvoda koristi se tretman sumpor-dioksidom. Sumpor-dioksid i sulfiti deluju kao inhibitori aktivnosti enzima i sprečavaju promenu boje. Vezu između parametara sušenja i promene kvaliteta proizvoda moguće je opisati i posebnim metodama [24, 25].

Osobine koje bitno utiču na kvalitet, mogu se svrstati u nekoliko grupa [24]:

- 1) Strukturne osobine (*gustina, poroznost, veličina pora, specifična zapremina, ...*)
- 2) Optičke osobine (*boja, izgled, ...*)
- 3) Mehaničke osobine (*otpornost na pritisak i istezanje, ...*)
- 4) Termička svojstva (*staklasto, kristalno ili gumeno stanje proizvoda, ...*)
- 5) Čulne osobine (*miris, ukus, aroma, ...*)
- 6) Nutritivna svojstva (*vitamini, proteini, ...*)
- 7) Rehidracione osobine (*stepen rehidracije, kapacitet rehidracije, ...*)

Karakteristike kvaliteta su pod uticajem mnogobrojnih faktora koji se javljaju tokom sušenja, ali sve one su na kraju povezane sa temperaturom sušenja i dinamikom uklanjanja vlage iz materijala. Jedinstveni zaključak, izveden razmatranjem publikacija prethodno pomenutih autora, jeste da dovedena toplota i vreme izlaganja proizvoda na povišenoj temperaturi i toplom vazduhu prilikom sušenja, utiču na nutritivni kvalitet prehrambenih proizvoda. On pokazuje postojanje velikih hemijskih promena koje se dešavaju tokom sušenja, kao što su dobijanje braon boje, oksidacija lipida i gubitak originalnih prirodnih boja. Takođe, proces sušenja utiče i na rehidraciju, rastvorljivost, izgled teksture i gubitak arome. Povišene temperature sušenja i perioda izlaganja materijala utiču na njegovu hranljivost, sadržaj vitamina i proteina, kao mikrobiološka strukturu materijala. Pokazano je da postoji primetan gubitak vitamina C i vitamina A tokom sušenja. Takođe, gubitak prirodnih pigmenata kao što su karotenoidi, hlorofil i ksantofil je povezan sa promenom boje sušenog voća i povrća. Iako je promena boje ponekad povezana sa neželjenim hemijskim promenama koje se dešavaju u materijalu, pravi problem je u (ne)prihvatanju od strane konzumera. Očuvanje ovih pigmenata tokom dehidracije je veoma važno uglavnom da bi proizvod bio atraktivan i prihvatljiv za potrošače.

### **Efikasnost procesa sušenja. Eksergija**

Eksergija predstavlja rad koji je dostupan u gasovitom, tečnom i čvrstom materijalu, kao rezultat njegovog neravnoteženog stanja u odnosu na neko referentno stanje. Što je sistem udaljeniji od stanja ravnoteže, to je veći rad koji se iz njega može dobiti. Koncept eksergije proizilazi iz Drugog zakona termodinamike i o njegovom smislu govorili su razni autori [26-36].

U pristupu razmatranja pojma eksergije postoji manji nedostatak [31]. Naime, prema Drugom zakonu termodinamike sistem teži stanju ravnoteže koje je u neku ruku stanju haosa, a obzirom na to da je takvo stanje haosa teško opisati jasnim uslovima i definicijama, pravila za opisivanje eksergije (koja je dostupna iz bilo kog izvora) mogu biti razvijena uz pomoć raznih pojava (struja, magnetno polje, difuzioni tok, hemijski potencijali, inercija, gravitacija itd.). Međutim, u savremenim eksergetskim analizama gravitacija i inercija se obično zanemaruju.

Pojedini autori [37, 38] predlažu uvođenje sistema nomenklature i simbola za eksergetsku analizu. Razvijanje eksplicitne jednačine eksergije i energije bila bi korisna u suočavanju sa pojavama kao što su prenos i unutrašnja konverzija energije [39]. Ovakvo razmatranje je zasnovano na proceni rada koji je dostupan na različitim mestima u sistemu, na osnovu čega identifikuje potencijalne gubitke. Raspoloživ rad se izračunava na osnovu konačne reference o odvodnoj toploti. Osnovni postupak za sprovođenje eksergetske analize sistema je prvo utvrđivanje vrednosti eksergije na stacionarnom stanju tačaka u sistemu, a potom i uzroka eksergetske promene u procesu koji se javlja među tačkama u sistemu. Opšte jednačine eksergije mogu biti formirane kao zbir svih eksergija koje doprinose raspoloživom radu u datoj tački.

Uobičajen je pristup u eksergetskoj analizi koji se sreće u literaturi jeste da se u analiziranom sistemu identifikuju svi elementi koji doprinose povećanju raspoloživog rada, dok su gubici eksergije u sistemu generisani kroz nepovratnost odgovarajućih procesa, prouzrokovanu neidealnim performansama u realnim uslovima [35].

Izdvajaju se tri načina formulisanja eksergetske efikasnosti [35]:

- 1) Jednostavna efikasnost  
(predstavlja odnos ukupne izlazne eksergije i ulazne eksergije);
- 2) Racionalna efikasnost  
(predstavlja odnos željene izlazne eksergije i upotrebljene eksergije);
- 3) Efikasnost eksergije u tranzitu  
(isključuje netransformisane eksergetske oblike iz jednostavne efikasnosti).

Eksergetskom analizom možemo upoređivati realne performanse u odnosu na one u kojima ne postoji ili postoji malo potrebne pogonske sile procesa, tj da je eksergetski gubitak veći onda kada je veća i pogonska sila procesa [40]. Do sličnih zapažanja se dolazi i kod sistema u prehrambenoj industriji [41, 42]. Teoretski gledano, jedini neizbežni gubitak kod sušare sa toplotnom pumpom jeste onaj koji se javlja usled vlaženja vazduha u komori sušare [43]. Ovo je u potpunoj suprotnosti sa konvencionalnim sušarama kod kojih grejanje samog procesa predstavlja gubitak. Neizbežni gubici su u uskoj vezi sa termodinamičkim gubicima u sušari sa toplotnom pumpom, a autor primećuje da se dobrim dizajnom sušare ovi gubici mogu značajno umanjiti. Eksergetska analiza sušenja pomoću toplotne pumpe može se sprovesti na nivou fizičkih i hemijskih procesa u sistemu [44]. U ovakvim analizama je često upotrebljavan termin "eksergetska promena mešanja" za adijabatski proces zasićenja vazduha u komori za sušenje. Eksergetsku analizu procesa sušenja je poželjno uraditi prilikom razmatranja sušenja na višim temperaturama [45].

### **Ekološki aspekti sušenja**

U industrijski razvijenim zemljama, gde je svest o zaštiti životne sredine na višem nivou, specijalnim protokolima se uređuje proizvodnja i primena odgovarajuće tehnologije sušenja uzimajući u obzir različite uticajne faktore još u ranim fazama projektovanja instalacije za sušenje.

Tako, na primer, Agencija za zaštitu životne sredine SAD, *US EPA* (skraćeno od eng. *United States Environmental Protection Agency*), zahteva da se pri dizajniranju sistema sušenja posebno obrati pažnja na:

- 1) karakteristike materijala koji se suši,
- 2) kontrolu produkcije prašine i čestica prilikom sušenja,
- 3) skladištenje osušenog proizvoda,
- 4) kontrolu vlage i temperature u materijalu radi sprečavanja bakteriološke neispravnosti,
- 5) položaj sistema sušenja u odnosu na kanalizacione sisteme,
- 6) kapacitete sistema i infrastrukture na koju se povezuje,
- 7) prikupljanje i skladištenje otpadnog materijala,
- 8) energetske efikasnost postrojenja,
- 9) bezbednosne rizike i zaštitu na radu.

Međutim, veoma mali broj naučnika i istraživača, koji istražuju oblast sušenja, pokušava da pojam sušenja sagleda u jednom globalnom kontekstu međusobne intenzivne interakcije ovog procesa i okolne sredine. Primena ekološki odgovarajućih tehnologije u energetskom inženjstvu, naročito u oblasti sušenja, može uticati na smanjenje nepovratnosti i povećanja entropije. Retki su autori koji posmatraju energetske, eksergetske i ekološke aspekte procesa sušenja iz jedne globalne industrijske perspektive [36]. Korišćenje biogasa, zemnog gasa, otpadnog gasa kod turbina i toplote čvrstih produkata sagorevanja kod direktnog sušenja, kao i pregrejane vodene pare i otpadne tople vode kod indirektnog načina sušenja, sve češće su predmet istraživanja [46]. Takođe, u novije vreme se razmatraju pravljenje i korišćenje različitih peleta od biomase i njihovo korišćenje u sistemima sušenja kao energenta [47].

## ZAKLJUČAK

Većina publikacija vezanih za sušenje imaju jedan zajednički zaključak, a to je da je sušenje jedna od energetski najintenzivnijih operacija u procesnoj industriji.

U odsustvu univerzalnog okvira za utvrđivanje efikasnosti sušenja, eksergetska analiza se čini kao pogodna tehnika. Međutim, eksergetska analiza samo ukazuje na potencijal ili mogućnosti unapređenja procesa rada, ali ne može navesti da li je, ili nije, moguće ostvariti poboljšanje ili koliko bi ono bilo ekonomski racionalno.

O kvalitetu finalnog proizvoda konačan sud imaju potrošači u vidu potražnje, čime se podstiče konkurentnost među proizvođačima, koji su time prisiljeni da vode računa o ekonomičnijem poslovanju i proizvodnji sa jedne strane, a da odgovarajućim kvalitetom sirovine i adekvatnom opremom za preradu obezbede kvalitet sa druge strane.

## LITERATURA

- [1] Kompany, E., Allaf, K., Bouvier, J.M., Guigon, P., Maureaux, A. 1991. A new drying method of fruits and vegetables - quality improvement of the final product. *In: Drying 91*, Mujumdar, A.S. and I. Filkova, eds., Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 499-506.
- [2] Grabowski, S., Mujumdar, A.S., Ramaswamy, H.S., Strumillo, C. 1994. Osmo-convective drying of grapes in a fluidized bed of sugar and semolina. *In: Drying 94 - Proceedings of the 9th International Drying Symposium*, Gold Coast, Australia, 921-928.
- [3] Strumillo, C., Adamiec, J. 1996. Energy and quality aspects of food drying. *Drying Tech*, 14(2): 423-448.
- [4] Prabhanjan, D.G., Ramaswamy, H.S., Raghavan, G.S.V. 1995. Microwave-assisted convective air drying of thin layer carrots. *J. Food Engng.*, 25: 283-293.
- [5] Al-Duri, B., McIntyre, S. 1991. Comparison of drying kinetics of foods using a fan assisted convection oven, a microwave oven and a combined microwave/convection oven. *J. Food Engng.*, 15:139-155.

- [6] Venkatachalapathy, K. 1998. *Combined osmotic and microwave drying of strawberries and blueberries*. Ph.D. Thesis, Dept. of Agricultural and Biosystems Engineering, McGill University, Montreal, Canada.
- [7] Drouzas, A.E., Schubert, H. 1996. Microwave a lication in vacuum drying of fruits. *J. Food Engng.*, 28:203-209.
- [8] Yongsawatdigul, J., Gunasekaran, S. 1996. Microwave vacuum drying of cranberries I: Energy use and efficiency. *J. Food Processing and Preservation*, 20: 121-143.
- [9] Yongsawatdigul, J., Gunasekaran, S. 1996. Microwave vacuum drying of cranberries II: Quality evaluation. *J. Food Processing and Preservation*, 20: 145-156.
- [10] Cohen, J.S., Ayoub, J.A., Yang, T.C. 1992. A comparison of conventional and microwave augmented freeze-drying of peas. In: *Drying 92 - Proceedings of the 8th Int. Drying Symp.*, Montreal, Canada, 585-594.
- [11] Bimbenet, J.J., Lebert, A. 1992. Food drying and quality interactions. In: *Drying 92 - Proceedings of the 8th International Drying Symposium*, Montreal, Canada, 42-57.
- [12] Banga, J.R., Singh, R.P. 1994. Optimization of air drying of foods. *J. Food Eng.*, 23:189-211.
- [13] Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *J. Food Eng.*, 49:311-319.
- [14] Saravacos, G.D. 1993. Technological developments in fruit and vegetable dehydration. In: *Food Flavor, Ingredients and Composition*, Charalambous, G. ed., Elsevier Science Publishers, New York, 389-404.
- [15] Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D. 1998. Effect of drying method on physical properties of dehydrated products. *Drying '98 -Proceedings of the 11th International Drying Symposium (IDS '98)*, Halkidiki, Greece, A: 809-816.
- [16] Krokida, M.K., Tsami, E., Maroulis, Z.B. 1998. Kinetics of colour changes during drying of some fruits and vegetables. *Drying Tech.*, 16: 667-685.
- [17] Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., Saravacos, G.D. 2001. The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 36: 53-59.
- [18] Abbott, J.A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables, *Postharvest Biology and Technology* 15: 207-225.
- [19] Lozano, J.E., Rotstein, E., Urbicain, M.J. 1983. Shrinkage, porosity and bulk density of food stuffs at changing moisture contents. *J. Food Sci.*, 48(5): 1497-1502, 1553.
- [20] Zogzas, N.P., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D. 1994. Densities, shrinkage and porosity of some vegetables during air drying. *Drying Tech.*, 12(7): 1653-1666.
- [21] Sjolholm, I., Gekas, V. 1995. A le shrinkage upon drying. *J. Food Engng.*, 25: 123-130.
- [22] Pendlington, S., Ward, J.P. 1965. Histological examination of some air dried and freeze dried vegetables. *Proc. 1st International Congress of Food Sciece and Technology*, 4: 55-65.
- [23] Mujumdar, A.S. 2006. *Handbook of Industrial Drying*, 3ed, Marcel Dekker, Inc., NY.
- [24] Krokida, M., Maroulis, Z. 2000. Quality changes during drying of food materials. In: *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*, Mujumdar, A.S. ed., Science Publishers, Inc., Enfield, NH, 61-106.
- [25] Senadeera, W., Bhandari, B., Young, G., Wijesinghe, B. 2000. Physical property changes of fruits and vegetables during hot air drying. In: *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*, Mujumdar, A.S. ed., Science Publishers, Inc., Enfield, NH, 149-166.
- [26] Haywood, R.W. 1974. A critical review of theorems of thermodynamic availability with concise formulations Part 1: availability. *J. Mech. Engng. Sci.*, 16(3): 160-173.
- [27] Haywood, R.W. 1974. A critical review of theorems of thermodynamic availability with concise formulations Part 2: irreversibility. *J. Mech. Engng. Sci.*, 16(4): 258-267.
- [28] Soma, J. 1983. Exergy and productivity. *Energy Engng.*, 80(2): 9-18, 1974.



- [29] McCauley, J.F. 1983. A simplification of the second law of thermodynamics. *Energy Engng.*, 80(3): 51-65,
- [30] OToole, F., McGovern, J.A. 1990. Some concepts and conceptual devices for exergy analysis. *J. Mech. Engng. Sci. - Proc. Instn. Mech. Engrs.*, 24: 329-340,
- [31] McGovern, J.A. 1990. Exergy analysis - a different perspective on energy Part 1: the concept of exergy. *Proc. Instn. Mech. Engrs. Part A: Journal of Power and Energy*, 204: 253-268.
- [32] Moran, M.J., Sciubba, E. 1994. Exergy analysis: principles and practice. *Trans. ASME - J. Engng. for Gas Turbines and Power*, 116: 285-290,
- [33] Brodyansky, V.M., Sorin, M.V., Le Goff, P. 1994. *The Efficiency of Industrial Processes: Exergy Analysis and Optimization*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- [34] Cornelissen, R.L. 1997. *Thermodynamics and Sustainable Development - The use of Exergy Analysis and the reduction of Irreversibility*. Ph.D. Thesis, University of Twente, The Netherlands.
- [35] Dincer, I. 2000. Energetic, exergetic and environmental aspects of drying systems. *Proceedings of the 12th Int. Drying Symp. (IDS 2000)*, Leeuwenhorst, The Netherlands, Aug 28-31, 2000 (CD-ROM), Paper #18.
- [36] Dincer, I., Cengel, Y.A. 2001. Energy, entropy and exergy concepts and their roles in thermal engineering. *Entropy*, 3:116-149.
- [37] Kestin, J. 1980. Availability: the concept and associated terminology. *Energy*, 5: 679-692.
- [38] Kotas, T.J., Mayhew, Y.R., Raichura, R.C. 1995. Nomenclature for exergy analysis. *Proc. Instn. Mech. Engrs. Part A: J. Power and Energy*, 209: 275-280,
- [39] Dunbar, W.R., N. Lior, Gaggioli, R.A. 1992. The component equations of energy and exergy. *Trans. ASME - J. Energy Res. Tech.*, 114:75-83.
- [40] Feng, X., Zhu, X.X., Zheng, J.P. 1996. A practical exergy method for system analysis. *Proceedings of the 31st Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, IECEC 96*, Washington, D.C., 2068-2071.
- [41] Rotstein, E. 1983. The exergy balance: A diagnostic tool for energy optimization. *J. Food Sci.*, 48: 945-950,
- [42] Larson, D.L., Cortez, L.A.B. 1995. Exergy analysis: essential to effective energy management. *Trans. ASAE*, 38(4): 1173-1178.
- [43] Carrington, C.G., Baines, P.G. 1988. Second law limits in convective heat pump driers. *Intl. J. Energy Res.*, 12:481-494.
- [44] Ying, Y., Canren, L. 1993. The exergetic analysis of heat pump drying system. *Proc. 28th InterSociety Energy Conversion Engineering Conference, IECEC 93*, Atlanta, GA, I: 913-917,
- [45] Topic, R. 1995. Mathematical model for exergy analysis of drying plants. *Drying Tech.*, 13(1&2): 437-445.
- [46] Moss, L., Sapienza, F. 2005. Presented at *Managing Biosolids: A Toolbox for Texas*, hosted by the Water Environment Association of Texas, Austin, Texas,
- [47] Dolak, I., Murthy, S., Bauer, T. 2001. Impact of Upstream Processes on Heat-drying Technology. In *Proceedings of the Water Environment Federation, American Water Works Association and California Water Environment Association Specialty Conference, Biosolids 2001: Building Public Su ort*. Arlington, VA: Water Environment Federation,

# TIPOVI, KLASIFIKACIJA I SELEKCIJA SUŠARA U AGROINDUSTRIJI

Ivan Zlatanović\*

*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,  
Beograd-Zemun*

**Sažetak:** Sušenje je jedna od osnovnih metoda konzervisanja namirnica u agro-industriji i predstavlja složen i energetski zahtevan proces. Istraživanja u oblasti prirodnih i tehničkih nauka su poslednjih godina fokusirana na procese optimizacije energetski zahtevnih industrijskih sistema u cilju održivog razvoja i osavremenjavanja različitih tehnologija. Veliki broj istraživača se bavi problematikom sušenja u agro-industriji o čemu svedoči i zavidan broj publikacija sa ovom tematikom. Ovim radom učinjen je jedan osvrt na dostupnu literaturu i istraživanja velikog broja autora sa tendencijom da pruži jedan sveobuhvatan uvid na složenost samog procesa sušenja, trendove razvoja opreme i tehnologija, kao i načina pravilnog izbora odgovarajuće tehnologije u zavisnosti od konkretne sirovine koja se suši.

**Ključne reči:** *sušenje, oprema, klasifikacija sušara, selekcija sušara, tipovi sušara.*

## TYPES, CLASIFICATION AND SELECTION OF DRYERS IN AGROINDUSTRY

Ivan Zlatanović

*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute for Agriculture engineering,  
Belgrade-Zemun, Republic of Serbia*

**Abstract:** Drying is one of the basic food processing operations in agro-industry that requires a great amount of energy for food conservation process. The large number of researchers in the domain of natural and technical sciences is focused on energy consumption optimization process in industrial systems in order to provide sustainable development and modern technologies implementation. This paper will provide a review of many publications that have drying of food materials as primary topic, in order to provide a global view of all the problems related to drying process, selection of adequate dryer for chosen drying material.

**Key words:** *drying, equipment, dryer classification and selection, dryer types*

### UVOD

U novijoj istoriji čovečanstva, naročito u poslednjih stotina godina, promene u biosferi nisu nezapažene i zanemarljive, već naprotiv alarmantne. Neprestani razvoj nauke i tehnologije, spregnut sa dinamičnim načinom života u modernom društvu, doveo je do kritičnih granica prirodne resurse narušavajući njihov globalni ekološki balans. Zahtevi modernog društva su bili i nastavljaju da budu potkrepljeni postojećim zalihama fosilnih goriva na Zemlji, međutim, te zalihe su ograničene i njihovo potpuno iscrpljenje je

---

\* Kontakt autor. E-mail: ivan@agrif.bg.ac.rs

neizbežno. Istraživanja u oblasti prirodnih i tehničkih nauka poslednjih godina fokusirana su na rešavanje ovog problema. Traže se rešenja koja će vratiti harmoniju i ekološki balans u savremeno društvo bez drastičnih uticaja na kvalitet života i bitnije sociološke promene.

Sušenje, kao jedna od najvažnijih metoda konzervisanja namirnica u agro-industriji, bitno utiče na okolinu u ekološkom smislu. Delimično ili potpuno izdvajanje vode iz bioloških materijala je kompleksan proces koji troši veliku količinu energije. Uticajni faktori kao što su vremenski interval trajanja procesa sušenja, kvalitet proizvoda, toplotna osetljivost biološkog materijala koji se suši, itd., uslovljavaju režime sušenja koji su često kompromis između ovih faktora.

Ovim radom se čini osvrt na literaturu i istraživanja u cilju promocije pojedinih tehnologija sušenja i sagledavanja celokupne problematike u vezi sa sušenjem u agroindustriji. Osavremenjavanje postupaka i procesa sušenja u tehnološkom i tehničkom smislu obećava ekonomski i ekološki benefit i veliki broj istraživanja se bavi ovom problematikom.

## **MATERIJAL I METODE RADA**

Pregled literature je izvršen prema nekoliko kriterijuma kojima se objedinjuju i analiziraju publikacije, a to su razmatranja:

- 5) osnovnih principa i teorija sušenja;
- 6) raznolikosti opreme i sistema za sušenje;
- 7) izbora odgovarajuće tehnologije sušenja;
- 8) načina pravilne selekcije sistema za sušenje;
- 9) dostupnih tipova sušenja i tehnologija.

## **REZULTATI ISTRAŽIVANJA** **Osnove sušenja i oprema za sušenje**

O teoriji i osnovnim principima sušenja govorili su mnogi autori u različitim knjigama [1-7]. Pored upoznavanja sa fizičko-hemijskim pojmovima u vezi sa dehidratacijom hrane i psihrometrijom, različiti komercijalni sistemi za sušenje se mogu klasifikovati u četiri generacije [7]:

- 1) Sušare za sušenje čvrstih sirovina (ormari za sušenje, slojevito sušenje);
- 2) Sušare za mulj i kaše (sprej sušare i bubanj sušare);
- 3) Sublimacijske sušare i sistemi za osmotsku dehidrataciju;
- 4) Sušare koje primenjuju specifične tehnike sušenja (fluidizacija, korišćenje dielektričnog grejanja, vakumsko sušenje itd.)

Pored temeljnih teorijskih analiza i diskusija o načinima klasifikacije, selekcije i projektovanja sušara [6], u literaturi se govori i o različitim aspektima eksperimentalnog rada koji je u vezi sa sušenjem. Tako se, na primer, ističe da su opšti ciljevi eksperimenata sušenja [8]: izbor odgovarajuće opreme za sušenje, uspostavljanje zadatah zahteva, ispitivanje efikasnosti i kapaciteta postojeće opreme za sušenje, ispitivanje efekata sušenja na finalni proizvod, kao i analiza mehanizma za sušenje. Različite eksperimentalne tehnike sprovedene su radi određivanja odgovarajućih parametara sušenja, kao što su: određivanje optimalnog sadržaja vlage, uspostavljanje karakterističnih ravnotežnih stanja u procesima sorpcije i desorpcije, određivanje toplotne provodljivosti, efektivne difuzivnosti itd. U industriji prerade hrane, istraživanja se fokusiraju na važne faktore kao što su ciljevi sušenja hrane, utvrđivanje zaostalog sadržaj vlage radi produženog skladištenja, praćenje određenih svojstva hrane, optimizacija odgovarajuće tehnike sušenja, istraživanja sorti koje su pogodne za sušare i istraživanja u cilju umanjavanja negativnih promena kvaliteta osušenog proizvoda [6].

Raznolikost opreme i sistema za sušenje koja se koristi u agroindustriji varira od sirovine do sirovine. U literaturi se opisuju različite vrste opreme za sušenje koja se koristi za sušenje poljoprivrednih proizvoda [6], počev od kompleksnih sistema za sušenje zrnevlja, pa sve do različitih principa funkcionisanja sušara za voće i povrće. Istraživanjem i prikupljanjem neophodnih informacija za izbor i projektovanje sistema za sušenje je kompleksan i važan posao [9]. To potvrđuju i podaci prikupljeni pregledom komercijalne prakse sušenja u delovima Evrope, Afrike i Azije, i analizu različitih tipova sušara, faktora koji utiču na izbor, sušenje različitih vrsta voća i povrća, pripremnih procesa, kontrole kvaliteta i ekonomije dehidracije [10].

### **Klasifikacija sušara**

U savremenoj industrijskoj proizvodnji može se sa sigurnošću tvrditi da ne postoji proizvod čija osnovna sirovina u nekoj svojoj fazi nije prošla kroz nekakav proces sušenja. Troškovi transporta energenta u većim sistemima nisu zanemarljivi i direktno zavise od sadržaja vlage u materijalu koji se suši. Dosta pažnje u literaturi se poklanja i metodama uštede energije [11]. Kod sistema masovne proizvodnje čak i minimalna ušteda na lokalnom nivou dugoročno gledano može akumulirati značajna sredstva. Izbor adekvatne tehnologije sušenja u pojedinim granama industrije, kao na primer u agroindustriji, veoma je delikatan i osetljiv naročito po pitanju očuvanja kvaliteta proizvoda. Iskakanjem iz okvira tačno propisanih vremensko-temperaturskih koordinata u procesu sušenja može se izazvati degradacija kvaliteta osušenog proizvoda što se može donekle eliminisati u recirkulacionim tipovima sušara. Takođe, industrija proizvodnje hrane zahteva primenu kontinualnih tehnologija sušenja.

Veliki broj autora sprovodi istraživanja sa ciljem da se precizno utvrdi šta i na koji način treba sušiti [6]. U Tabeli 1 je predstavljena mogućnost primene pojedinih tipova sušara u zavisnosti od mehaničkih karakteristika i oblika materijala sirovine koja se suši, dok Tabela 2 prikazuje i klasifikuje mogućnosti primene pojedinih tipova sušara u zavisnosti od ukupnog vremena zadržavanja sirovine u samom procesu sušenja. Načini klasifikacije tipova sušara koji se mogu sresti u literaturi variraju od autora do autora, međutim, mogu se primetiti tri zajednička principa - načela na kojima se ove klasifikacije baziraju [2, 12], a to su:

- 1) Način dovođenja toplote materijalu koji se suši;
- 2) Režim sušenja u smislu odabranih parametara temperature sušenja (visoka ili niska) i pritiska sušenja (vakuumski ili atmosferski);
- 3) Način na koji se materijal u sušari tretira.

U skladu sa ovim principima moguće je analizu produbiti, međutim dalje uvođenje podklasifikacija, nema nikakvog praktičnog značaja, tako da je dovoljno zadržati se na nivou analize navedena tri načela.

Tabela 1. Izbor tipa sušare u zavisnosti od karakteristika sirovine [6]  
 Table 1. Dryer selection versus feedstock form [6]

Karakteristike sirovine <i>Nature of feed</i>	Tečnosti <i>Liquids</i>			Prahovi <i>Cakes</i>		Plutajuće čestice <i>Free-flowing solids</i>					Čvrsta tela <i>Solids</i>
	Rastvori / <i>Solution</i>	Kaše / <i>Slurry</i>	Paste / <i>Pastes</i>	Centrifuga / <i>Centrifuge</i>	Filter / <i>Filter</i>	Puder / <i>Powder</i>	Granule / <i>Granule</i>	Čestice / <i>Crystals / Fragments</i>	Pelete / <i>Pellet</i>	Vlakna / <i>Fiber</i>	
<b>Konvektivne sušare</b> <i>Convection dryers</i>											
sa pokretnom trakom <i>belt conveyer dryer</i>							•	•	•	•	•
sa pneumatskim transportom <i>flash dryer</i>				•	•	•	•			•	
sa fluidizovanim slojem <i>fluid bed dryer</i>	•	•		•	•	•	•		•		
sa rotirajućim bubnjem <i>rotary dryer</i>				•	•	•	•		•	•	
sa rasprskivanjem <i>spray dryer</i>	•	•	•								
sa tunelom (šaržna) <i>tray dryer (batch)</i>				•	•	•	•	•	•	•	•
sa tunelom (kontinualna) <i>tray dryer (continous)</i>				•	•	•	•	•	•	•	
<b>Konduktivne sušare</b> <i>Conductive dryers</i>											
sa bubnjevima <i>drum dryer</i>	•	•	•								
rotaciona sa preg.vod.parom (u džepovima) <i>steam jacket rotary dryer</i>				•	•	•	•		•	•	
rotaciona sa preg.vod.parom (u cevima) <i>steam tube rotary dryer</i>				•	•	•	•		•	•	
sa tunelom (šaržna) <i>tray dryer (batch)</i>				•	•	•	•	•	•	•	•
sa tunelom (kontinualna) <i>tray dryer (continous)</i>				•	•	•	•	•	•	•	

Tabela 2. Izbor tipa sušare u zavisnosti od vremena zadržavanja sirovine [6]  
 Table 2. Solids' exposures to heat conditions [6]

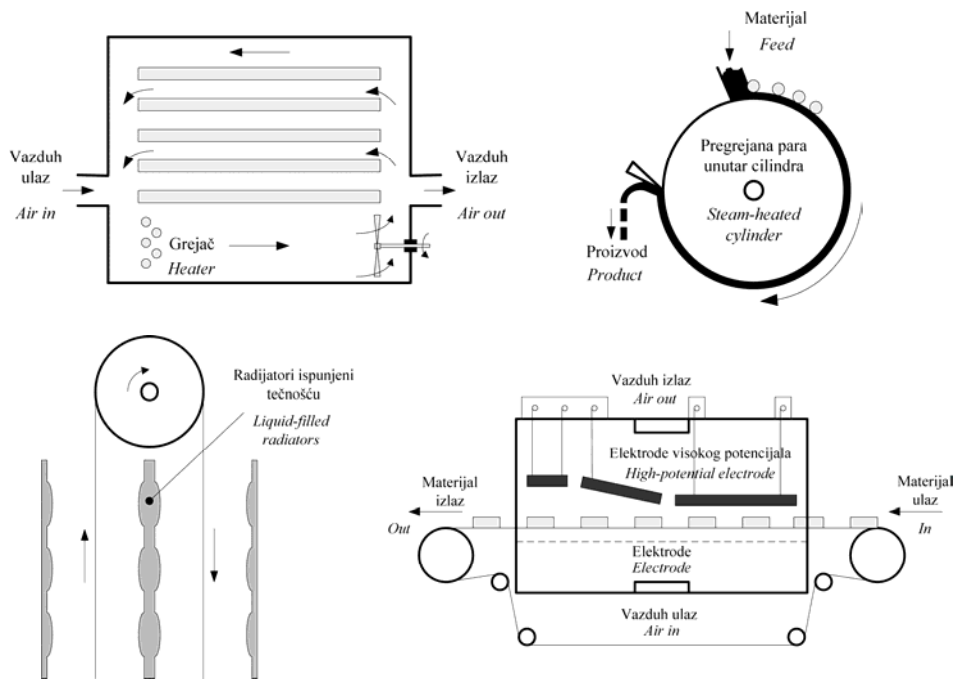
Sušare <i>Dryers</i>	Tipično vreme zadržavanja sirovine u sušari <i>Typical residence time within dryer</i>				
	0-10	10-30	5-10	10-60	1-6
	(s)	(s)	(min)	(min)	(h)
<b>Konvekcija</b> <i>Convection</i>					
sa pokretnom trakom <i>belt conveyer dryer</i>				•	
sa pneumatskim transportom <i>flash dryer</i>	•				
sa fluidizovanim slojem <i>fluid bed dryer</i>				•	
sa rotirajućim bubnjem <i>rotary dryer</i>				•	
sa rasprskivanjem <i>spray dryer</i>		•			
sa tunelom (šaržna) <i>tray dryer (batch)</i>					•
sa tunelom (kontinualna) <i>tray dryer (continuous)</i>				•	
<b>Kondukcija</b> <i>Conduction</i>					
sa bubnjevima <i>drum dryer</i>		•			
rotaciona sa preg.vod.palom (u džepovima) <i>steam jacket rotary dryer</i>				•	
rotaciona sa preg.vod.palom (u cevima) <i>steam tube rotary dryer</i>				•	
sa tunelom (šaržna) <i>tray dryer (batch)</i>					•
sa tunelom (kontinualna) <i>tray dryer (continuous)</i>				•	

Dovođenje toplote materijalu koji se suši moguće je bilo kojim od mehanizama prenosa toplote: konvekcijom, kondukcijom ili radijacijom. Konvekcija je jedan od najčešćih načina pri čemu kao medijum za transport vlage koristi atmosferski vazduh (najčešće), inertni gas (azot, i slično.), direktni produkti sagorevanja ili pregrejana vodena para [6]. Ovakav način sušenja se još naziva i direktno sušenje. Indirektno sušenje koje se ostvaruje kondukcijom pogodno je za sušenje veoma vlažnih ili veoma tankih materijala i često se izvodi korišćenjem vakuumskih režima sušenja. Indirektno i direktno sušenje se često istovremeno primenjuju. Sušenje radijacijom se ostvaruje emitovanjem elektromagnetnih talasa na različitim talasnim dužinama, od vidljivog dela spektra pa do mikrotalasa. Ovakav način sušenja je izuzetno skup i retko kada se primenjuje kao jedini, već se kombinuje najčešće sa konvektivnim metodama sušenja.

Prema [12] kod zagrevanja materijala prilikom sušenja dominiraju četiri načina zagrevanja: konvektivno (Sl.1a), konduktivno (Sl.1b), radijaciono (Sl.1c) i dielektrično (Sl.1d).

Većina sušara radi na pritiscima blizu atmosferskog što dosta pojednostavljuje konstrukciju sušare i performanse opreme koja se koristi. Međutim, u specijalnim slučajevima kada se, na primer, materijal mora sušiti bez prisustva kiseonika ili na niskim temperaturama, koristi se tzv. sušenje u vakuumu (na niskim temperaturama – sublimacijsko sušenje).

Način na koji će se materijal tretirati unutar same sušare bitno utiče na troškove sušenja. U Tabeli 3 uporedno su prikazani uobičajeni način tretiranja materijala, tip sušare i tip materijala koji se danas sreću u praksi.



Slika 1. Metode zagrevanja prilikom sušenja [12]  
 Figure 1. Heating methods in drying [12]

Tabela 3. Uporedni prikaz tretmana materijala i uobičajenih tipova sušara [6]  
 Table 3. Capacity and energy consumption for selected dryers [6]

Metoda Method	Tipična sušara Typical dryer	Tipičan materijal Typical materials
Bez tretiranja materijala Material not conveyed	Šaržno sušenje Tray dryer	Paste i granule Pastes and granules
Materijal se kreće pod dejstvom sile gravitacije Material falls by gravity	Rotaciona sušara Rotary dryer	Granule Granules
Materijal se pokreće i komeša mehanički Material conveyed mechanically	Sušara sa vijčanim elementima Screw-conveyor, paddle	Vlažne kaše i paste Wet sludges, pastes
Materijal se transportuje u kolicima Transported on trucks	Tunelska sušara Tunnel dryer	Razni materijali Wide range of materials
Materijal se unosi u listovima ili rolnama Sheet-form or roll materials	Cilindrične sušare Cylinder dryers	Papir, tekstil, pulpa Paper, textiles, pulp
Materijal se transportuje i komeša pokretnim trakama Conveyed on bands	Sušare sa pokretnim trakama Band conveyor dryer	Pelete, zrnasti materijali Pellets, grains
Materijal se transportuje vazduhom Material suspended in air	Sušare sa fluidizovanim slojem Fluid bed	Granule Granules
Kaše i rastvori raspršeni u vazduhu Slurries or solutions atomized in air	Sušare sa rasprskivanjem Spray dryer	Mleko, kafa, itd. Mleko, kafa, etc.

## Selekcija sušara

Za pravilnu selekciju sušare potrebno je prethodno utvrditi nekoliko osnovnih činjenica - informacija, koje u stvari predstavljaju neophodne inpute za korektan proces selekcije.

Neke od najvažnijih su:

- Mod sušenja, tj. da li je sušenje šaržno ili kontinualno;
- Fizičke, hemijske i biohemijske osobine vlažnog materijala, kao i željene osobine osušenog materijala;
- Potrebna predpriprema materijala za sušenje i neophodni postupci koje je potrebno preduzeti po završetku procesa sušenja;
- Sadržaj vlage vlažnog i osušenog materijala;
- Kinetika sušenja;
- Parametri kvaliteta;
- Sagledavanje bezbedonosnih aspekata procesa sušenja (vatrootpornost, eksplozivnost i toksičnost procesa);
- Vrednost proizvoda;
- Nivo automatske regulacije procesa sušenja;
- Toksikološke osobine proizvoda;
- Kapacitet;
- Vrste i cene goriva, energenata ili električne energije;
- Uticaj na okolnu sredinu;
- Prostor za smeštaj postrojenja.

Veliki broj sprovedenih naučnih studija uticao je na to da u poslednje vreme budu razjašnjene mnoge nedoumice u vezi sa termodinamičkim pojavama i procesima koji se javljaju prilikom sušenja higroskopskih materijala, kinetikom sušenja, isparavanjem multi-komponentnih mešavina iz poroznih tela, kao i termomehaničkim osobinama materijala i agenasa. Međutim, na mikroskopskom nivou gledano, postoje još mnogi problemi koji su i danas nedoumica pa je ujedno i veliki izazov upustiti se u njihovo rešavanje.

Poslednjih godina se pojavio veliki broj knjiga [13-16] koje se fokusiraju na jedan ili više aspekata sušenja. Upoređuju se savremene tehnologije sušenja sa konvencionalnim metodama [17] kako bi se pronašla alternativna rešenja za pojedinačne probleme sušenja određenih specifičnih materijala [18-20]. Detaljnije informacije o procesu dizajniranja sušara najčešće su industrijska tajna. Pojedina istraživanja [21, 22] su usmerena ka objedinjavanju i standardizaciji metodologije proizvodnje industrijskih sušara.

### Pregled različitih tipova sušara

Indirektne sušare (u literaturi se mogu sresti pod nazivima: kontaktne, konduktivne) su prema [23] one sušare u kojima se medijum za zagrevanje (pregrejana para, topli gas, topli fluid, i slično) ne nalazi u direktnom kontaktu sa materijalom koji se suši, već posredno, preko preko grejane površine. Raspon temperatura sušenja kod ovakvih tipova sušara kreće se od  $-40^{\circ}\text{C}$  (kod sublimacionog sušenja) do  $300^{\circ}\text{C}$  (kod sušara koje se greju direktno produktima sagorevanja). U istraživanjima [24-26] izdvajaju se četiri osnovne vrste indirektnih sušara: šaržna sušara sa policama (lesama), indirektna-kontaktna rotaciona sušara, šaržna rotaciona vakuumska sušara i sušara sa mešanjem.

Rotacione sušare su one sušare koje u svom sastavu imaju rotirajući valjak sa osom postavljenom pod malim uglom u odnosu na horizontalu, kojim se materijal transportuje, istovremeno meša, a i ujedno suši odgovarajućim agensom, direktno ili indirektno. U



istraživanjima [27] i [6] se po prvi put detaljnije govori o različitim tipovima rotacionih sušara i tokovima materijala i agensa unutar ovakvih sistema sušenja.

Sušare sa fluidizovanim slojem se pretežno koriste za sušenje vlažnih prahova (pudera) i čestica (granula) koje je moguće fluidizovati. U publikacijama mnogih autora se govori o važnosti poznavanja hidrodinamičkih osobina fluidizovanog sloja [28], kao što su poznavanje minimalnih brzina strujanja, dok pojedini autori [29] analiziraju osnovne prednosti i mane ovakvog tipa sušare.

Valjkaste sušare se koriste za sušenje tečnih organskih i neorganskih materija. Sa unutrašnje strane valjka struju para, topla voda ili ulje, a sa spoljašnje strane se suši tanki sloj tečnog ili pastastog materijala. U publikaciji [6] analizirano je sušenje različitih hemikalija na ovom tipu sušara, dok se u literaturi sreću i najraznovrsniji primeri primene kao na primer sušenje kaša: pirinčane [30], brašna [31], i sl., ili farmaceutskih proizvoda [32].

Sušare sa raspršivanjem materijala poseduju komoru u koju se ubacuje tečni materijal koji se suši u raspršenom stanju. Prema [33] raspršivanje je najvažnija operacijom u procesu sušenja, dok [34] radi optimizaciju veličine raspršene kapi i distribucijom agensa i materijala. Kao nosioca toplotne energije [6] koristiti pregrejanu vodenu paru.

Sublimaciona sušara (vakuumska) je prema [35] isplativa za korišćenje jedino prilikom sušenja specifičnih materijala organskog porekla kao što je krvna plazma, hormonski rastvori, super provodljivi materijali, hirurški materijal za transplantaciju, ćelije zaražene bakterijama i virusima. Itekako postoji i opravdanost i prednost primene ovakvog načina sušenja i u prehrambenoj industriji [36], bez obzira što je ovakva tehnologija dominantna u farmaceutskoj industriji [37, 38].

Mikrotalasno i dielektrično sušenje se prvi put javljaju početkom dvadesetog veka. Upotreba elektromagnetnih talasa određene frekventnosti i talasne dužine predstavlja efikasan način za zagrevanje materijala. Nizom publikacija opravdava se upotreba mikrotalasa u industrijskoj proizvodnji [39], a uz pravilnu selekciju i dimenzionisanje opreme [40] ističu se i prednosti primene u prehrambenoj industriji [41, 42].

Solarno sušenje je jedan od najstarijih vidova sušenja i tehnologije iskorišćavanja ovakvog vida obnovljive energije konstantno se unapređuju. Sproveden je veliki broj istraživanja o opravdanosti investiranja u ovakve instalacije [43, 44], dok veliki broj autora obrađuje problematiku sušenja raznovrsnih materijala, prvenstveno prehrambenih proizvoda, kao što su: sušenje žitarica, kafe, grožđa, kikirikija i voća i povrća [45]; sušenje grožđa, oraha, duvana [46]; itd.

Sušenje u fluidizovanom sloju se uspešno primenjuje još od pedesetih godina dvadesetog veka. Geometrijskim, fizičkim i hidrodinamičkim karakteristikama ovih sušara bavili su se [47, 48]. Pojedini autori ističu prednosti ovakvog tipa sušenja specifičnih materijala kao što su: dehidratacija soli [49], sušenje pigmenata [50] i slično..

Sušenje koncentrisanim mlazom agensa se koristi prvenstveno prilikom kontinualnos sušenja materijala koji se najčešće nalazi u vidu rolne (proizvodnja papira, fotografskih filmova, tekstila, tepiha i slično). Veliki broj autora se bavi istraživanjima prenosa toplote i mase kod ovakvog tipa sušenja: proučavanjem oblika mlaza [51, 52], određivanjem vrednosti Nusseltovog broja [53], utvrđivanjem optimalnog ugla pod kojim mlaz dospeva na materijal koji se suši [54].

Pneumatsko sušenje predstavlja najčešće primenjivan vid kontinualnog konvektivnog sušenja. Istovremeno odvijanje pneumatskog transporta čestica i njihovog sušenja je složen proces. Brojni autori se bave numeričkim simulacijama ovih procesa i to: određivanjem optimalne veličine transportovanih čestica [55, 56], softverskim uobličavanjem i modeliranjem [5], kao i eksperimentalnim i numeričkim analizama procesa prenošenja toplote i kinetike sušenja [57]

Konvejsko sušenje predstavlja vrstu sušenja kojom se može iskoristiti kod velikog broja materijala. Materijal se transportuje na pokretnoj traci i istovremeno se produvava vrućim vazduhom [6].

Infracrveno sušenje je najčešće primenjivan vid sušenja u industriji a ujedno i vid sušenja koji zahteva najveće količine energije. Prema istraživanju [58], Rusija je zemlja u kojoj postoji najviše ovakvih sušara, a prate je SAD i istočnoevropske zemlje. Teorijska istraživanja i eksperimentalni rad na temu korišćenja ovih sušara sprovedena su u industriji papira, kartona, tekstila i boja [59, 60], dok je u istraživanju [61] ukazano na prednosti i mane korišćenja u prehrambenoj industriji za sušenje namirnica.

Sušenje pregrejanom vodenom parom predstavlja jedan od najstarijih koncepta sušenja i javio se još u devetnaestom veku u doba parne mašine i industrijske revolucije. U publikaciji [19] dat je detaljan pregled principa, prakse, industrijskih aplikacija, istraživanja i razvoja u vezi sa ovom tehnologijom.

Specijalne napredne tehnologije sušenja se javljaju usled zahteva za visokim kvalitetom proizvoda, povećanjem produktivnosti, olakšanom kontrolom, energetsom efikasnošću postrojenja za sušenje, smanjenja negativnog uticaja na prirodnu okolinu. Glavni trendovi uvođenja naprednih tehnologija su [62]:

- Korišćenje pregrejane pare kod direktnog sušenja;
- Korišćenje indirektnog konduktivnog zagrevanja;
- Primenu kombinovanih načina prenosa toplote;
- Primenu volumetrijskog zagrevanja pomoću mikrotalasa i radio talasa;
- Upotrebu dvostepenih sušara;
- Upotrebu specijalnih tehnologija sagorevanja;
- Dizajniranje fleksibilnih multiprocesnih sušara;

## ZAKLJUČAK

Sprovedena istraživanja iz oblasti sušenja prehrambenih materijala, temeljne teorijske analize i diskusije o načinima klasifikacije, selekcije i projektovanju sušara, ukazuju na to da je sušenje i izbor opreme za sušenje ozbiljan proces koji zahteva još ozbiljniji pristup.

Na selekciju sušare utiču mnogobrojni parametri. Opravdanost zanemarivanja pojedinih parametara može postojati, ali je najčešće uslovljena spoljnim uticajima kao što su zahtevi tržišta i potrošača, raspoloživost energenata, smeštajni kapaciteti opreme za sušenje i slično.

Većinu sušara je moguće iskoristiti za sušenje raznovrsnih materijala bez obzira na određene specifičnosti, naravno u granicama njihovih konstruktivnih karakteristika, tako da je izbor prave sušare za određeni materijal veoma složen i delikatan posao.

## LITERATURA

- [1] Williams-Gardner, A. 1971. Industrial Drying. CRC Press, Cleveland, OH.
- [2] Keey, R.B. 1978. Introduction to Industrial Drying Operations. Pergamon, NY.
- [3] Strumillo, C., Kudra, T. 1986. Drying: Principles, Applications and Design. Gordon and Breach, NY,
- [4] Marinos-Kouris, D., Maroulis, Z.B. 1995. Transport properties in the drying of solids. In: *Handbook of Industrial Drying*, Mujumdar, A.S. ed., Marcel Dekker, Inc., NY.
- [5] Pakowski, Z. 1996. DryPak v.3. Program for Psychometric and Drying Computation.
- [6] Mujumdar, A.S. 2006 Handbook of Industrial Drying, 3ed, Marcel Dekker, Inc., NY.
- [7] Vega-Mercado, H., Gongora-Nieto, M.M., Barbosa-Canovas, G.V. 2001. Advances in dehydration of foods. *J. Food Engng.*, 49.

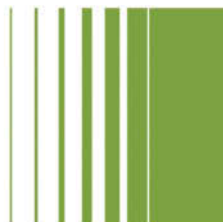
- [8] Molnar, K. 1995. Experimental techniques in drying. In: Handbook of Industrial Drying, Mujumdar, A.S. ed., Marcel Dekker, Inc., NY.
- [9] Van't Land, C.M. 1991. Industrial Drying Equipment: Selection and Application. Marcel Dekker, NY.
- [10] Greensmith, M. 1998. Practical Dehydration. CRC Press, Boca Raton, FL.
- [11] Menon, A.S., Mujumdar, A.S. 1982. Energy saving in the drying of solids, *Indian Chem. Eng.*, 14(2): 8–13.
- [12] Keey, R.B. 1972. Drying: Principles and Practice. Pergamon, NY.
- [13] Van't Land, C.M. 1991. Industrial Drying Equipment, Marcel Dekker, NY.
- [14] Cook, E.M., Dumont, D. 1991. Process Drying Practice, McGraw-Hill, NY.
- [15] Vergnaud, J.M. 1992. Drying of Polymeric and Solid Materials, Springer-Verlag, London.
- [16] Keey, R.B. 1992. Drying of Loose and Particulate Materials, Hemisphere, NY.
- [17] Mujumdar, A.S. 1982. *Drying Technology – An International Journal*, Marcel Dekker, NY.
- [18] Mujumdar, A.S. 1987. Drying of Solids – Recent Int. Developments, Wiley Eastern Ltd, New Delhi.
- [19] Mujumdar, A.S. 1990. Drying of Solids, Sarita Prakashan, Nauchandi Grounds, India.
- [20] Mujumdar, A.S. 1992. Drying of Solids, Oxford/IBH, New Delhi, India, and Int. Publishers.
- [21] Houska, K., Valchar, J., Viktorin, Z. 1987. Computer aided design of dryers, in *Advances in Drying*, Vol.4 (A.S. Mujumdar, Ed.), Hemisphere, NY.
- [22] Genskow, L.R. (GuestEd.) 1994. Scale-up of Dryers, *Drying Technology*, 12: 1–2.
- [23] Hall, C.W. 1980. Dictionary of Drying. NY: Marcel Dekker.
- [24] Walsh J.J. 1992. Indirect Drying of Solids Particles. Minneapolis: Bepex Corporation.
- [25] Vetere, D., Morris, J. 1997. How a conduction dryer works and how to select one—part I. *Powder and Bulk Engineering*, 23–28.
- [26] Mujumdar, A.S. 2000. Classification and selection of industrial dryers. In: SDevahastin, ed. Mujumdar's *Practical Guide to Industrial Drying: Principles, Equipment and New Developments*. Brossard, Canada: Exergex Corporation, 23–36.
- [27] Baker, C.G.J. 1988. The design of flights in cascading rotary dryers, *Drying Technology*, 6(4); 631–653, 754.
- [28] Gupta, C.K., Sathiyamoorthy, D. 1999. Fluid Bed Technology in Material Processing, CRC Press, NY.
- [29] Mujumdar, A.S., Devahastin, S. 2003. Applications for fluidized bed drying, *Handbook of Fluidization and Fluid Systems* (Yang, W.C., Ed.), Marcel Dekker, NY, ch.18.
- [30] Daud, W.R.W., Armstrong, W.D. 1987. Pilot plant study of the drum dryer, in *Drying'87*, Mujumdar, A.S., Ed., Hemisphere Publishing Corporation, NY, p101.
- [31] Mercier, C. 1987. Comparative modifications of starch and starchy products by extrusion cooking and drum drying, in *Pasta and Extrusion Cooked Foods*, Mercier, C., Cantarelli, C., Eds., Elsevier Applied Science, London, p120.
- [32] Laurent, S., Couture, F., Roques, M. 1999. Vacuum drying of a multi component pharmaceutical product having different pseudopolymorphic forms, *Chem.Eng.Proc.*, 38-157.
- [33] Filkova I. 1984. Nozzle atomization in spray drying, *Advances in Drying*, Vol.3, (Ed. A.S.Mujumdar), Hemisphere/Springer-Verlag, NY, 181–216.
- [34] Masters, K. 1979. Spray Drying, Leonard Hill Books, London.
- [35] Mellor, J.D. 1978. Fundamentals of Freeze Drying. London: Academic Press.
- [36] King, C.J. 1971. Freeze Drying of Foods. Cleveland, OH: CRC Press.
- [37] Rey, L., May, J.C. (Eds.), 1999. Freeze Drying/Lyophilization of Pharmaceutical and Biological Products. NY: Marcel Dekker.
- [38] Pikal, M.J. 1992. Freeze drying. In: *Encyclopedia of Pharmaceutical Technology*, NY: Marcel Dekker, 6: 275–303.

- [39] Jones, P.L.J. 1987. Radio Frequency Processing in Europe. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 22 (3): 143–153.
- [40] Preston, M. 1971. Theory and Applications of Microwave Power in Industry, International Microwave Power Institute, Manassas, Virginia, 65–85.
- [41] Smith, F.J 1979. Microwave hot air drying of pasta, onions and bacon. *Microwave Eng. Applications Newsletter*, 12(6): 6–12.
- [42] Schiffmann, R.F. 1973. Industrial Applications of Microwave Power for Foods The Applications of Microwaves to the Food Industry in the United States. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 8(2): 137–142.
- [43] Schoenau, G.J., Besant, R.W. 1976. Agriculture, Biomass, Wind, New Developments. *In Proceedings of the Sharing the Sun, Solar Technology in the Seventies* (K.W. Boer, Ed.), Winnipeg, Canada, 7: p33.
- [44] Vaughan, D.H., Lambert, A.J., 1980. An Integrated Shed Solar Collector for Peanut Drying. *Transactions of the ASAE*. 23 (1): 0218-0223.
- [45] Garg, H.P. 1982. Solar drying - Prospects and retrospects. *In Proceedings of the Third International Drying Symposium* (J.C.Ashworth,Ed.), Drying Research Limited, Wolverhampton, England. Vol. 1, pp. 353-369
- [46] Auer, W.W. 1980. Solar energy systems for agricultural and industrial process drying. *Drying '80* (A.S. Mujumdar, Ed.), Hemisphere, NY, Vol.1, p.280-293.
- [47] Szentmarjay, T., Szalay, A., Pallai, E. 1994. Scale-up aspects of the mechanically spouted bed dryer with inert particles, *Drying Technology*, 12 (12): p341.
- [48] Szalay, A., Pallai, E., Szentmarjay, T. 2001. Production of powder-like material from suspension by drying on inert particles, in *Handbook of Conveying and Handling of Particulate Solids*, A.LevyandH. Kalman(Eds.), Elsevier Science, Amsterdam, 10: 581–586.
- [49] Rabinovich, M.J. 1977. Thermal Processes in spouted beds, *Nauka Dumka*, Kiev.
- [50] Romankov, P.G., Rashkovskay, N.B. 1979. Drying in fluidized bed, *Chimiya*, Leningrad.
- [51] Korger, M., Krizek, F. 1972. *Verfahrenstechnik* (Mainz), 6: p223.
- [52] Baines, W.D., Keffer, J. 1980. Observations of effects of suction on a two-dimensional jet impinging on a porous surface. *Drying '80* (A.S. Mujumdar, Ed.), Hemisphere, NY, Vol.1, p.376-383.
- [53] Fechner, G., 1972. Measurements of average Nu on rotating drums subjected to single and multiple slot jet impingement. *Dr.Eng. dissertation*, Technical University, Munich.
- [54] AliKhan, M. 1980. The effect of placing a perforated plate just upstream of the impingement surface. *Ph.D.thesis*. University of Tokyo.
- [55] Silva, M.A., Correa, J.L.G. 1998. Using DryPak to simulate drying process, in *Drying'98 Proceedings of the 11th International Drying Symposium*, A: 303–310.
- [56] Rocha, S.C.S. 1988. Contribution to the Study of Pneumatic Drying: Simulation and Influence of Gas-Particle Heat Transfer Coefficient, *Ph.D.thesis*, Sao Paulo University, Sao Paulo.
- [57] Tolmač, D., Josimović, Lj., Prvulović, S., Dimitrijević, D. 2011. Experimental and Numerical Studies of Heat Transfer and Kinetic Drying of Convection Pneumatic Dryer. *FME Transactions* 39:139-144.
- [58] Hallstrom, B., Skjoldebrand, C., Tragardh, C. 1988. Heat Transfer and Food Products, Elsevier Applied Science, London.
- [59] Therien, N., Cote, B., Broadbent, A.D. 1991. Statistical analysis of a continuous infrared dryer. *Textile Research* 61: 193–202.
- [60] Kuang, H., Chen, R., Thibault, J., Grandjean, B.P.A. 1992. Theoretical and experimental investigation of paper drying using gas-fired IR dryer. *In "Drying'92*, A.S.Mujumdar (Ed.) Elsevier, Amsterdam, p 941.
- [61] Sandu, C. 1986. Infrared radiative drying in food engineering: process analysis. *Biotech.Progress*, 2(3):109–119.
- [62] Mujumdar, A.S. 1991. Drying technologies of the future, *Drying Technology* 9 (2): 325–347.



**100**  
since 1913 [100.claas.com](http://100.claas.com)

**CLAAS**



**ALMEX**  
GENERALNI UVOZNIK PROIZVODA CLAAS ZA SRBIJU  
[www.almex.rs](http://www.almex.rs)

ALMEX DOO, Jabučki put bb  
26000 Pančevo  
Tel: 013 / 306-500, 306-528  
Fax: 013 / 306-525

ALMEX M, Čuruški put bb  
21235 Temerin  
Tel/Fax: 021 / 843-782

POSTPRODAJA, Kestenova 4  
26000 Pančevo (Stari Tamiš)  
Rezervni delovi - Tel: 013 / 325-400  
Fax: 013 / 325-450  
Servis - Tel: 013 / 325-420

## GPS NAVIGACIJA POLJOPRIVREDNIH MAŠINA

SISTEMI ZA SVE TIPOVE I MARKE POLJOPRIVREDNIH MAŠINA - STARE I NOVE

### Trimble CFX-750

Napredni GPS za poljoprivredu

- Za manuelno i automatsko navođenje
- Nadogradiv sistem – povećanje tačnosti i funkcionalnosti
- Idealan GPS navigator za automatske sisteme
- Pruža tačnost za najzahtevnije operacije – setva, međuredna obrada



### Trimble EZ-Pilot

NOVI sistem za automatsko održavanje pravca

- Precizni automatski sistem sa T3 terenskom kompenzacijom
- Upravlja vozilom pomoću elektromotora ispod volana
- Brz i precizan odziv motora omogućuje lak prilaz i praćenje navigacione linije



### Trimble EZ-Guide 250

Ekonomični GPS za poljoprivredu

- Idealan za manuelno navođenje
- Koristi besplatan EGNOS korekcionni signal
- Mogućnost nadogradnje Trimble EZ-Steer sistema
- Izveštavanje o izvršenim operacijama
- Pruža neophodnu tačnost za dubrenje, prskanje, pripremu setve



### Trimble EZ-Steer

Automatsko održavanje pravca

- Ekonomičan automatski sistem sa T2 terenskom kompenzacijom
- Prenosiv sa jedne mašine na drugu
- Upravlja vozilom pomoću elektromotora sa frikcionim točkom na volanu
- Precizno i lako praćenje navigacione linije
- Veća produktivnost i komfor u radu, smanjen zamor rukovoaca



Na raspolaganju su brojne opcije tačnosti paralelnog uklapanja prohoda, zavisno od izabranih navigatora, GPS antene i korekcionnog signala



## OSTVARITE MAKSIMALNE UŠTEDE PRIMENOM SAVREMENE TEHNOLOGIJE TRIMBLE AUTOPILOT - Automatski sistem za upravljanje

Vrhunski sistem za automatsko upravljanje u prohodima

Direktno dejstvo na upravljački hidraulički sistem

Bez okretanja volana Trimble Autopilot uvodi mašinu u prohod i precizno vodi po navigacionoj liniji, u svim radnim uslovima, na svim terenima





MASSEY FERGUSON



# MasFerg Agro

MasFerg Agro d.o.o., 21000 Novi Sad, Futoški put 10, SCG  
tel./fax: 021/ 400-525, 400-255 mobil: 063/ 500-853, 545-626  
E-mail: mfgagro@EUnet.rs www.mfgagro.co.rs

## KATALOG PROIZVODA

## 1. Instrumenti za merenje električnih veličina

Gossen Metrawatt, Nemačka (www.gossenmetrawatt.com)



- 1.1. Multimetri
- 1.2. Miliometri
- 1.3. Procesni kalibratori
- 1.4. Analizatori snage i energije
- 1.5. Analizatori kvaliteta napona
- 1.6. Instrumenti za ispitivanje električnih instalacija
- 1.7. Merila otpora izolacije
- 1.8. Merila otpora uzemljenja
- 1.9. Detektori napona
- 1.10. Tragači kablova
- 1.11. Strujna klešta
- 1.12. Izvori napajanja

## 2. Instrumenti za merenje osvetljaja i luminanse

Gossen, Nemačka (www.gossen-photo.de.)



- 2.1. Luksmetri
- 2.2. Luminansmetri
- 2.3. Flešmetri za fotografije

## 3. Instrumenti za merenje buke

Cesva, Španija (www.cesva.com)



- 3.1. Merila buke
- 3.2. Dozimetri buke
- 3.3. Merila vibracija zgrada

## 4. Instrumenti za termovizijsku dijagnostiku

Guide Infrared, Kina (www.guide-infrared.com)



- 4.1. Termovizijske kamere

## 5. Instrumenti za merenje nedestruktivnim metodama

Sonatest, Velika Britanija (www.sonatest.com)



- 5.1. Ispitivanje bez razaranja (IBR)
- 5.2. Ispitivači korozije, EDDY Current-instrumenti, ispitivanje metala analizator metalnih legura, kamera za vizuelnu inspekciju

## 6. Instrumenti za prevodjenje mernih veličina

Camille Bauer, Švajcarska (www.camillebauer.com)



- 6.1. Merni pretvarači (transmiteri) električnih veličina, ugaone pozicije i temperature
- 6.2. Industrijski pisaiči
- 6.3. Industrijski termometri

## 7. Instrumenti za merenje vibracija

MMF, Nemačka (www.mmf.de)



- 7.1. Merila humanih vibracija, ruka-šaka i celog tela
- 7.2. Merila mašinskih vibracija

## 8. Instrumenti za merenje parametara mikroklimne

Kimo, Francuska (www.kimo.fr)



- 8.1. Instrumenti za merenje parametara mikroklimne (temperature, vlage, brzine strujanja i protoka vazduha, kvaliteta vazduha CO/CO2, pritiska)
- 8.2. Data logeri za temperaturu, vlagu, osvetljaj, struju i napon
- 8.3. Merni pretvarači (transmiteri) pritiska, temperature, vlage, strujanja i protoka vazduha

## 9. Instrumenti za merenje i kalibraciju

AOIP, Francuska (www.aqip.fr)



- 9.1. Kalibratori: procesni, temperature, pritiska, vlage i frekvencije
- 9.2. Testeri kablova za LAN i TELEKOM mreže
- 9.3. Starteri asinhronih motora

## 10. Instrumenti za merenje elektromagnetnog polja

Maschek, Nemačka (www.maschek.de)



- 10.1. Merenje elektromagnetnog polja
- 10.2. SAR metri
- 10.3. Dozimetri zračenja mobilnih telefona

## 11. Instrumenti za merenje čestica prašine-aerosoli

Met One, USA (www.metone.com)



- 11.1. Merenje čestica prašine

## 12. Instrumenti za merenje radiološkog zračenja

Seintl, USA (www.seintl.com)



- 12.1. Merenje alfa, beta, y, x -zračenja
- 12.2. Dozimetri radiološkog zračenja

## 13. Instrumenti za detektovanje cevi i kablova

Ridgid, USA (www.ridgid.com)



- 13.1. Lokatori cevi i kablova pod zemljom





## Fluid Control System

Decenijsko iskustvo u projektovanju i proizvodnji:



Sušara za biomasu i žitarice

Kotlova na biomasu i pelet

Energana

Mašina, alata i opreme za:

- grafičku
- hemijsku
- konditorsku
- prehrambenu
- farmaceutsku
- mlinsko pekarsku industriju



Substitucija rezervnih delova za uvozne mašine:

- pneumatska i hidraulična regulacija
- automatizacija opreme
- kompletan inženjering

Vršac, Srbija

mob. tel.: 064/1438-667

e-mail: [bozidarkiserev@yahoo.com](mailto:bozidarkiserev@yahoo.com)



# AgroGas doo

PRODAJA "SUNSPARES" REZERVNIH DELOVI ZA TRAKTORE:



OPREMA ZA NAVODNJAVANJE: topovi, rasprskivači, trake kap po kap



TAFE TRAKTORI

OPREMA ZA BRIKETIRANJE  
BIOMASE

SILOSI



Agrogas doo: Milutina Milankovića 120a, 11070 Novi Beograd, Republika Srbija

Direkcija: +381 (0) 11/ 311-47-29; 313-21-28;

e-mail: agrogas@agrogas.co.rs; exportimport@agrogas.co.rs

Veleprodaja- Velika Ivanča +381 (0) 11/ 821-27-51; 821-27-52;

e-mail: veleprodaja@agrogas.co.rs

Maloprodaja-Mladenovac +381(0) 11/ 82-30-551; 63-01-766

web site: www.agrogas.co.rs

# ANSYS®

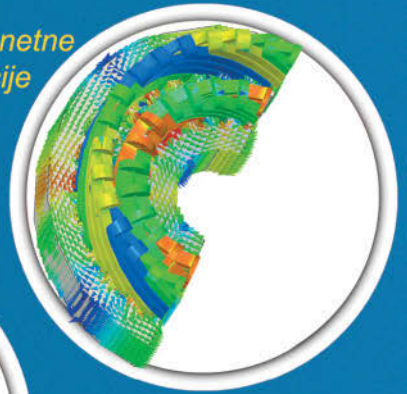


## A RENAISSANCE IN ENGINEERING

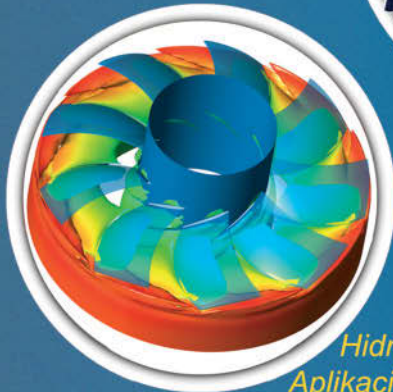


*Mehaničke  
Aplikacije*

*Elektromagnetne  
Aplikacije*



*Eksplicitne Aplikacije*

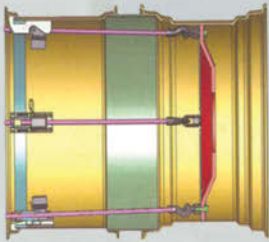


*Hidrodinamičke  
Aplikacije*

*Termičke  
Aplikacije*



Lidija Piliši  
lidija.pilisi@econengineering.com  
eCon E&T D.O.O.  
www.econengineering.com  
Tel: +381 65 952 4237  
24000 Subotica, Trg Cara Jovana Nenada 15/8



# KOCK&SOHN

SISTEMI ZA UDVAJANJE TOČKOVA I MEĐUREDNU OBRADU

**Taurus**

**Firestone**

**GOOD YEAR**



**MICHELIN**

**ALLIANCE**

**kléber**

# RONDO

21410 Futog, Rade Kondića 207

tel./fax: +381(0)21/897-708

[www.rondo-tyres.com](http://www.rondo-tyres.com)

AgriCons T.E.C. d.o.o. Beograd, Dobracina 62,



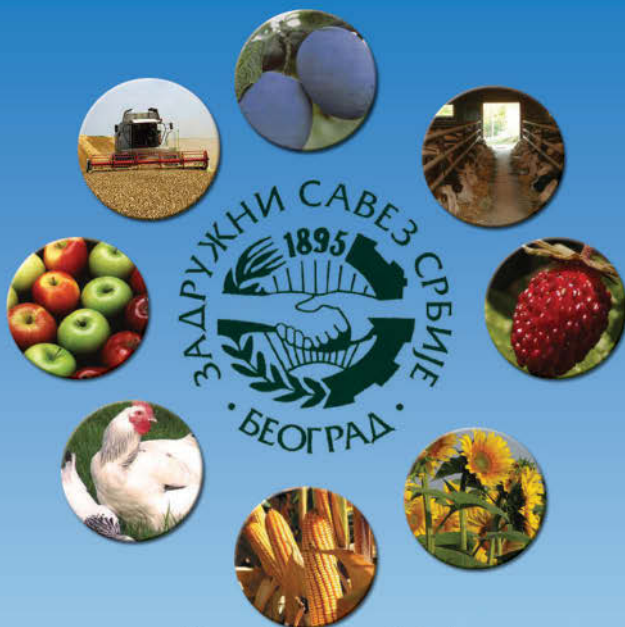
tel: +(381)11 3116 856,  
fax: +(381)11 2635 096  
mob: +(381)63 8327 634  
e-mail: info@agrimonstec.com  
web: www.agrimonstec.com

**ZADOVOLJAN POSLOVNI DOMACIN !**



- rezervni delovi  
- potrosni materijal

**PORODICNA FIRMA,  
PRIMENA NOVIH TEHNOLOGIJA,  
INZENJERING,  
SAVETOVANJE U IZRADI PROJEKATA,**



**Задружни савез Србије**  
је национална асоцијација земљорадничких задруга,  
основана далеке 1895. године -  
члан и оснивач Међународног задружног савеза (ИСА).

#### **Делатност Задружног савеза Србије:**

- ❖ пружа стручну помоћ при оснивању и пословању задруга;
- ❖ сарађује са покрајинским и окружним задружним савезима и координира њихов рад;
- ❖ сарађује са државним институцијама приликом доношења прописа и мера економске и аграрне политике;
- ❖ организује такмичење у пољопривредној производњи и додељује признања;
  - ❖ спроводи задружну ревизију;
- ❖ сарађује са научним, стручним и образовним институцијама; одлучује о располагању имовине која преостане после престанка рада задруга и задружних савеза;
  - ❖ обавља друге послове од интереса и значаја за рад оснивача.

#### **ЗАДРУЖНИ САВЕЗ СРБИЈЕ**

[www.zssrbije.org](http://www.zssrbije.org)

Председник НИКОЛА МИХАИЛОВИЋ  
Тел/факс: +381 11 3821 002, +381 11 3821 047  
Mail: [nikola@zss.co.rs](mailto:nikola@zss.co.rs)  
ПИБ: 100156150 МАТИЧНИ БРОЈ: 07019297  
ТЕКУЋИ РАЧУН: 205-2366-53, Комерцијална банка Београд



ГРАФИЧКО ИЗДАВАЧКО ПРЕДУЗЕЋЕ  
**ИНТЕРКЛИМА-ГРАФИКА д.о.о.**

Тел. +381 36 **632 449**, факс +381 36 **632 236**  
E-mail: [interklima.grafika@gmail.com](mailto:interklima.grafika@gmail.com)





Proizvodnja poljoprivrednih  
mašina i rezervnih delova

### **D.o.o. AGROART Stara Pazova, Karađorđeva 52**

je preduzeće koje se bavi proizvodnjom poljoprivrednih mašina i rezervnih delova za sve poljoprivredne mašine sa bivših jugoslovenskih prostora. AGROART je nastao iz zanatske radnje koja je otvorena 1983. godine.

AGROART je lider u prodaji rezervnih delova traktorskih priključnih mašina u Srbiji.

Ima mrežu od 160 dilera za mehanizaciju. Jedan od uspeha je i dobijena zlatna medalja na novosadskom sajmu za traktorsku nošenu prskalicu 2010. godine. Sigurni u kvalitet u proizvodnji prskalice i dobijanjem zlatne medalje AGROART za ovaj proizvod daje tri godine garancije.

#### **Proizvodni program:**

- Ratarska prskalica 220I, 330I, 440I
- Ratarska prskalica 660I – sa kopiranjem terena
  - Univerzalna mašina za krompir
  - Sadilica za crni (arpadžik) i beli luk
    - Vadilica za crni i beli luk
    - Setvospremač 2,10-2,50-2,90
  - Kultivator za voćnjake i vinograde
- Mašina za polaganje folije sa sistemom kap po kap i bacanjem veštačkog đubriva u redove
  - Univerzalni transporter za kukuruz
    - Kultivator za kukuruz
      - Nošena drljača
    - Sečka za voće (jabuka, kruška, dunja)
      - Glatki valjak
      - Mašina za rasad
- Traktorski zaštitni ram za razne tipove traktora
  - delove za žilnu sejalicu
  - delove za mehaničku sejalicu za kukuruz
  - delove za pneumatičku sejalicu za kukuruz
    - delove za silokombajn LIFAM
    - delove za rotacione kosačice IMP
  - delove za berač kukuruza Zmaj-Zemun
- delove za presu za slamu LIFAM, Poljostroj-Odžaci, Veleger, MASE FERGUSON, Poljska, John Deer i dr.
  - delove za prskalicu RAU, Agromehanika, Morava
  - delova po UZORKU za sve poljoprivredne mašine