

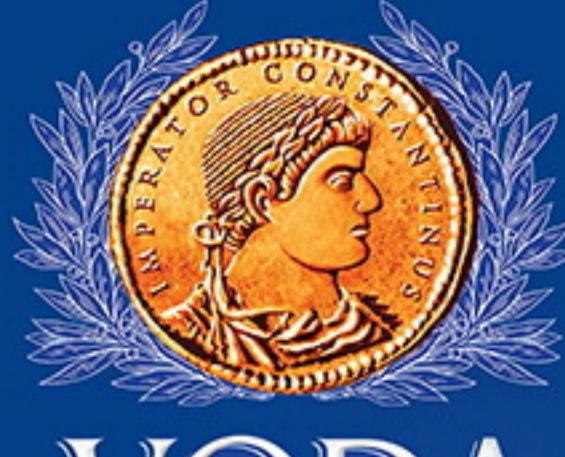
Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem  
**AKTUELNI PROBLEMI MEHANIZACIJE POLJOPRIVREDE**

19<sup>th</sup> Scientific Conference

**CURRENT PROBLEMS AND TENDENCIES IN AGRICULTURAL  
ENGINEERING**



**ZBORNIK RADOVA  
*PROCEEDINGS***



# VODA VRNJCI

Živite zdravo!



IDEALNO  
OSVEŽENJE

ZBORNIK RADOVA

*PROCEEDINGS*

*Izdavač:*  
Univerzitet u Beogradu  
Poljoprivredni fakultet

*Za izdavača:*  
Prof. dr Dušan Živković  
Poljoprivredni fakultet, Beograd

*Tehnička priprema:*  
Dr Milan Dražić, dr Kosta Gligorević,  
dr Ivan Zlatanović

*Urednik:*  
Dr Milovan Živković  
Poljoprivredni fakultet, Beograd

*Štampa:*  
Interklima-grafika d.o.o.  
Vrnjačka Banja

*Tiraž:*  
200 primeraka

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

631.3(082)  
631.17(082)

НАУЧНО стручни скуп са међународним учешћем Актуелни проблеми механизације пољопривреде (19 ; 2018 ; Београд)

Zbornik radova = Proceedings / 19. Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem Aktuelni problemi mechanizacije poljoprivrede, Žemun-Beograd, Republika Srbija 14.12.2018. godine = 19th Scientific conference Current problems and tendencies in agricultural engineering ; [organizatori] Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku [i] Zadružni savez Srbije ; [urednik Milovan Živković]. - Beograd : Univerzitet, Poljoprivredni fakultet, 2018 (Vrnjačka Banja : Interklima-grafika). - 189 str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 200. - Napomene i bibliografske reference uz radove. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-7834-318-6  
а) Пољопривредне машине - Зборници б) Пољопривреда - Механизација -  
Зборници  
COBISS.SR-ID 271485964

**UNIVERZITET U BEOGRADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET  
INSTITUT ZA POLJOPRIVREDNU TEHNIKU  
i  
ZADRUŽNI SAVEZ SRBIJE**

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

*19th Scientific Conference  
CURRENT PROBLEMS AND TENDENCIES IN AGRICULTURAL ENGINEERING*

**ZBORNIK RADOVA  
*PROCEEDINGS***

**ISBN      978-86-7834-318-6**

**UDK 631 (059)**

Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6  
Zemun – Beograd, Republika Srbija  
14.12.2018. godine

**Programski odbor:**

dr Mlovan Živković, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija) - *Predsednik*  
dr Mićo Oljača, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Miloš Pajić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Ivan Zlatanović, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Kosta Gligorević, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Milan Dražić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Dušan Radivojević, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Dragan Petrović, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Goran Topisirović, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Rade Radojević, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Rajko Miodragović, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Zoran Mileusnić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Aleksandra Dimitrijević, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Nikola Ivanović, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet (Srbija)  
dr Nedžad Rudonja, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet (Srbija)  
dr Vojislav Simonović, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet (Srbija)  
dr Ivana Medojević, Univerzitet u Beogradu, Mašinski 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 Rousse, 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 Milovan Živković – <i>Predsednik</i>	dr Zoran Mileusnić
dr Milan Dražić – <i>Sekretar</i>	dr Aleksandra Dimitrijević
dr Mićo Oljača	dr Olivera Ećim-Đurić
dr Miloš Pajić	dr Branko Radičević
dr Ivan Zlatanović	dr Vesna Pajić
dr Kosta Gligorević	dr Vanja Stepanović
dr Rajko Miodragović	dr Nikola Ivanović
dr Dušan Radivojević	M.Sc Mihailo Milanović
dr Rade Radojević	M.Sc Dragica Radovanović
dr Dragan Petrović	M.Sc Ivana Vukašinović
dr Dimitrije Andrijević	M.Sc Dragana Dudić
dr Goran Topisirović	Dipl. inž. Nebojša Balać
dr Vladimir Pavlović	Slavica Kovačević
	Nikola Mišković

## SADRŽAJ:

ZNAČAJ OSNIVANJA POLJOPRIVREDNIH ZADRUGA U SRBIJI .....	7
<i>Bracanović, Z., Petrović, V., Grozdanić, B., Borak, Đ.</i>	
POKAZATELJI EFKASNOSTI MAŠINA ZA DORADU	
SEMENA VIŠEGODIŠNJIH LEGUMINOZA .....	18
<i>Dokić, D., Stanisavljević, R., Terzić, D., Milenković, J., Kozlov, V., Koprivica, R., Vuković, A.</i>	
PRIMENA GIS ALATA ZA PRIPREMU ULAZNIH	
PODATAKA ZA HIDROLOŠKI MODEL.....	27
<i>Gregorić, E., Matović, G., Počuća V.</i>	
OPTIMALNI IZBOR KONFIGURACIJE LINIJE	
ZA PROIZVODNU NUGATA .....	37
<i>Joksimović, A., Marković, D., Simonović, V., Medojević, I.</i>	
AUTOMATIZATION AND DIGITALIZATION IN AGRICULTURE .....	45
<i>Lakota, M., Stajnko, D., Vindiš, P., Berk, P., Kelc, D., Rakun, J.</i>	
AKTUELNA ISTRAŽIVANJA I PRIMENA	
KONVOLUCIJSKIH MREŽA U POLJOPRIVREDI .....	54
<i>Medojević, I., Marković, D., Simonović, V., Joksimović, A., Ilić, J.</i>	
ANALIZA UTICAJA TOPLITNE IZOLOVANOSTI SEKCIJE GREJAČA	
TUNELSKE KONVEKTIVNE SUŠARE NA POSTIZANJE RADNIH	
PARAMETARA, ENERGETSKU EFKASNOST I EKONOMIČNOST .....	63
<i>Milanović, M., Zlatanović, I., Komatina, M., Dražić, M., Gligorević, K., Rudonja, N., Pajić, M., Živković, M.</i>	
EKPLOATACIONI PARAMETRI KOMBAJNA CLAAS LEXION 430	
U USLOVIMA UBIRANJA SOJE .....	71
<i>Miodragović, R., Mileusnić, Z., Balać, N., Milovanović, M.</i>	
VERTIKALNE FARME - BUDUĆNOST SISTEMA PROIZVODNJE	
POLJOPRIVREDNIH KULTURA ZA POTREBE MEGA GRADOVA .....	76
<i>Oljača, M., Oljača, S., Gligorević, K., Pajić, M., Dimitrijević, A., Oljača, J., Dražić, M., Mago, L.</i>	
EFEKTI PRIMENE PRECIZNE POLJOPRIVREDE	
U RATARSKOJ PROIZVODNJI – PRIMER DOBRE PRAKSE .....	96
<i>Oparnica, S., Pajić, M.</i>	

MAPIRANJE TRETMANA HEMIJSKE ZAŠTITE U RATARSKOJ PROIZVODNJI KORIŠĆENJEM TEHNIKA PRECIZNE POLJOPRIVREDE.....	105
<i>Pajić, M., Oparnica, S., Bižić, M., Gligorević, K., Oljača, M., Bošković, B., Dražić, M.</i>	
MONITORING UPRAVLJANJA POVRŠINSKIM I OTPADNIM VODAMA U POLJOPRIVREDI SRBIJE .....	113
<i>Petrović, M., Petrović, P.</i>	
KARAKTERISTIKE OBJEKATA ZA SMEŠTAJ SVINJA U SRBIJI .....	123
<i>Radivojević, D., Veljković, B., Koprivica, R.</i>	
MODEL SAMOHODNE POLJOPRIVREDNE MAŠINE ZA ANALIZU OSCILATORNIH KARAKTERISTIKA .....	131
<i>Stojić, B.</i>	
UNIVERZALNI POSTUPAK ZA ODREĐIVANJE MEHANIČKIH PARAMETARA POLJOPRIVREDNOG PNEUMATIKA .....	142
<i>Stojić, B.</i>	
UTICAJ RADNOG REŽIMA TRAKTORA NA NIVO BUKE UNUTAR I VAN KABINE RUKOVAOCA .....	152
<i>Šunjevarić, M.</i>	
TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI POSTUPCI POBOLJŠANJA PROIZVODNJE BISTROG VOĆNOG SOKA.....	164
<i>Urošević, T., Ećim-Durić, O., Urošević, I.</i>	
PRIMENA ROTACIONOG AŠOVA PRI OSNOVNOJ OBRADI ZEMLJIŠTA U VIŠEGODIŠNIM ZASADIMA.....	180
<i>Živković, M., Komnenić, V., Gligorević, K., Dražić, M., Pajić, M.</i>	

# ZNAČAJ OSNIVANJA POLJOPRIVREDNIH ZADRUGA U SRBIJI

Zlata Bracanović<sup>1</sup>, Velimir Petrović<sup>1</sup>, Branka Grozdanić<sup>1</sup>, Đuro Borak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut IMR-a, Patrijarha Dimitrija 7-13, Beograd.

## SAŽETAK

Republika Srbija obiluje sa bogatom plodnom obradivom zemljanom površinom. Može se reći da je veći deo te obradive površine u manjim parcelama koje su uglavnom raspoređene u središnjem i južnom delu Srbije. U skladu sa time, osnivanje poljoprivrednih zadruga u Srbiji ekonomski osnažuje mala poljoprivredna domaćinstava. Takođe, povećava se obradivo zemljište i poljoprivredna proizvodnje, uposlenost radne snage što unapređuje posmatrani tržišni segment. Obzirom da poljoprivredne zadruge sadržajno obavljaju različite poslove u mnogim oblastima, može se projektovati odgovarajući model poslovanja. Upotrebom metode za višekriterijumsко odlučivanje, kao tehnika u donošenje odluka pri planiranju, u cilju veće profitabilnosti. Ovakav načinom kooperacije na relaciji dobavljači, proizvođači i poljoprivredne zadruge ostvarila bi se višestruka dobit za sve učesnike. Podrškom ovog modela saradnje od strane državnih institucija, uspostavio bi se stalan i siguran protok novca, kao i napredak u poljoprivrednom i industrijskom segmentu.

**Ključне reči:** saradnja, kriterijumi, AHP metoda.

## IMPORTANCE OF ESTABLISHING AGRICULTURAL COOPERATIVES IN SERBIA

Zlata Bracanović<sup>1</sup>, Velimir Petrović<sup>1</sup>, Branka Grozdanić<sup>1</sup>, Đuro Borak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of the IMR-a, Patrijarha Dimitrija 7-13, Belgrade.

## ABSTRACT

The Republic of Serbia is abundant with rich fertile arable land. It can be said that most of this arable land has properties in smaller, plots that are mostly distributed in the central and southern parts of Serbia. Accordingly, the establishment of agricultural cooperatives in Serbia economically empowers small agricultural households. Also, arable land and agricultural production are increasing; labor force improves the observed market segment. Since agricultural cooperatives are doing various tasks in many areas, an appropriate model of business can be designed. Due to , by doing the sample method for multi-criteria decision making, as a technique for decision-making in planning, in order to increase lucrative profitability. This way of cooperation between suppliers, producers and agricultural cooperatives would generate multiple profits for all participants. By supporting this model of cooperation by state institutions, a steady and secure flow of money would be established, as well as progress in the agricultural and industrial segment.

**Key words:** cooperation, criteria, AHP method.

## UVOD

Republika Srbija se nalazi na ukupnoj površini 88.502( $\text{km}^2$ ) od čega vode zauzimaju 13%. Oko 70 % ukupne teritorije Republike Srbije čini poljoprivredno zemljište, dok je 30% je pod šumama. Klima je umereno-kontinentalna, a prosečna temperatura u toku godine iznosi oko 11( $^{\circ}\text{C}$ ). Povoljni prirodni i klimatski uslovi pospešuju razvoj poljoprivrede. Ravničarski regioni Vojvodine, Kosova Polja, Metohije, Pomoravlja, Posavine, Tasmave, Kruševačkog i Leskovačkog polja pogodni su za mehanizovanu ratarsku i povrtarsku proizvodnju.

Brdoviti i brežuljkasti predeli povoljni su za razvoj voćarske, vinogradarske i stočarske proizvodnje. Brdsko-planinsko područje Zlatibora, Rudnika, Stare planine, Kopaonika i Šar-planine su pogodni za razvoj ovčarstva, govedarstva i šumarstva.

Popis poljoprivrede u Republici Srbiji pokazao je da ima ukupno 1.442.628 poljoprivrednika koji čine 17,3% ukupne populacije [12]. Dominira porodično gazdinstvo i privatna svojina, dok prosečna veličina komercijalne farme (preduzeća) iznosi 500÷700(ha). Porodično gazdinstvo je vrlo isparcelisano, ima izraženu naturalnu potrošnju i znatno niži stepen komercijalizacije u odnosu na evropske farme. Prosečno srpsko gazdinstvo ima 4,5(ha) zemljišne površine. Prema poslednjim podacima u Srbiji ima 6.000 sela [12]. U seoskim područjima postoje brojne manifestacije etnokulture i etno-arta poput sajmova, izložbi, sabora i raznih takmičenja.

Pored velikih teškoća sa kojima se suočava, srpsko zadružarstvo proteklih godina beleži značajan razvoj, što pokazuje i podatak da je od sredine 2017. godine, kada je pokrenut projekat "500 zadružara u 500 sela" u Srbiji osnovano više od 300 novih zadružara, prema Zakonu o zemljoradničkim zadrugama (Sl. list SRJ 41/96 i 12/98).

Cilj povratka zadrugarskog duha je da se u selo vrate mlađi, da se motivišu i da u njemu ostanu. Shodno tome u ovom radu biće prikazan model poljoprivrednih zadružara koji integriše poljoprivredna gazdinstva i seoska domaćinstva. Takođe biće prikazan primer donošenja odluke pri odabiru najboljeg proizvoda od ponuđenih četiri proizvoda za budući brend. Metoda koja je korišćena za odabir je AHP metoda višekriterijumskega odlučivanja.

## MATERIJAL I METODE RADA

U Srbiji je do 1900. godine bilo više od 650 zadružara, koje su osnivane kao odbrana od zelenasa i osiromašenja seoskog stanovništva. Pred Prvi svetski rat u Srbiji je radilo više od 800 zadružara, da bi se posle rata odnosno 1930. godine ponovo konsolidovale. Tako je broj zadružara porastao i pred Drugi svetski rat bilo više od 3.500 zadružara. Godine 1949. donet je Osnovni zakon o zemljoradničkim zadrugama, da bi privrednom reformom iz 1965. godine zadruge bile desetkovane. Na osnovu Ustava iz 1974., usvojen je Zakon o udruživanju zemljoradnika i zadružni savezi su ostali bez imovine. Zakonom o zadružama iz 1990. propisano je da se zadružna imovina vrati ranijim korisnicima, što je potvrdio i Zakon iz 1996. godine [13]. Samo neznatan broj zadružara i zadružnih asocijacija to je uspelo. Zakon o zadružama koji je Srbija posle skoro dve decenije čekanja dobila 2015. godine, postepeno treba da unese promene u srpsko zadružarstvo.

Prema zvaničnim podacima [12], u ukupnoj poljoprivrednoj površini u 2011. godini, struktura obradivog zemljišta obuhvata:

- oranice i bašte učestvuju sa 64,6%,
- voćnjaci sa 4,7%,
- vinogradi sa 1,1%,

- livade sa 12,2%,
- pašnjaci 16,6%.

Neki značajni pokazatelji iz popisa poljoprivrede u Republici Srbiji koji nisu obuhvatili Kosovo i Metohiju, pokazani su u tabeli 1.

na osnovu priloženog može se reći da poljoprivredno zemljišta u Srbiji obrađuju porodična gazdinstva u iznosi od 84%, a pravna lica i preduzetnici 16% [12].

Tabela 1. Neki pokazatelji sa popisa poljoprivrede u Republici Srbiji 2012. godina.

Table 1. Some indicators from the agricultural census in the Republic of Serbia in 2012.

	<i>Broj poljoprivrednih gazdinstava</i>	631.122
	<i>Broj poljoprivrednih gazdinstava</i>	
	✓ Porodična gazdinstva / Family farms	628.555
	✓ Pravni lica i preduzetnici	2.567
	<i>Legal persons and entrepreneurs</i>	
<i>Regioni</i> <i>Regions</i>	Šumadija i zapadna Srbija / Sumadija and western Serbia	262.531
	Južna i istočna Srbija / South and eastern Serbia	187.796
	Vojvodina / Vojvodina	147.588
	Beograd / Belgrade	33.207
<i>Regioni</i> <i>Regions</i>	Površina poljoprivrednog zemljište (ha)	3.861.477
	<i>Agricultural land area</i>	
	✓ Površina obradivog korišćenog zemljišta <i>Area of arable land used</i>	3.437.423
	✓ Površina nekorišćenog zemljišta <i>Unused land area</i>	424.054
<i>Regioni</i> <i>Regions</i>	Vojvodina / Vojvodina	1.598.065
	Šumadija i zapadna Srbija / Sumadija and western Serbia	975.672
	Južna i istočna Srbija / South and eastern Serbia	648.006
	Beograd / Belgrade	134.117
	Ukupan broj traktora različitih snaga	686.000
	<i>Total number of tractors of different forces</i>	
	✓ jednoosovinski / one - axis	261.000
	✓ dvoosovinski / two - axis	425.000
	porodična gazdinstva / Family farm	405.017
	preduzeća i poljoprivredne zadruge <i>enterprises and agricultural cooperatives</i>	5.877
	Ukupan broj kombajna / <i>Total number of combines</i>	25.000
	Broj stalno zaposlenih na poljoprivrednim gazdinstvima - obavljanje poljoprivredne aktivnosti <i>Number of permanent employees in agricultural holdings - carrying out agricultural activities</i>	1.442.628

Na osnovu raspoloživih statističkih podataka može se reći da je trend konstantnog smanjenja korišćenja poljoprivrednog zemljišta usled sve većeg korišćenja zemljišta u druge namene (npr. građevinsko, potpunog iščezavanje pod uticajem erozije ili usled neadekvatnog održavanja i korišćenja). Površina obradivog zemljišta u 2003. godini je za 10% manja u poređenju sa 1955. godinom, da bi u odnosu na 2012. Godini u odnosu na 2003. godinu taj trend smanjenja bio još izražajniji i iznosio negde oko 20%.

Udeo obradivog zemljišta u ukupnoj površini je 64% [7]. U tabeli 2. dat je prikaz procentualnog korišćenje poljoprivrednog zemljišta u zavisnosti od površine izražene u hektarima (ha) koje poseduju poljoprivredna gazdinstva.

Tabela 2. Korišćenje poljoprivrednog zemljiša u Republici Srbiji

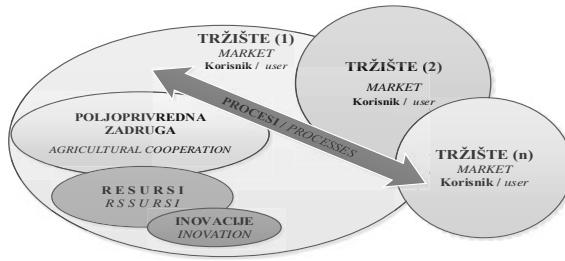
*Tabela 2. Korišćenje poljoprivrednog zemljiša u Republici Srbiji*

Poljoprivredno zemljište <i>Agricultural land</i> (ha)	Porodično gazdinstvo <i>Family farm</i> (%)
do 2	47
2 ÷ 5	29
5 ÷ 10	14
10 ÷ 20	5
više od 20	3

Poljoprivreda je strateška grana privrede svakog društva jer snabdeva stanovništvo hranom. Kupci sve više pridaju značaja garanciji kvaliteta proizvoda, nutritivnoj vrednosti, geografskom porekul i bezbednosti proizvoda. Upravo je to šansa malih proizvođača odnosno poljoprivrednih gazdinstava i strateški značaj osnivanja poljoprivrednih zadruga. U mnogim područjima u Republici Srbiji ima zemljanih površina koje se već dugi niz godina ne obrađuju a iz godine u godinu povećava se broj hektara neobrađivane zemaljane površine. Naravno tome doprinosi odlazak mlađe populacije u urbanu sredinu. Poljoprivredna domaćinstva ostaju prazna ili poluprazna bez mlađeg naraštaja. Takva jedna slika je veoma upečatljiva i ne ukazuje na skore promene.

Tranzicioni period, koji kod nas u Srbiji još uvek traje, učinio je da su ugašena velika preduzeća a istovremeno prisutna je potreba tržišta za širokom lepezom proizvoda. To ohrabruje razvoj male privrede i formiranje poljoprivrednih zadruga. Tržište je ograničeno raznim ekonomskim i političkim faktorima koji ga usmeravaju da bude promenljivo, zahtevno i dinamično [5]. Kao takvo tržište ima svoje varirajuće granice i poljoprivredne zadruge moraju da se prilagođavaju kako bi opstale na tržištu. S'obzirom da je tržište izuzetno kompleksno i samo po sebi veoma nestabilno, posmatranje tržišta postaje izuzetno složen problem. Istraživanja vezana za tržišta odnose se na segmentaciju, privredne segmente, konkurențe, klijente, poslovne planove kao i slobodan udeo na tržištu. Procentualno učešće konkurenata na tržištu, njihovi poslovnih planova, tendencija smera njihovih kretanja, potrebe klijenata i njihovo iskustvo za određeni proizvod. Podaci vezani za klijente ukazuju na buduću osnovu za inovacije ili inoviranja proizvoda. Pravilnom raspodelom odnosa slobodnog tržišta, kapaciteta inovacija i resursa, usmerava poljoprivredne zadruge ka željenoj poziciji i sigurnom sticanju profitabilnosti [9]. Upravljački menadžment poljoprivredne zadruge tako pristupa operativnom a potom strateškom upravljanju tokovima znanja odnosno počinje da kreira nove mogućnosti koje uvećavaju kapital, što je veoma kompleksan i vrlo odgovoran zadatak.

Na slici 1. prikazano je okruženje sa naznačenom baznom osnovom pogodnom za bilo koju aktivnost poljoprivredne zadruge, bilo da je u pitanju novi ili inovirani proizvod [3].



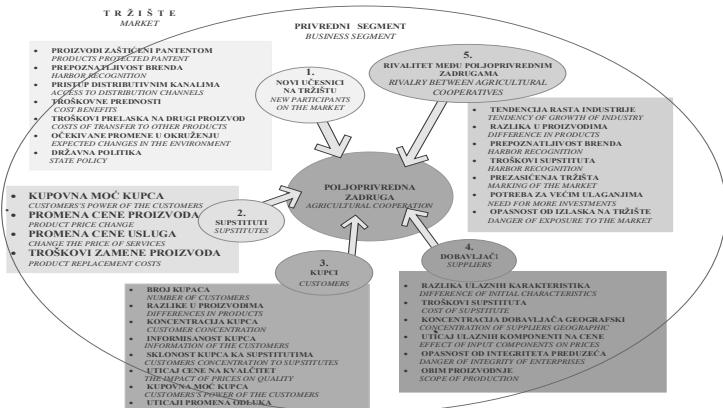
Slika 1. Prikaz posmatranog okruženja poljoprivredne zadruge

Figure 1. Presentation of the observed environment of the agricultural cooperative

Samo vođenje i upravljanje poljoprivredne zadruge podrazumeva beleženje podataka koji se odnose na finansijski, pravni i strateški deo poslovanja svih poljoprivrednog gospodarstava. Evidenciranjem relevantnih podataka dobijamo prikaz stanja o rezultatima poslovanja, ekonomskoj moći i perspektivama. Podaci koji se odnose na finansije i proizvodnju veoma su značajni za planiranje i sticanje profitabilnosti [2]. Finansijski podaci se odnose na novčane transakcije koje su ostvarene za posmatrani period na gospodarstvu, a proizvodni uglavnom na količine proizvoda i obim ostvarene proizvodnje.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Kada se želi produžiti proizvodnja postojećeg proizvoda, projektovati novi ili inovirati već postojeći proizvod, prevashodno je ispitivanje zahteva tržista i korisnika. Najkompleksnija su istraživanje tržišta kada se radi o oceni moguće potražnje za novim proizvodom, jer su tu najveće nepoznanice a i rizik [1]. Pitanja koja postavljamo tržištu su brojna, raznovrsna koja se uglavnom svode i upućuju na potrebe korisnika. Da bi se tržište istraživalo i posmatralo moramo da ga segmentiramo i kao takvog analiziramo po segmentima u zavisnosti od mogućnosti i potreba poljoprivredne zadruge. Na slici 2. data je blok šema privrednog segmenta sa pet faktora koji ga karakterišu [6].



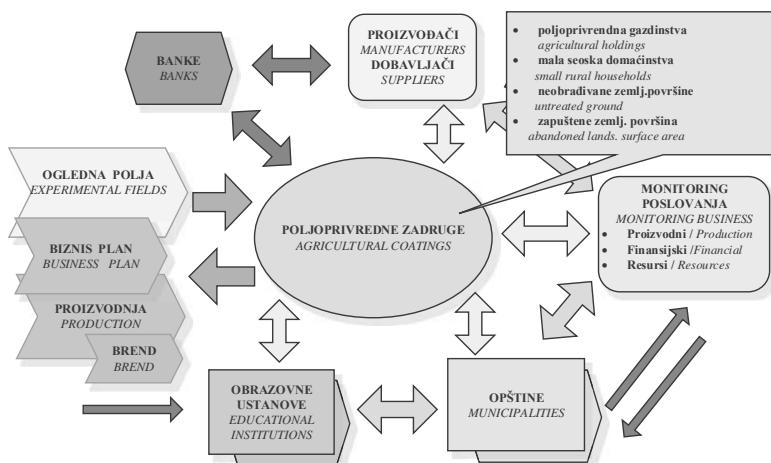
Slika 2. Segmentacija tržista sa pripadajućim parametrima koji utiču na poslovanje poljoprivredne zadruge

Figure 2. Segmentation of the market with the relevant parameters that affect the business of the agricultural cooperative

Svaki privredni segment, kao što se vidi na priloženoj slici 2. sačinjavaju sledeći faktori: novi učesnici na tržištu, supstituti, korisnik, dobavljač i rivalitet među poljoprivrednim zadugama. Navedeni faktori prikazani su i naznačeni sa pripadajućim parametrima, koji svojim promenama menjaju i definišu odgovarajući faktor. Analizom segmentiranog tržišta pratimo rast tržišta koji je značajan parametar za plasman proizvoda kao i za planirani obim proizvodnje [11]. Na brzo rastućem tržištu, šanse za prodaju proizvoda su mnogo veće, nego na sporo rastućem tržištu. Osnovane i formirane poljoprivredne zadruge segmentiraju tržište, integrišu poljoprivredna gazdinstva i seoska domaćinstva naravno uz odgovarajuću pomoć institucija. Tako stvarajući celinu od malih poljoprivrednih gazdinstava u jedno veliko gazdinstvo.

Istovremeno se stvara veza između svih poljoprivrednih gazdinstava u okviru poljoprivredne zadruge. U zavisnosti od kapaciteta resursa, raspoložive mehanizacije, vrste proizvoda, obima proizvodnje, brenda i radne snage poljoprivredna zadruga donosi odluke i pravi biznis planove [8]. N slici 3. prikazan je model planiranih aktivnosti poljoprivrednih zadruga sa okruženjem. Kao što se može voditi poljoprivrednu zadrugu čine poljoprivredni gazdinstava, mala seoska domaćinstva, neobradivo zemljište kao i zapuštena neobradiva zemljenja površina. U saradnji sa opština i odgovarajućim institucijama potrebno je rešavati pitanje vlasništva zapuštenih zemljanih površina kao i ugovore oko zakupa obradive zemljane površine. Takođe tu su i ostali ugovori pljoprivrednih gazdinstava i seoskih domaćinstava.

Od velikog je značaja kako za svako pojedinačno gazdinstvo tako i za poljoprivrednu zadrugu da se evidentiraju i beleže svi značajni parametri. To podrazumeva, uspostavljanje stalnog monitoring koji se odnosi na resurse, proizvodnju, finansijske tokove, dobavljače, plasman robe, tok prodaje, kretanje tržišta kao i potrebe kupca. Na osnovu nabrojanih parametara poljoprivredne zadruge donose odluke koje su od značaja za poljoprivredno gazdinstvo kako bi se postigla veće profitabilnost [4]. Istovremeno to je napredak posmatrane privredne oblasti jer svaka privrena oblast ima svoju specifičnost po kojoj je prepoznatljiva.



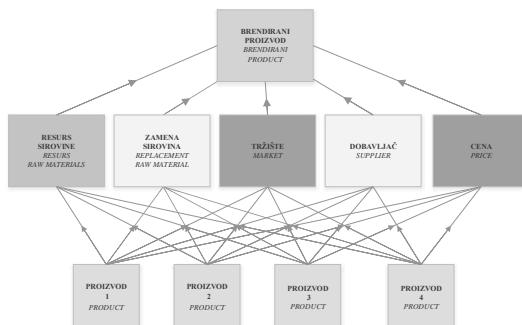
Slika 3. Blok dijagram modela planiranih aktivnosti poljoprivrednih zadruga sa okruženjem  
Figure 3.. Block diagram of the model of planned activities of agricultural cooperatives with the environment

Kao što se može videti na slici 3. poljoprivredne zadruge su značajne za obrazovne ustanove počevši od predškolskih ustanova, osnovnih i srednjih škola i odgovarajućih

fakulteta. Deca od malena treba da se upoznaju sa najznačajnijim resursom odnosno poljoprivredom. Starije grupacije dece mogu sticati stručnu i praktičnu edukaciju. Ovakav vid sticanja znanje je od velikog značaja za buduće usmerenje u daljem obrazovanju. Istovremeno približava mlade ljudi poljoprivrednim aktivnostima i omogućava im stalno zaposlenje. Poljoprivredne zadruge na ogledim poljima mogu da doprinesu ispitivanju novih proizvoda. Da bi novi proizvodi dobili upotrebski kalitet tehničkog sistema potrebne su razne provere, verifikacije, laboratorijska i eksplotaciona ispitivanja. To može da se odnosi na proizvode iz hemijske i mašinske industrije kao i druge srodne industijske grane. Poljoprivredna zadruga projektuje biznis planove za poljoprivredna gazdinstva koja se odnose na proizvode i obime proizvodnje, plasmane proizvoda, trgovinske tokove i brendiranje proizvoda [10].

Brendiranje u poljoprivredi zasniva se na povezanosti između želje potrošača za garancijom kvaliteta i težnjom proizvođača da proizvod dobije dodatu vrednost. Prehrambeni brend potrošačima obezbeđuje zdravu hranu a proizvođaču prepoznatljivost, profitabilnost i ekskluzivnost. Zastupljenost brendiranja može biti po dva osnova kao organski proizvodi i proizvodi sa zaštićenim geografskim poreklom. Sa time proizvoda kao i prerada istog dodaje vrednost proizvodima. Shodno tome povećava se plasman proizvoda što uvećava zaposlenost na određenom terenu, jača uzajamna povezanost na celom području. Stvaranjem brenda poboljšava se imidž teritorije i njenog stanovništva. Najpre lokalna a potom i šira zajednica se uključuje u sam proces stvaranja brenda kao i plasmana proizvoda. Sve navedeno napred zahteva od menadžmenta poljoprivredne zadruge pravilno donošenje odluka.

Za donošenje odluka može da se koristi AHP-Analytic Hierarchy Process metoda za višekriterijalno odlučivanje koju je razvio Thomas L. Saaty 1980. godine. Kod AHP metode prvo se postaviti cilj, zatim se odrede kriterijumi koji mogu zadovoljiti taj cilj, a bitno uticati na konačnu odluku. Kriterijumi se mogu svrstati u jednu ili više nivoa čime se postiže hijerarhija kriterijuma koji mogu da se odnose na bilo kakav aspekt problema odlučivanja, materijalan ili nematerijalan, pažljivo meren ili grubo procenjen, dobro ili loše sagledan. Po napravljenoj hijerarhiji odluka se donosi međusobnim upoređivanjem kriterijume u parovima, posmatrajući njihov uticaj na element iznad njih u hijerarhiji. Suština AHP metode je ljudska procena a ne samo zabeležena informacija, koja utiče na ocenu prioriteta. Poređenje se radi prema Saatyjevoj skali. U radu će biti prikazan jedan primer kako se vrši odabir najboljeg proizvoda koji će biti brend od mogućih četiri proizvoda odnosno alternative. Kriterijumi su: resursi sirovine, zamena sirovine, dobavljači, tržište i cena. Na slici 4. Prikazana je struktura problema odlučivanja sa ciljem na vrhu kriterijuma na nižim nivoima i alternativam na dnu modela.



Slika 4. Hijerarhijska struktura problema  
Figure 4. Hierarchical structure of the problem

Prvo se sprovodi poređenje kriterijuma u parovima prema Saatyjevoj skali. Proriteti na Saatyjevoj skali dati su u tabeli 3. Kako bi se definisala matrica odlučivanja postoje dva pravila. Prvo pravilo kaže: ako se iznos poređenja nalazi na levoj strani Saatyjeve skale upisuje se taj iznos. Drugo pravilo glasi: ako se iznos poređenja nalazi na desnoj strani Saatyjeve skale upisuje se recipročna vrednost iznosa.

Tabela 3. Saaty skala prioriteta  
Table 3. Saaty's priority scale

Jednaki prioritet <i>Equal priority</i>	Jednak do umereni prioritet <i>Equal to moderate priority</i>	Umereni prioritet <i>Moderate priority</i>	Umereni do jaki prioritet <i>Strong to a very high priority</i>	Jaki prioritet <i>A strong priority</i>	Jaki do vrlo jaki prioritet <i>Very strong priority</i>	Vrlo jaki prioritet <i>Very strong to absolute priority</i>	Apsolutni prioritet <i>Absolute priority</i>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

U tabeli 4 dat je prikaz matrice odlučivanja sa zabeleženim poređenjima prema Saatyjevoj skali, kako bi se postavljeni problem mogao posmatra sa aspekata zadatih kriterijuma.

Tabela 4. Matrica odlučivanja po Saaty skali  
Table 4. Matrix of decision-making according to Saaty's scale

Kriterijumi <i>Criteria</i>	Kriterijumi / Criteria				
	resurs sirovine <i>raw material resource</i>	zamena sirovine <i>replacement of raw materials</i>	dobavljači suppliers	tržište market	cena price
resurs sirovine <i>raw material resource</i>	1	4	3	3	1
zamene sirovina <i>replacement of raw materials</i>	1/3	4	1	1	1/2
dobavljači suppliers	1/3	4	1	1	1/2
tržište market	1/4	1	1/4	1/4	1/4
cena price	1	4	2	2	1

Množenjem matrice odlučivanja dobija se nova matrica. Zatim se određuje prvi vektor prioriteta sumiranjem redova materice i normalizacijom sume redova. Matrica odlučivanja se množi sa prvim vektorom prioriteta i dobija se nova matrica odlučivanja nakon drugog množenja. Zatim se određuje drugi vektor prioriteta sumiranjem redova materice i normalizacijom sume redova.

Nakon toga računa se razlike prvog i drugog vektora prioriteta. Ako je razlika zanemarljiva nije potrebno dalje izračunavati vektore prioriteta. Druga matrica odlučivanja množi se sa drugim vektorom prioriteta da bi se odredio najznačajniji kriterijum u ovom slučaju to je zamena sirovina. Odeđivanje najznačajnije alternative je i rešenje postavljenog problema a to je prikazano u tabeli 5.

Može se zaključiti da (proizvod 4) može da bude brendiran jer ima najveću težinu po osnovu tri kriterijuma : resurs sirovine, zamena sirovine i cena.

Tabela 5. Oderđivanje konačnog rešenja  
Table 5. Determination of the final solution

Alternative <i>alternative</i>	Kriterijumi / Criteria				
	resurs sirovine <i>raw material resource</i>	zamena sirovine <i>replacement of raw materials</i>	dobavljač <i>suppliers</i>	tržište <i>market</i>	cena <i>price</i>
proizvod 1 <i>product</i>	0,18	0,3	0,15	0,21	0,26
proizvod 2 <i>product</i>	0,21	0,1	0,4	0,3	0,18
proizvod 3 <i>product</i>	0,27	0,2	0,26	0,25	0,23
<b>proizvod 4 <i>product</i></b>	<b>0,33</b>	<b>0,4</b>	0,19	0,23	<b>0,31</b>

AHP metoda je i softverski alat pod nazivom *Expert choice*. Na ovaj način mogu donositi korektne i dobre odluke kako a sve u cilju rasta i razvoja.

Kako su rast poljoprivredne proizvodnje i produktivnost od ključnog značaja za postizanje održivog ekonomskog rasta i smanjenja siromaštva u zemljama u razvoju, potrebo je pospešiti razvoj poljoprivrednih zadruga. U poslednje vreme politika liberalizacije poljoprivrede trebalo bi da poveća dostupnost robe i usluga potrošačima i proširi mogućnosti za poljoprivredni sektor. Jačanje konkurenčije na tržištu, povećanje investicija utiče na podizanje poljoprivredne proizvodnje. Značajno mesto u izvozu srpske privrede je rezervisano za poljoprivrednu proizvodnju. Uvoz proizvoda koji pripadaju ovom sektoru u ukupnom uvozu je relativno manje značajan, tako da razmena poljoprivrednih proizvoda doprinosi unapređenju trgovine i platnog bilansa zemlje. Prema očekivanjima analitičara cene poljoprivrednih proizvoda, odnosno hrane će nastaviti da rastu u prvoj polovini ovog veka usled rasta svetske populacije, povećanja dohotka – naročito u zemljama u razvoju, sporijeg rasta prinosa poljoprivrednih kultura i efekata klimatskih promena u svetu [13]. Prema analizi FAO u periodu 2010-2050. godina očekuje se da će proizvodnja hrane porasti za 70%, ali će broj stanovnika u svetu doći devet milijardi, da će rast dohotka doprineti značajnjem rastu potrošnje mesa i mleka. Procenjuje se, takođe, da je svetska vrednost uvoza hrane u 2010. godini iznosila oko bilion (1.000 milijardi) dolara, što je svakako velika šansa za domaću poljoprivrednu i poljoprivredne zadruge [13].

## ZAKLJUČAK

Fleksibilna blok šema modela doprinosi kreiranju pozicije konkurenčke prednosti poljoprivrednih zadruga. U savremenom poslovanju procesi usmeravaju težište aktivnosti na brendiranje proizvoda odnosno potrebe i želje potrošača. Ovaj rad ukazuje na teoretske predloge i pravce uticaja raspoloživih resursa za formiranje i jačanje poljoprivrednih zadruga.

Istovremeno ostavlja prostor za neprekidno analiziranje unapređenja trenutnog i trajnog položaja poljoprivrednih zadruga u konkurenčkom okruženju. Aktiviranjem prikazanog modela postigla bi se višestruka korist i napredak u više segmentenata:

- Poljoprivredne zadruge svojim učešćem podigli bi standard mnogih poljoprivrednih domaćinstava u ruralnim područjima.

- Obezbeđen siguran i kontolisan plasman poljoprivrednih proizvoda kao i konstantan kvalitet prizvoda, čime se stiče veća konkurentnost na tržištu u cilju pozicioniranja, udela na tržištu i uvećavanja dobiti.
- Dugo neobrađivane zemljane površine u mnogim opštinama, pružile bi mogućnost novih radnih mesta, kroz saradnju i zakup zemljišta sa proizvođačima hrane. Istovremeno osnova za brendiranje proizvoda kroz projekat zdrava hrana, obzirom da zemljište nije bilo više godina korišćeno.
- Siguran tok novčanih sredstava poslovnih banki, podrazumeva kreditiranje proizvodnje koju kreira proizvođač odnosno poljoprivredna zadruga shodno potrebama tržišta kao domaćeg tako i inostranog.
- Obnavljanje domaće proizvodnje traktora i poljomehanizacije za domaće i strano tržište u mnogome bi pomoglo poljoprivrednim gazdinstvima i seoskim domaćinstvima.
- Povećava se broj zaposlenih mladih ljudi u ruralnim oblastima.

Kompletano sagledan prikazani model formiranja poljoprivrdnih zadruga donosi dobit i napredak u finansijskim, industrijskim i poljoprivrednim segmentima. Naravno ovaj model je smo pravac u kojem bi se trebale usmeravati i aktivirati saradnje različitih privrednih grana radi sticanja ukupne dobiti odnosno razvoja ruralnih oblasti. Za sproveđenje ovog modela ili sličnih potrbna je detaljna i dodatna dopuna planova kao i dogovori sa potrebnim i relevantnim strukturama i državnim institucijama.

## LITERATURA

- [1] Baker W. E., Sinkula J. M. 2005. Market orientation and the new product paradox, The Journal of Product Innovation Management. 22(6). str.483-502
- [2] Bracanović Z. 2007. The research of the possibilities of the application of the enterprise principles in the research and development organizatiuns, Proceedings IAT. Collection of works. Rogla, Slovenia. str.477-485
- [3] Bracanović Z., Stanislavljević S., Nikolić M. 2011. Creation Of New Knowledge In Functional Competence Enterprises, I international symposium engineering management and competitiveness EMC. Collection of works. Zrenjanin. str.321-325.
- [4] Bracanović Z. 2011. Model saradnje proizvođača traktora i poljoprivrednih gazdinstava. Naučna konferencija sa međunarodnim učešćem. AGROBIZ 2011. Zbornik radova. Novi Pazar. str.304-311.
- [5] Bracanović Z. 2009. Uticaj korisnika na organizaciju proizvodnje u perodu tranzicije. Poslovna Politika. (33). str.6–59.
- [6] Bracanović Z., Petrović V., Grozdanić B., Borak Đ. 2016. Uticaji dolaznih i odlaznih procesa na razvoj konkurenetske prednosti preduzeća. 40. JUPITER Konferencija sa međunarodnim učešćem. 42.Simpozijum upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala. Zbornik radova. Beograd. str. 4.44- 4.48.
- [7] Petrović V., Borak Đ., Bracanović Z., Grozdanić B. 2015. Proizvodnja traktora kao uslov razvoja poljoprivrede u cilju održivog razvoja zemlje. XXII Naučni skup međunarodnog značaja, tehnologija, kultura i razvoj. Zbornik radova. Subotica. str.219-230.
- [8] Figar N. 2011. Društvena odgovornost preduzeća od neprihvatanja do integrisanja u poslovnu strategiju. Teme. 34(2). str. 569-584.

- [9] Muzychenko O. 2008. Cross-cultural entrepreneurial competence in identifying international business opportunities. European Management Journal. 26(6), str.366-377.
- [10] Storer G., Rajan A. 2002. New mindsets and new skills: The strategic importance of continuous competence in emerging financial services business models. Journal of Financial Regulation and Compliance. 10(2).str.105-114
- [11] Whelan E., Carcary M. 2011. Integrating talent and knowledge management: where are the benefits, Journal of Knowledge Management. 15(4), str.675-687.
- [12] [www.popispoljoprivrede.stat.rs](http://www.popispoljoprivrede.stat.rs) [pristup:21.09.2018.]
- [13] [www.pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2012/pdf/G20122007.pdf](http://www.pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2012/pdf/G20122007.pdf) [pristup:11.10.2018]

# POKAZATELJI EFIKASNOSTI MAŠINA ZA DORADU SEMENA VIŠEGODIŠNJIH LEGUMINOZA

Dragoslav Đokić<sup>1\*</sup>, Rade Stanisavljević<sup>2</sup>, Dragan Terzić<sup>1</sup>, Jasmina Milenković<sup>1</sup>, Vjačeslav Kozlov<sup>3</sup>, Ranko Koprivica<sup>4</sup>, Aleksandar Vuković<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Institut za krmno bilje, 37251 Globoder-Kruševac, R. Srbija

<sup>2</sup>Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, T. Dražera 9, 11000 Beograd, R. Srbija

<sup>3</sup>Voronježski državni poljoprivredni univerzitet Car Petar Veliki, Mičurinova 1, 394087

Voronjež, Rusija

<sup>4</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet, 32000 Čačak, Cara Dušana 9, R. Srbija

<sup>5</sup>Poljoprivredni fakultet, Priština, Kopaonička bb, 38219 Lešak, R. Srbija

## SAŽETAK

U radu su prikazani rezultati ispitivanja pri doradi na mašinama za doradu naturalnog semena lucerke i crvene deteline različitih početnih čistoća. U Republici Srbiji gaji se veći broj višegodišnjih leguminoza zbog njihovog izuzetnog značaja u proizvodnji stočne hrane. Najznačajnije višegodišnje krmne leguminoze u Srbiji po površinama na kojima se gaje, kao i po kvalitetu hraniva u ishrani domaćih životinja su lucerka i crvena detelina. Seme koje se koristi za setvu za njihovu proizvodnju mora da bude čisto, visoke klijavosti i genetske vrednosti. Svi ovi zahtevi ostvaruju se doradom, odnosno odstranjivanjem svih nečistoća i semena lošijeg kvaliteta.

Cilj ispitivanja bio je da se pri doradi semena ove dve višegodišnje leguminoze prikažu koji su pokazatelji efikasnosti dorade. Osnovni pokazatelji efikasnosti mašina pri doradi semena su kvalitet i količina dobijenog semena. Prikazani su svi relevantni parametri koji definišu karakteristike mašina za doradu semena, a to su: čisto seme (%), seme korova i seme drugih kultura (%), inertne materije (%), količina dorađenog semena (kg), gubici semena (%) i randman dorade (%). Dobijeni rezultati omogućavaju da se izvrše izbor odgovarajućih mašina i njihovo pravilno podešavanje pri doradi semena, u zavisnosti od količine i vrste korova i ostalih primesa koje se nalaze u naturalnom semenu.

**Ključne reči:** seme, dorada, lucerka, crvena detelina, korov.

## EFFICIENCY INDICATORS OF MACHINES FOR SEED PROCESSING OF PERRENIAL LEGUMES

Dragoslav Đokić<sup>1</sup>, Rade Stanisavljević<sup>2</sup>, Dragan Terzić<sup>1</sup>, Jasmina Milenković<sup>1</sup>, Vjačeslav Kozlov<sup>3</sup>, Ranko Koprivica<sup>4</sup>, Aleksandar Vuković<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Institute for Forage Crops, 37251 Globoder-Kruševac, Republic of Serbia

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

Rad je deo istraživanja na projektu br. 31057 iz oblasti biotehnologije "Poboljšanje genetičkih potencijala i tehnologije proizvodnje krmnog bilja u funkciji održivog razvoja stočarstva" koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

<sup>2</sup>Institute for Plant Protection and Environment, Teodora Dražera 9, 11000 Belgrade,  
Republic of Serbia

<sup>3</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,  
Michurin str. 1, 394087 Voronezh, Russia,

<sup>4</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy, 32000 Čačak, Cara Dušana 9, Republic of  
Serbia

<sup>5</sup>Faculty of Agriculture, Priština, Kopaonička bb, Lešak 38219, Republic of Serbia

## ABSTRACT

The paper presents the testing results during seed processing of natural seed of alfalfa and red clover, with different initial purity. Because of their exceptional importance in the production of animal feed in the Republic of Serbia, a large number of perennial leguminous plants are grown. The most important leguminous fodders in Serbia are alfalfa and red clover. This is because of the areas they occupy, as well as the nutritional quality for domestic animals. The seed used for the crop establishment of these plants must be clean, with high germination and genetic value. Many of these requirements could be accomplished by seed processing and removing all impurities and seeds of poorer quality.

The aim of this study was to show the effectiveness of processing of these two perennial legumes seed. The basic indicators of the efficiency of seed processing are the quality and quantity of the obtained seed.

All relevant parameters which define the characteristics of seed processing machines are presented: pure seed (%), weed and other seed crops (%), inert matter (%), amount of processed seed (kg), seed losses (%) and processing output (%). The obtained results enable the selection of suitable equipment and their proper adjustment for seed processing, depending on the quantity and type of weeds and other ingredients presented in the natural seed.

**Key words:** seed, processing, alfalfa, red clover, weed.

## UVOD

Lucerka (*Medicago sativa* L.) i crvena detelina (*Trifolium pratense* L.) predstavljaju dve najvažnije višegodišnje krmne biljke u Republici Srbiji. U odnosu na lucerku, crvena detelina uspeva na kiselim zemljištima. Ove dve krmne leguminoze se u ishrani domaćih životinja koriste kao zeleno krmno bilje, za ispašu (kao pojedinačna kultura ili kao mešavina sa travama) i konzervisana kao seno, silaža, senaža ili dehidrirana kao brašno [16, 27]. Crvena detelina se odlikuje visokim prinosom biomase, kvalitetom krme i brzom regeneracijom nakon kositbe. Lišće je naročito bogato proteinima, čiji sadržaj iznosi oko 25% u fazi butonizacije [26, 22]. Lucerka za gajenje zahteva neutralno zemljište. To je višegodišnja krmna biljka koja se smatra vodećom i najvažnijom krmnom kulturom za kvalitetnu proizvodnju stočne hrane [17]. Za razliku od lucerke, crvena detelina bolje podnosi kiselija zemljišta. Uspeva na neutralnim do slabo kiselim zemljištima s niskom pH vrednošću (pH 5,5-7), lošije strukture, kao što su teška, vlažna, srednje plodnosti tipa gajnjaka, aluvijuma i smonica [20, 21].

Dorada, skladištenje i čuvanja semena ratarskih biljaka zasniva se na primeni niza različitih tehnoloških operacija koje se obavljaju na osnovu razlika u fizičkim osobinama

semena. Fizičke osobine semena značajne za doradu su: vлага, oblik, dimenzije, sferičnost, masa 1000 semenki, zapremina semena, poroznost semena, zapreminska-hektolitarska masa, gustoća, statički i dinamički ugao unutrašnjeg trenja - ugao slobodnog pada, statički koeficijent trenja po površini, [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Bez dobrog poznavanja fizičkih svojstava semenskih useva danas je nemoguće konstruisati mašine za setvu, berbu, transport i projektovanje skladišta, opremu za sušenje i preradu semena [12].

Naturalno seme za doradu predstavlja veoma složenu mehaničku smesu u čijem sastavu se nalaze krupni i sitni korovi, primese organskog i neorganskog porekla, celo, šturo i polomljeno seme. U proizvodnji semenskog materijala dorada semena predstavlja veoma naporan posao s velikom potrošnjom energije da bi se dobilo seme odgovarajućeg kvaliteta. [9, 10, 11, 24]. Za dobijanje kvalitetnog semena neophodno je naturalno seme odmah nakon ubiranja očistiti od prisutnih korova, da bi se izbeglo samozagrevanje i zaraženost semena [25]. Količina dorađenog semena u procesu dorade direktno zavisi od sadržaja primesa organskog i neorganskog porekla, kao i od količine i vrste korova u semenu koje se dorađuje. Čišćenjam se iz naturalnog semena sa primesama uklanjaju razne nečistoće i izdvoja se čisto zrno osnovne kulture.

U procesu dorade semena postoje različite etape. Jedna od etapa čišćenje je čišćenje na mašinama za dodatno čišćenje od korova. U današnje vreme za doradu se koriste pneumatski stolovi, kao i frikcioni i elektromagnetični separatori. Osnovna prednost elektromagnetskog čišćenja je u tome što je visok kvalitet čišćenja. Takvu čistoću nije moguće ostvariti pneumatskim čišćenjem, trijerima ili čišćenjem na sitima [19]. Koravske vrste u usevu lucerke i crvene deteline otežavaju proces žetve, kontaminiraju seme i otežavaju proces dorade. Naročito je štetno prisustvo semena karantinskog korova viline kosice (*Cuscuta spp.*). Kosica spada u najopasniji i ekonomski najštetniji korov, koji na parcelama pod lucerkom i crvenom detelinom može da načini ogromne štete, posebno ukoliko se ne vrši njegovo suzbijanje. [13, [18].

Semenski materijal koji se koristi u proizvodnji i prometu mora da ispunjava norme kavaliteta, kao i uslove pakovanja i deklarisanja upakovanog semena. Zakonom o semenu i sadnom materijalu propisani su svi uslovi vezani za način proizvodnje, doradu, korišćenje, promet, uvoz i ispitivanje semena poljoprivrednog bilja [14]. Kvalitet semena lucerke i crvene deteline mora da odgovara Pravilniku o kvalitetu semena poljoprivrednog bilja [23]. Ovaj Pravilnik je usaglašen sa međunarodnim propisima za semena [15]. Prema ovom pravilniku dorađeno seme lucerke i crvene deteline mora da ima najmanju čistoću semena od 95%, 2% semena drugih vrsta, korova najviše 0,5% (bez karantinskih korova viline kosice i štavelja), do 2,5% inertnih materija, minimalno 70% klijavosti, sa najviše 13% sadržaja vlage u zrnu.

Cilj ispitivanja bio je da se pri doradi naturalnog semena lucerke i crvene deteline različitih čistoća odrede optimalni parametri za podešavanje mašina za doradu i da se na osnovu njihovog poređenja odrede koji su najznačajniji pokazatelji efikasnosti pri doradi semena ove dve najvažnije krmne biljke.

## MATERIJAL I METOD RADA

Ispitivanje je obavljeno u doradnom centru Instituta za krmno bilje u Globoderu-Kruševcu, gde su u tri ponavljanja dorađene po tri partije naturalnog semena lucerke i crvene deteline, različitih čistoća.

Mašine i uređaji korišćeni za doradu bili su danskih proizvođača Kongskilde i Damas. Oprema za doradu sastojala se od: prijemnog koša sa prijemnom trakom, kofičastih elevatora,

mašine za fino čišćenje tip Alfa - 4 i elektromagnetnog separatora nemačkog proizvođača Emceka Gompper tip 4. U gornjoj lađi mašine za fino čišćenje semena Alfa - 4 nalazi se šest sita poredanih u dva nivoa, a u donjoj lađi se takođe nalazi šest sita poredanih u dva reda. Pri doradi semena lucerke najpovoljnija kombinacija rasporeda sita i rešeta u gornjoj lađi mašine za fino čišćenje semena bila je sledećih 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: 1,3 mm; 1,2 mm; 1,1 mm i u donjem redu 0,6 mm; 0,5 mm i 0,5 mm. Za doradu semena crvene deteline u gornjoj lađi bila su sita i rešeta sa okruglim otvorima prečnika: 2,75 mm; 2,5 mm; 2,25 mm; 2,2 mm; 1,9 mm i 1,9 mm. U donjoj lađi su sita sa uzdužnim - rezanim otvorima širine: 1,4 mm; 1,3 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,5 mm i 0,5 mm. Odvajanje korova obavljeno je na magnetnoj mašini – dekusktoru sa valjcima, nemačkog proizvođača Emceka Gompper tip 4. Elektromagnetni separatori (trifolin mašine-dekusktori) rade na principu elektromagnetnog delovanja. Namenjeni su za precišćavanje semenske robe i izdvajanje korovskog semena sa naboranom i neglatkom semenjačom i ostalih nečistoća. Za čišćenje semena korišćen je čelični prah Nutra fine RS američkog proizvođača.

Analiza sadržaja osnovnog semena i ostalih primesa u semenu urađena je u laboratoriji za analizu uzoraka doradnog centra instituta. Za analizu uzoraka korišćena je lupa s osvetljenjem i precizna elektronska vaga za merenje mase uzoraka. Masa uzoraka za analizu bila je 5 g i 50 g. Za merenje mase naturalnog i dorađenog semena korišćena je elektronska vaga mernog opsega do 300 kg. Laboratorijskom analizom uzoraka izmereni su sledeći parametri: količina čistog semena (%), seme drugih vrsta (%), inertne materije (%), seme korova (%). Na kraju procesa dorade merenjem određena je količina dorađenog semena (kg). Randman dorade (%) i gubici semena na opremi za doradu (%) određeni su računskim putem.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Prosečne čistoće naturalnog semena tri partije lucerke i tri partije crvene deteline prikazane su u tabeli 1. Čistoća naturalnog semena lucerke kretala se od najniže vrednosti od 66% kod semena partije III, 73% kod partije II, do 83% kod semena partije I. U naturalnom semenu lucerke sve tri partije analizom nije pronađeno seme drugih vrsta. Inertne materije u vidu žetvenih ostataka, oštećenog semena i cvetića bile su najveće kod naturalnog semena lucerke partije II i iznosile su 27%. Kod semena lucerke partije I inertne materije iznosile su 17%, a kod semena partije III bile su 20%. Analizom uzoraka naturalnog semena lucerke utvrđeno je da se u semenu partije III nalazi 14% različitih vrsta korova. Analizom radnih uzoraka od 5 g ustanovljeno je da se u ovom semenu nalaze pet semena viline kosice i četiri semena štavelja, štetnih karantinskih korova. Osim ovih korova pronađeno je jedno seme kamilice i poponca. U radnom uzorku u semenu partije I pronađeno je osam semena viline kosice, dok je u semenu partije II pronađeno osam semena viline kosice.

Tabela 1. Prosečna čistoća naturalnog semena lucerke i crvene deteline  
 Table 1. The average purity of alfalfa and red clover seed

Partija Lot	Vrsta/Species					
	Lucerka/Alfalfa			Crvena detelina/Red clover		
	I	II	III	IV	V	VI
Struktura semena <i>Seed structure</i>	%	%	%	%	%	%
Čisto seme <i>Pure seed</i>	83,0	73,0	66,0	82,0	70,0	78,0
Druge vrste <i>Other species</i>	-	-	-	-	-	-
Inertne materije <i>Inert matter</i>	17,0	27,0	20,0	18,0	30,0	22,0
Korov <i>Weed</i>	u 5 g 1 kosica <i>in 5g 1</i> dodder	u 5 g 8 kosica, <i>in 5 g 8</i> dodder,	14 u 5 g 5 kosica, u 5 g 4 štavelja, kamilica, poponac, <i>in 5 g 5 dodder</i> , <i>in 5 g 4curly</i> <i>dock</i> , <i>chamomilebind</i> <i>weed</i>	u 5 g 20 kosica <i>in 5 g 20</i> dodder	muhar, kamilica, <i>barnyard</i> <i>grass</i> <i>chamomile</i>	u 5 g 18 kosica, muhar <i>in 5 g 18</i> <i>dodder</i> , <i>barnyard</i> <i>grass</i>
Ukupno <i>Total</i>	100	100	100	100	100	100

Čistoća naturalnog semena crvene deteline u uzorcima partije V iznosila je 70%, kod partije VI 78% i 82% kod partije IV. Drugih biljnih vrsta u uzorcima nije bilo. Inertne materije su kao i kod naturalnog semena lucerke bile u vidu žetvenih ostataka, oštećenog i šturog semena i cvetića. Kod semena partije IV sadržaj inertnih materija iznosio je 18%. Kod semena partije VI inertne materije iznosile su 22% i 30% kod semena partije V. Viline kosice u radnom uzorku bilo je 20 semena u semenu partije IV i 18 semena u partiji VI. U semenu partije V od korova pronađeno je seme muhara i kamilice.

Nakon laboratorijske analize uzorka semena lucerke i crvene deteline u zavisnosti od čistoće i sadržaja korova vrši se određivanje optimalnih parametara za podešavanje mašina za doradu. To podrazumeva izbor odgovarajućih sita i njihov pravilni raspored u lađama maštine za čišćenje semena. Zatim podešavanje optimalne brzina strujanja vazduha tokom procesa čišćenja, kao i dotoka semena na doradu iz prijemnog koša. Na maštini za elektromagnetno čišćenje kvalitet čišćenja od korova zavisi od pravilno određenog odnosa vode i magnetnog praha za čišćenje semena, kao i od količine semena koja se propušta preko valjaka za čišćenje.

U tabeli 2. prikazani su rezultati analize prosečne čistoće dorađenog semena lucerke i crvene deteline nakon procesa dorade na mašinama za doradu. Čistoća dorađenog semena lucerke bila je visoka i kretala se od 96,4% kod semena partije II do 97,0% kod partije III i 97,4% kod partije I. Sadržaj inertnih materija bio je od 2,6% do 3,6% i sastojao se od šturog semena i žetvenih ostataka. U prosečnom uzorku semena za analizu od 50 g bilo je po dva semena štavelja u uzorcima partija I i II, dok je u semenu partije III bilo 0,2% korova.

Tabela 2. Prosečna čistoća dorađenog semena lucerke i crvene deteline  
 Table 2. The average purity of processed alfalfa and red clover seed

Partija Lot	Species					
	Alfalfa			Red clover		
	I	II	III	IV	V	VI
Struktura semena <i>Seed structure</i>	%	%	%	%	%	%
Čisto seme <i>Pure seed</i>	97,4	96,4	97,0	99,0	98,2	99,0
Druge vrste <i>Other species</i>	-	-	-	-	-	-
Inertne materije <i>Inert matter</i>	2,6	3,6	2,8	1,0	1,8	1,0
Korov <i>Weed</i>	u 50 g 2 štavelj <i>in 50 g 2 curly dock,</i>	u 50 g 2 štavelj <i>in 50 g 2 curly dock,</i>	0,2	u 50 g 3 štavelj, kamilica, <i>in 50 g 3 curly dock, chamomile</i>	u 10 g 9 muhar, u 50 g 14 muhar, 1 sirak, 1 troskot <i>in 10 g 9 barnyard grass,</i> u 50 g 14 barnyard grass, <i>1 sorghum,</i> <i>1 common knotgrass,</i>	-
Ukupno <i>Total</i>	100	100	100	100	100	100

Dorađeno seme deteline bilo je visoke čistoće od 99,0% kod semena partija IV i VI i 98,2 % kod partije V. Inertne materije u vidu šturog semena bile su 1,0% i 1,8%. Sadržaj korova u prosečnom uzorku u analiziranom semenu bio je u zakonski propisanim granicama.

Količina naturalnog semena na početku procesa dorade svih partija lucerke i crvene deteline, kao i količina dorađenog semena, randman dorade i gubici na mašinama za doradu na kraju procesa dorade prikazani su u tabeli 3. Izračunate vrednosti randmana dorade i gubici na mašinama, izraženi su u procentima.

Kod lucerke vrednosti randmana dorade bili su od 58,25% kod semena partije III, do 64,27% kod partije II i 72,3% kod partije I. Gubici na mašinama za doradu iznosili su 12,97% kod partije I. Kod semena II partije gubici su bili slični i iznosili su 11,95% i 11,73% kod partije III.

Tabela 3. Količina dorađenog semena, randman dorade i gubici semena lucerke i crvene deteline na mašinama za doradu

Table 3. Amounts of proceseed seeds, processing output and losses alfalfa and red clover seeds on processing machines

Struktura semena <i>Seed structure</i>	Partija <i>Lot</i>					
	I	II	III	IV	V	VI
Naturalno seme (kg) <i>Natural seed (kg)</i>	623	1436	5850	1148	727	442
Dorađeno seme (kg) <i>Processed seed(kg)</i>	450	923	3408	764	433	297
Randman dorade (%) <i>Processing output (%)</i>	72,3	64,27	58,25	66,55	59,56	67,19
Gubici (%) <i>Losses (%)</i>	12,97	11,95	11,73	18,84	14,9	13,85

Kod dorade semena crvene deteline partie V randman dorade bio je 59,56%. Randman dorade kod semena partie IV bio je 66,55% i 67,19 % kod semena partie VI. Gubici semena na mašinama za doradu bili su od 13,85% kod semena partie VI do 14,9% kod partie V i 18,84% kod partie IV. Analizom gubitaka na mašinama za doradu u tabeli 3 gubici semena crvene deteline bili su veći od gubitaka semena lucerke.

## ZAKLJUČAK

Pri doradi naturalnog semena lucerke i crvene deteline, dve najznačajnije višegodišnje leguminoze u Srbiji, osnovni pokazatelji efikasnosti mašina za doradu semena su kvalitet i količina dobijenog semena. U procesu dorade semena veoma je bitno da razlika između količine naturalnog semena koja se odredi na početku procesa dorade i dobijene količine semena na kraju procesa dorade bude što manja. Relevantni parametri koji su određivani pri doradi semena lucerke i crvene deteline bili su: čisto seme, seme korova i seme drugih kultura, inertne materije, količina dorađenog semena, randman dorade i gubici semena na mašinama za doradu. Kod lucerke randman dorade bio je 58,25% kod partie III, 64,27% kod partie II i 72,3% kod partie I. Gubici na mašinama za doradu iznosili su 12,97% kod partie I, 11,95% kod partie II i 11,73% kod partie III. Kod crvene deteline partie V randman dorade bio je 59,56%, kod semena partie IV bio je 66,55% i 67,19 % kod partie VI. Gubici semena na mašinama za doradu bili su od 13,85% kod semena partie VI do 14,9% kod partie V i 18,84% kod partie IV.U cilju obezbeđenja kvalitetnog čišćenja semena, uz što manje gubitke, potrebno je pridržavati se odgovarajućih tehnika čišćenja. Svaki nedostatak u procesu čišćenja može dovesti do velikih gubitaka semena. Rezultati ispitivanja omogućavaju da se izvrše izbor odgovarajućih mašina i njihovo pravilno podešavanje pri doradi semena, u zavisnosti od količine i vrste korova i ostalih primesa koje se nalaze u naturalnom semenu. Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja, može se zaključiti da u procesu dorade naturalnog semena lucerke i crvene deteline različitim početnih čistoća efikasnost dorade zavise od početne čistoće, kao i količine i vrste karantinskih korova koji se nalaze u njima.

## 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] Babić, M., Babić, Lj. 2007. Fizičke osobine poljoprivrednih materijala. Autorizovana predavanja. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1-38.
- [3] Баскаков, И., Карпенко, Р., Оробинский, В. 2018. Зерноочистительные машины и элеваторное оборудование производства ООО "Воронежсельмаш", ФГБОУ ВО "Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I". г. Воронеж, Россия.
- [4] Black, M., Bewley, J., Halmer, P. 2006. *The Encyclopedia of Seeds Science, technology and uses*. Wallingford, UK.
- [5] Copeland, L., McDonald, M. 2004. *Seed Drying*. Seed Science and Technology, Norwell, Massachusetts, 268– 276.
- [6] Đokić, D. 2010. Primena različitih tehničko-tehnoloških sistema u doradi semena luterke. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [7] Đokić, D., Stanisavljević, R. 2012. Possibility of Improving Seed Processing of Red Clover (*Trifolium pratense* L.) and Alfalfa (*Medicago sativa* L.). Book of the proceedings International Conference on BioScience: Biotechnology and Biodiversity – Step in the Future – The Forth Joint UNS – PSU Conference Novi Sad, Serbia, June 18-20, Institut za ratarstvo i povrтарство, Seminarska asocijacija Srbije, 135-148.
- [8] Đokić, D., Stanisavljević, R., Terzić, D., Marković, J., Radivojević, G., Andđelković, B., Barać, S. 2012. Primena različitih tehnoloških procesa u doradi semena crvene deteline. *Poljoprivredna tehnika*, 37(3): 1-10.
- [9] Đokić, D., Terzić, D., Milenković, J., Dinić, B., Andđelković, B., Stanisavljević, R., Barać, S. (2013): Značaj i stanje semenarstva krmnih biljaka u poljoprivredi Republike Srbije. *Selekcija i semenarstvo*, 19(2): 11-25.
- [10] Đokić, D., Stanisavljević, R., Terzić, D., Milenković, J., Lugić, Z., Barać, S., Vuković, A. 2016. Uticaj korovskih vrsta na efikasnost dorade semena crvene deteline (*Trifolium pratense* L.). Naučno-stručni skup Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede. Zbornik radova, Beograd: str. 29-37.
- [11] Đokić, D., Stanisavljević, R., Terzić, D., Milenković, J., Lugić, Z., Koprivica, R., Barać, S. 2017. The impact of the natural seed purity on the final quantity of seeds of red clover (*Trifolium pratense* L.) after processing. Book of proceedings, VIII International Scientific Agriculture Symposium, Jahorina, October 05.-08.2017, Jahorina, Bosnia and Herzegovina: 513-518.
- [12] Đokić, D., Stanisavljević, R., Terzić, D., Milenković, J., Lugić, Z., Radović, J., Knežević, J. 2018. Određivanje relevantnih parametara pri doradi semena crvene deteline (*Trifolium pratense* L.). *Selekcija i semenarstvo*, 24(1): 57-64.
- [13] Đukić, D., Moisuc, A., Janjić, V., Kišgeci, J. 2004. Krmne, korovske, otrovne i lekovite biljke. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- [14] Glasnik Republike Srbije br. 45, 2005.
- [15] ISTA-International Seed Testing Association. Inter. Rules for Seed Testing, edition 2017. ISTA Basserdorf, Switzerland.
- [16] Jakšić, S., Vučković, S., Vasiljević, S., Grahovac, N., Popović, V., Šunjka, D., Dozet, G. 2013. Akumulacija teških metala u *Medicago sativa* L. i *Trifolium pratense* L. na kontaminiranom fluvisolu. Hemijnska industrija, 67(1): 95-101.
- [17] Jakšić, S., Vasin J., Ninkov J., Živanov M., Banjac D., Grahovac N., Dozet G. (2017). Uticaj tipa zemljišta i krmnog useva na sadržaj mangana u kabastoj stočnoj hrani.

- Ratarstvo i povrтарство. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrтарство Novi Sad, 54(1): 31-35.
- [18] Karagić, Đ., Katić, S., Vasiljević, S., Milić, D. 2007. Semenarstvo lucerke u Vojvodini. XI simpozijum o krmnom bilju Republike Srbije sa međunarodnim učešćem, Novi Sad, Srbija, 87-98.
- [19] Козлов, В. 2013. Пневномагнитная сепарация. Совершенствование процесса сепарации мелкосеменных культур. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Deutschland.
- [20] Lakić, Ž., Vojin, S. 2010. Variability of agronomic traits of red clover genotypes (*Trifolium pratense* L.). Biotechnology in Animal Husbandry 26 (spec. issue), book 2. p. 35-40, Publisher: Institute for Animal Husbandry, Belgrade-Zemun.
- [21] 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, Sombor, str. 47-55.
- [22] Marković, J., Ignjatović, S., Radović, J., Lugić, Z. 2007. Uticaj faze razvića na sadržaj makro i mikroelemenata u lucerki i crvenoj detelini. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrтарство, Novi Sad, 44: 401-406.
- [23] Službeni list SRJ br.58, 2002.
- [24] Оробинский, В., Корнев, А., Тертычная, Т., Шварц, А. 2017. Совершенствование технологии получения качественных семян подсолнечника. Вестник Воронежского государственного аграрного университета, ФГБОУ ВО, Воронежский ГАУ, Воронеж, 4(44): 103-106.
- [25] Тарасенко, А., Оробинский, В., Гиевский, А., Тарабрин, Д., Анненков, М. 2017. Обоснование принципиальной схемы воздушно-решетного сепаратора семян. Вестник Воронежского государственного аграрного университета, ФГБОУ ВО, Воронежский ГАУ, Воронеж, 4(44): 95-102.
- [26] Vasiljević, S., Katić, S., Mihailović, V. 2011. Oplemenjivanje crvene deteline (*Trifolium pratense* L.) na poboljšan kvalitet krme. Zbornik referata, 45 savetovanje agronoma Srbije, Zlatibor, 30. 01.-05. 02. 2011, str. 127-137.
- [27] Vučković, S. 1999. Krmno bilje. Beograd: Institut za istraživanje u poljoprivredi "Srbija", Nova Pazova "Bonart".

## PRIMENA GIS ALATA ZA PRIPREMU ULAZNIH PODATAKA ZA HIDROLOŠKI MODEL

Enika Gregorić<sup>1</sup>, Gordana Matović<sup>1</sup>, Vesna Počuča<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Zemun, Srbija*

### SAŽETAK

Hidrološki modeli uzimaju sve veću ulogu u vodoprivredi. Koriste se u hidrološkim predviđanjima, za potrebe analiza rada vodoprivrednih sistema i analiza uticaja klimatskih promena na vodne resurse. Semi-distribuirani modeli pružaju mogućnost podele sliva na podslivove i na zone prema visinama i prema načinu pokrivenosti površine. Da bi se pripremili ulazni podaci za ove modele *GIS* alati pružaju značajnu podršku. U radu je prikazana metodologija pripreme ulaznih podataka, korišćenjem alata *ArcGIS-a*, za *HBV-light* hidrološki model, koji služi za kontinualne hidrološke simulacije. Ovaj model transformiše padavine sa sliva u oticaj. Metodologija je u ovom radu prikazana na primeru sliva Zapadne Morave.

*Ključne reči:* *GIS, hidrološki model, HBV-light.*

## APPLICATION OF GIS TOOLS FOR PREPARATION OF INPUT DATA FOR HYDROLOGICAL MODEL

Enika Gregorić<sup>1</sup>, Gordana Matović<sup>1</sup>, Vesna Počuča<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Zemun, Serbia*

### ABSTRACT

Hydrological models play an increasing role in water supply. They are used in hydrological forecast, for the needs of the analysis of water supply systems and the analysis of influence of climate change on water resources. Semi-distributed models provide an opportunity to subdivide catchments to subcatchments and to zones according to heights and to representation of surface coverings. In order to prepare the input data for these models, GIS tools provide a significant support. This paper presents the methodology of input data preparation by using of *ArcGIS* tools for the *HBV-light* hydrological model, which serves for continuous hydrological simulations. This model transforms rainfall from catchment into streamflow. In this paper the methodology is presented on the example of the catchment of the River West Morava.

*Key words:* *GIS, Hydrological model, HBV-light.*

<sup>1</sup>Kontakt Autor: Enika Gregorić, e-mail: [enikag@agrif.bg.ac.rs](mailto:enikag@agrif.bg.ac.rs)

## UVOD

Hidrološki modeli uzimaju sve veću ulogu u vodoprivredi. Koriste se za planiranje vodnih resursa, upravljanje i razvoj u vodoprivredi. Mogu se primeniti u predviđanjima poplava, za potrebe analiza rada vodoprivrednih sistema i analiza uticaja klimatskih promena na vodne resurse [6].

Hidrološki modeli „padavine-oticaj“ simuliraju proces transformacije padavina u oticaj na slivu. Stepen uprošćavanja ovog procesa u modelu zavisi od raspoloživosti ulaznih podataka i od informacije koje model treba da pruži. Načelno, ulazni podaci u hidrološki model su hidrometeorološki podaci, fizičko-geografske karakteristike sliva i podaci o parametrima procesa, početni, granični i konturni uslovi. Kod modela sa koncentrisanim parametrima (eng. *lumped models*) ceo sliv je predstavljen jednim skupom parametara, dok semi-distribuirani modeli pružaju mogućnost podele sliva na podslivove. Semi-distribuiran model sliva predstavljen je skupom modela sa homogenim parametrima. Kod distribuiranih modela parametri variraju u prostoru i imaju mogućnost različitosti u svakom elementu računske mreže. Oni mogu donekle da uzmu u obzir prostornu varijabilnost u procesima, ulazima, graničnim uslovima i slivnim karakteristikama [9]. Das at al. [4] su pokazali da semi distribuirani hidrološki modeli daju bolje rezultate simulacije od distribuiranih, što pripisuju nedovoljnoj tačnosti ulaznih podataka u elemente mreže.

Upotreba podataka o strukturi elevacije jedan je od najvažnijih aspekata za postizanje prostorne varijabilnosti. Osnovni model koji pruža podatke o nadmorskoj visini je *Digital elevation model – (DEM)*. Međutim, upotreba *DEM*-a u modeliranju slivova zahteva efikasne alate za upravljanje i obradu velikih baza podataka. Primena *GIS* tehnologija tu može pomoći kako u pripremi ulaznih podataka i parametara modela, tako i u kvalitetnom prikazu rezultata simulacija [3].

U radu je prikazana metodologija pripreme ulaznih podataka za semi-distribuirani *HBV-light* hidrološki model [8], na primeru sliva Zapadne Morave, korišćenjem alata *ArcGIS*-a.

## MATERIJAL I METODE RADA

Zapadna Morava protiče kroz centralnu Srbiju, kroz Moravički, Raški i Rasinski okrug. Dužina Zapadne Morave merena od izvora Goliske Moravice iznosi 308 km, a dužina same Zapadne Morave iznosi 208 km. Površina celog sliva je 15849 km<sup>2</sup>. Prosečni protok na mernom profilu Jasika iznosi 125 m<sup>3</sup>/s. Visinske kote u slivu su u rasponu od 138 do 2292 mn.m.[10].

Za simulaciju proticaja Zapadne Morave korišćen je *HBV-light* hidrološki model. To je deterministički, konceptualni model namenjen za kontinualne hidrološke simulacije scenarija oticaja na slivu, uz pomoć vremenskih serija ulaznih podataka. Prostorno posmatrano *HBV-light* je semi-distribuiran model, što znači da sliv može biti podeljen na podslivove, a svaki od njih na različite zone u zavisnosti od nadmorske visine i od načina pokrivenosti površine. Pokrivenost površine, u modelu podrazumeva šume, poljoprivredne, urbane i vodene površine [7]. Ulagni podaci u model se obezbeđuju za svaki podsliv posebno. Predstavljaju vremenski niz sledećih podataka: dnevnih suma padavina ( $P$ ) (mm/dan), prosečnih dnevnih temperatura vazduha ( $T$ ) (°C), dnevnih suma potencijalne evapotranspiracije ( $PET$ ) (mm/dan). Za period kalibracije i validacije, od ulaznih podataka, treba obezbediti dnevne proticaje na izlaznom profilu podsliva ( $Q$ ) (mm/dan) za što duži vremenski niz. Takođe se unose i podaci o površini svakog podsliva (km<sup>2</sup>), zatim broj zona u zavisnosti od nadmorske visine i srednja visina svake zone (mn.m.), nadmorska visina meteorološke stanice sa koje su

korišćeni podaci (mn.m.), broj zona u zavisnosti od načina pokrivenosti površine i njihova zastupljenost, izražena u %, na svakoj elevacionoj zoni.

U ovom radu, sliv Zapadne Morave je tretiran kao jedan podsliv, podeljen na 9 visinskih zona (model ukupno dozvoljava 20), od kojih je svaka zona izdeljena na šume, poljoprivredne, urbane i vodene površine.

Priprema klimatskih podataka, zatim određivanje granice sliva, izračunavanje površine sliva, kao i određivanje zastupljenosti pojedinih načina pokrivenosti površine na elevacionim zonama, urađena je upotrebom softverskog programa *ArcGIS*.

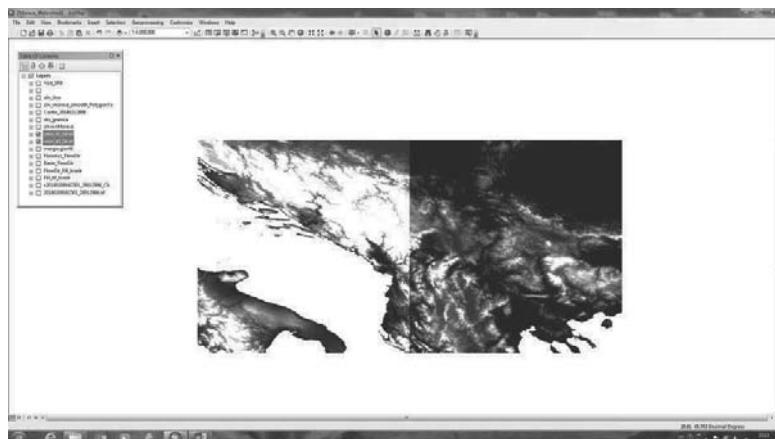
Kao podloga za određivanje elevacionih zona korišćena je baza podataka Shuttle radar topographic mission (*SRTM 90m Digital Elevation Data*), rezolucije 90m x 90m preuzet sa sajta *CGIAR-CSI*, (*Consortium for Spatial Information*) [5].

Za određivanje zona pokrivenosti površine, korišćena je baza podataka sa sajta *Copernicus Land Monitoring Service* [2].

## REZULTATI I DISKUSIJA

### Postupak određivanja vododelnice

Za određivanje granice sliva potrebno je naći pogodan digitalni model za visinsko predstavljanje terena. U radu je korišćena baza podataka o nadmorskim visinama terena, koji se može besplatno preuzeti sa sajta <http://srtm.csi.cgiar.org>. (slika 1).

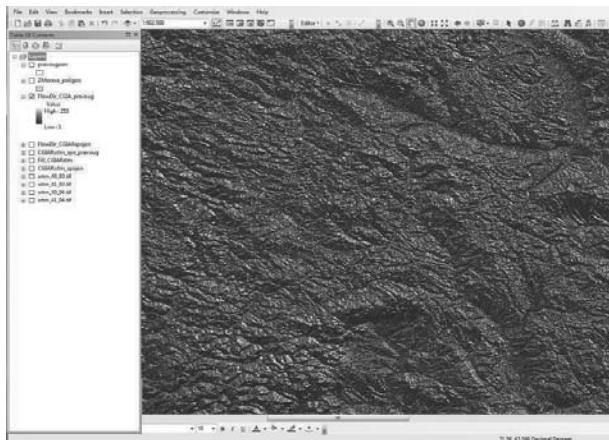


Slika 1. Primeri satelitskih snimaka koji su korišćeni kao DEM [5].

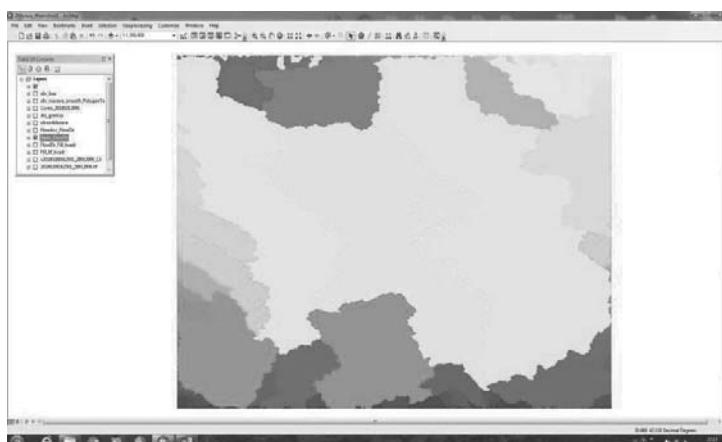
Figure 1. Examples of satellite images used as Digital Elevation Model (DEM) [5]

Kao DEM za posmatrano područje, služi satelitski snimak. Često se dešava da za određeno područje nije moguće preuzeti satelitski snimak iz jednog dela. Tada je potrebno izvršiti spajanje više preuzetih rasterskih slika pomoću alata *Data Management Tools/Raster/Raster Dataset/Mosaic To New Raster*. Potrebno je korigovati nesavršenosti na snimku popunjavanjem „rupa“ sa realnom, najnižom kotom na terenu (*Spatial Analyst Tools/Hydrology/Fill*). Zatim treba odrediti pravac i smer tečenja iz svakog okca snimka (*Spatial Analyst Tools/Hydrology/Flow Direction*). Ovako dobijeni raster (slika 2) je ulaz za određivanje granica slivova (*Spatial Analyst Tools/Hydrology/Basin*) (slika 3). Iz rastera se prave poligoni, *GIS* alatom: *Conversion Tools/From Raster/Raster to Polygon*. Granice sliva

još podležu kontroli na osnovu skeniranih i u *ArcMap* uvučenih, georeferenciranih topografskih karata, postavljenih kao podloga (*layer*).



Slika 2. Dobijeni raster nakon određivanja pravca i smera oticaja  
Figure 2. The obtained raster after determining the flow direction



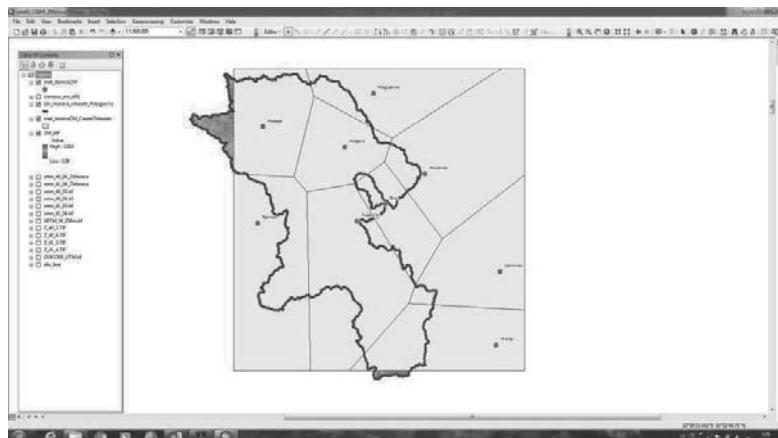
Slika 3. Sliv Zapadne Morave (najsvetlijia površina), dobijen upotrebom Digital Elevation Model (DEM)  
Figure 3. The River Western Morava catchment (the brightest surface), obtained by using the Digital Elevation Model (DEM)

### **Postupak pripremanja meteoroloških podataka za ulaz u model**

Meteorološki podaci, u *HBV-light* model, se zadaju kao vremenski nizovi, i to za svaki podsliv po jedan set od tri niza (*P*, *T*, *PET*). S obzirom na veličinu sliva Zapadne Morave, meteorološki podaci sa jedne stанице ne mogu biti merodavni za ceo sliv. Stoga su korišćeni podaci sa devet meteoroloških stanica: Kopaonik, Požega, Kragujevac, Kruševac, Brus, Leskovac, Vranje, Sjenica i Kraljevo. Od devet setova podataka, ponderisanjem se dobija jedan, merodavan set. Ponderisanje se vrši na osnovu procentualnog učešća pripadajuće površine meteorološkoj stanicu, u ukupnoj površini sliva. U *ArcMap*-u za svaku stanicu se

odredi, pomoću Tisenovih (*Thiessen*) poligona, procentualni deo sliva za koji je stanica merodavna.

Postupak je sledeći: na osnovu položaja meteoroloških stanica, koje treba predstaviti kao tačke, pomoću *Analysis Tools/Proximity/Create Thiessen Polygons* dobiju se poligoni koji sadrže po jednu stanicu (slika 4). Podela je izvršena na osnovu linije simetrije između stanica. Presecanjem sliva po granicama poligona dobijaju se, po svakoj stanicu, pripadajuće površine. U *Attribute Table* formiraju se dodatne kolone u kojima se smešta izračunata površina i procentualni deo površine svakog poligona u ukupnoj površini sliva. Ovi podaci, dobijeni u *ArcMap*-u omogućavaju ponderisanje meteoroloških podataka (nizova) i izračunavanje, na bazi nadmorske visine svake meteorološke stanice, ponderisane visinske kote na kojoj su podaci mereni. Ovaj proračun se radi, najčešće u programu *Microsoft Excel*. S obzirom na promenljivost meteoroloških veličina sa elevacijom, sam model koriguje podatke za svaku visinsku zonu u podslivu.



Slika 4. Tisenovi poligoni na slivu Zapadne Morave, dobijeni primenom programa *Arc Map*  
*Figure 4. The Thiessen Polygons in the River West Morava catchment, obtained by using Arc Map*

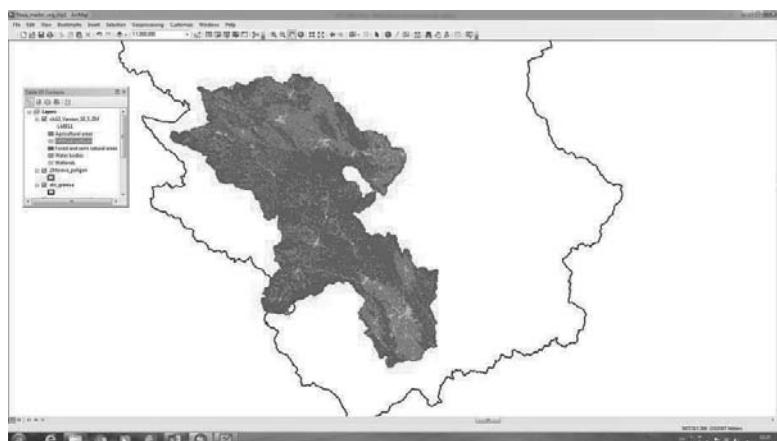
### Postupak određivanja vrste pokrivenosti površine na elevacionim zonama

Postupak pripreme do sada opisanih ulaznih podataka je manje-više standardan. Za određivanje procentualnog učešća pojedinih načina pokrivenosti površine na elevacionim zonama, ne postoji standarni postupak. S jedne strane potrebna je baza podataka o rasporedu pojedinih vrsta pokrivača na proučavanom području, a sa druge strane potrebna je baza podataka o visinskim kotama terena. Iz podataka o elevaciji terena treba doći do zahtevanih elevacionih zona. Sopstvenim iskustvom, razradili smo tri različita metodološka postupka, čije prednosti i mane prikazujemo u nastavku rada. Nakon izdvajanja elevacionih zona, upitima nad bazama treba izvući veličine površina gde se elevacione zone i zone pod pojedinim vrstama pokrivača ukrštaju.

### Postupak izdvajanja zona pod pojedinim površinskim pokrivačima

Sa sajta *Copernicus Land Monitoring Service* [2] preuzeta je baza podataka o načinu pokrivenosti površine *clc12Version\_18\_5*, uvučena je u *ArcMap*, gde se kao poligoni (na osnovu atributa u koloni *LABEL1*), različitim bojama prikazuju različite vrste površinskih

pokrivača. Presecanjem poligona: površinskih pokrivača i sliva (*Geoprocessing/Clip*), dobijeni su poligoni šuma, poljoprivrednih, urbanih i vodenih površina (slika 5).



Slika 5. Poligoni površinskih pokrivača sliva Zapadne Morave. Zelena boja označava šume, braon poljoprivrednu površinu, plava vodene površine i svetlo siva urbanu sredinu

*Figure 5. Polygons of surface coverings of the River West Morava catchment. Green colour indicates forests, brown agricultural area, blue aquatic areas and light gray urban environment*

Da bi se moglo izvršiti ukrštanje poligona površinskih pokrivača sa poligonima elevacionih zona, potrebno je zone površinskih pokrivača razdvojiti u posebne fajlove: šume, poljoprivredne, urbane i vodene površine. Iz baze podataka upitom *Select by Attributes*, izdvojiti poligone sa istim površinskim pokrivačem i naredbom *Export data* izvesti ih u posebne fajlove.

### Postupak izdvajanja elevacionih zona

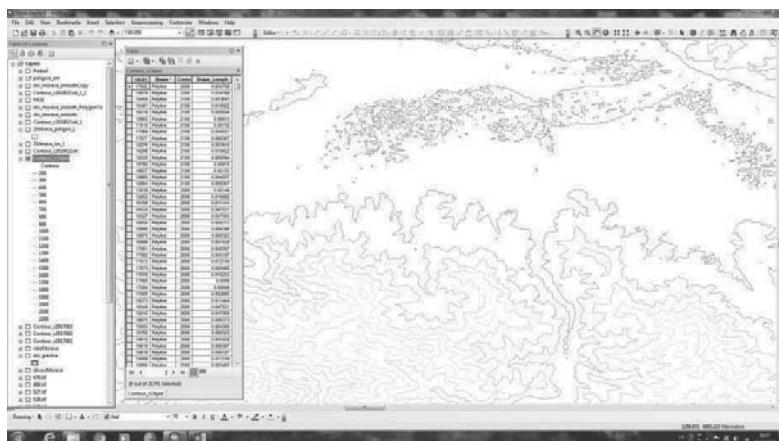
Pošto se padavine i temperatura menjaju u zavisnosti od visinske kote terena, što hidrološki model uzima u obzir, potrebno je sliv podeliti na elevacione zone. Na slivu Zapadne Morave najniža kota je 138 mn.m. a najviša 2292 mn.m. U ovom radu sliv Zapadne Morave podeljen je na 9 zona: ispod 400, 400-600, 600-800, 800-1000, 1000-1200, 1200-1400, 1400-1600, 1600-1800 i iznad 1800 mn.m. Svaku od pripremljenih elevacionih zona treba podeliti na pripadajuće površine pojedinih pokrivača. Elevacione zone treba da su predstavljene poligonima da bi se mogle „ukrštati“ sa zonama površinskih pokrivača, koje su date kao poligoni.

Za dobijanje elevacionih zona razmatrana su tri postupka. Po prvom se pokušalo sa nasumičnim tačkastim skidanjem kote terena preko *Google Earth-a*. Ove tačke se uvlače u *ArcMap*, gde se pomoću njih formira mreža nepravilnih trouglova (*TIN*), tj. model terena, koji se može upotrebiti za kreiranje izolinija. Od po dve susedne izohipse (izolinije) prave se poligoni, tj. elevacione zone. Preciznost ove metodologije zavisi od gustine mreže skinutih tačaka kao podloge. Na velikom slivu, kao što je Zapadna Morava (oko 16000 km<sup>2</sup>) ova metodologija nije dovoljno precizna, što je potvrdilo veliko odstupanje tako dobijenih izohipsa sa kotama na topografskim kartama. Umesto nasumičnim uzimanjem tačaka, ciljano uzimanje tačaka na grebenima i tokovima bi povećalo tačnost i smanjilo neophodan broj tačaka [1].

U drugoj metodologiji, kao podloge se koriste satelitski snimci [5], kao *DEM*. Sa njih se skidaju izolinije (*Spatial Analyst Tools/Surface/Contour*) sa određenim nadmorskim visinama. Dalji postupak je isti kao kod prve metode. Od tih linija se prave poligoni (površine između dve susedne izohipse) koji predstavljaju elevacione zone.

Ovaj postupak se u praksi sastoji od velikog broja koraka. Problem se ogleda u tome što program sa satelitskog snimka skida veoma veliki broj linija kao izolinje (u ovom primeru 21741 linija, sa ekvidistancom 100 m).

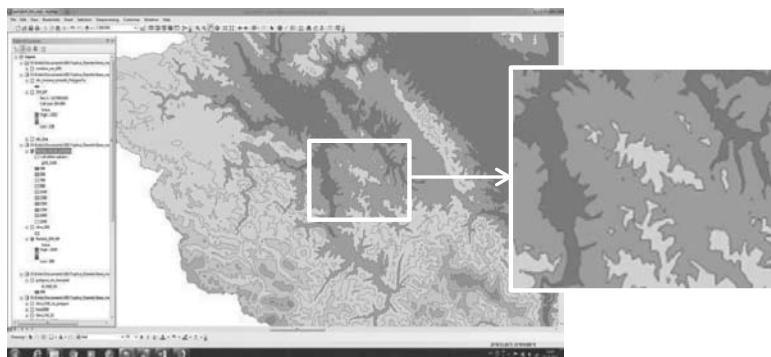
Velikim delom ove linije nisu stvarne, realne izohipse a ni potrebne za ovu analizu (slika 6). Treba proveravati i brisati nepotrebne linije. Drugi problem je u tome da linije koje su skinute sa satelitskog snimka kao izohipse nisu sve kontinualne linije. Često su to otvorene linije ili linije koje se seku. Da bi od njih pravili poligon, one ne smeju imati prekid. Zbog toga, za dobijanje kvalitetnog rezultata, treba uložiti puno sati rada.



Slika 6. Veliki broj sitnih linija koje nisu prave izolinije

Figure 6.A lot of short lines which are not contour lines

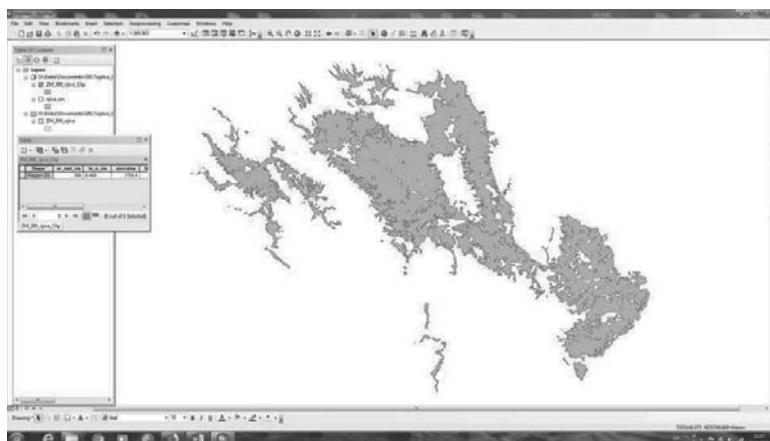
Prema trećoj metodi koristi se isti satelitski snimak kao kod drugog načina, koji se obrađuje tako što se nakon isecanja sa slivom, vrednosti za nadmorske visine regrupišu (*Spatial Analyst Tools/Reclass/Reclassify*). Ovako se vrednosti zamenjuju, npr. u svim okcima gde su stajali broevi od 400 do 600 zamene se sa brojem 500 (srednjom vrednošću intervala). Sada se na osnovu novih vrednosti naprave vektori, poligoni (*Conversion Tools/From Raster/Raster to Polygon*) koji nose kao atribut ove zadate vrednosti elevacije. Ovom metodom se dobijaju i neki veoma mali, nerealni poligoni, kao što su kod druge metode dobijene kvazi izohipse, međutim, ovi poligoni ne moraju manuelno da se koriguju, s obzirom da je površina sitnih poligona u odnosu na površinu sliva zanemarljiva (slika 7). Selektuju se poligoni prema atributu (*Select by Attributes*) nadmorska visina, koja treba da bude ista za sve izabrane. Oni se spajaju u jedan poligon (alatom *Merge*) i svaki se eksportuje u zaseban fajl za dalje prostorne upite.



Slika 7. Veliki broj sitnih, nerealnih poligona, dobijenih obradom satelitskog snimka  
*Figure 7 A large number of small, unrealistic polygons obtained by processing a satellite image*

#### **Ukrštanje zona pokrivenosti površine i elevacionih zona**

*HBV light* model zahteva da se odredi koliko je procentualno učešće zone pokrivenosti na elevacionim zonama. Da bi se došlo do tih podataka, potrebno je napraviti presecanje (*Intersect*) poligona svake elevacione zone sa poligonima svakog površinskog pokrivača.



Slika 8. Prostorni raspored poljoprivredne površine na slivu Zapadne Morave, na elevacionoj zoni manjoj od 400 mn.m.

*Figure 8. Spatial arrangement of agricultural land in the catchment of the River West Morava on an elevation zone of less than 400 msl.*

Na slici 8. je prikazan rezultat proračuna ovim postupkom, koji pokazuje da se 1758,4 km<sup>2</sup> poljoprivredne površine nalazi na elevacionoj zoni manjoj od 400 mn.m.

Rezultati kompletno urađenog postupka, na primeru Zapadne Morave, dati su u tabeli 2, u kolonama elevacione zone. *HBV light* model kao ulaz zahteva ove vrednosti u procentima,

u odnosu na ukupnu površinu sliva. U tabeli, u poslednjoj koloni, može se videti da je sliv Zapadne Morave 57% pokriven šumama a oko 40% poljoprivrednim površinama.

Tabela 2: Zastupljenost pojedinih vrsta površinskih pokrivača na svakoj od elevacionih zona na slivu Zapadne Morave

*Table 2. The coverage of certain types of surface coverings in each of the elevation zones in the catchment of the River West Morava.*

Pokri-venost površine	Elevacione zone (mn.m.)									ukupno (km <sup>2</sup> )	zastup-ljenost (%)
	<400	400-600	600-800	800-1000	1000-1200	1200-1600	1600-1800	1800-2000	>1800		
Urbano	119.0	162.2	51.1	10.1	3.3	0.02	0	0.42	0.28	346.4	<b>2.35</b>
Poljop. p.	1758.4	1759.5	1297.3	534.3	453.8	126.6	10.3	1.3	0.2	5941.6	<b>40.36</b>
Šume	489.5	1249.1	2210.5	1653.6	1505.9	730.2	370.2	143.1	39.6	8391.7	<b>57.01</b>
Vodene p.	21.2	1.8	18.0	0	0	0	0	0	0	41.0	<b>0.28</b>
Ukupno	2388.0	3172.6	3576.8	2197.9	1963.0	856.8	380.5	144.8	40.1	14721	<b>100.00</b>

## ZAKLJUČAK

Hidrološki modeli se uspešno koriste u vodoprivrednoj delatnosti. Ovi modeli zahtevaju ulazne podatke koji su vezani za prostor. *ArcGis* pruža veliku pomoć u pripremi ovih podataka. U ovom radu je prikazana primena *ArcGis* u pripremi podataka za hidrološki model *HBV light*. Obrađen je sliv Zapadne Morave. Prikazano je: određivanje granice sliva, priprema klimatskih podataka, kao i određivanje zastupljenosti pojedinih načina pokrivenosti površine na elevacionim zonama.

Granice rečnog sliva se mogu odrediti upotrebom *DEM* i *GIS* alata. Iskustvo je pokazalo da je neophodno popuniti depresije na satelitskom snimku koji služi kao *DEM*. Dobijene rezultate obavezno kontrolisati, jer se dešava da program ne prepozna svaku granicu, što je verovatno posledica kvaliteta primenjenog satelitskog snimka.

Primenom alata za određivanje Tisenovih poligona veoma je uspešno i lako izvršeno ponderisanje vrednosti nizova ulaznih meteoroloških podataka i visinskih kota na kojima su mereni.

Postupak dobijanja procentualnog učešća pojedinih pokrivača površine na elevacionim zonama, razdvojeno je na nekoliko koraka. Prvi korak predstavlja izdvajanje površina pod određenim pokrivačem iz baze podataka, drugim se vrši određivanje elevacionih zona i u trećem koraku se vrši njihovo ukrštanje.

Zone različite pokrivenosti terena u slivu su izdvojene korišćenjem baze podataka *clc12 Version\_18\_5* [2].

Određivanje elevacionih zona se pokazalo mukotrpno. Pošto prva osmišljena metoda nije dala zadovoljavajuće rezultate testirane su još dve.

Prva metoda kod koje su se skidale nadmorske visine u tačkama sa *Google Earth-a* pokazala je da se ne dobija zadovoljavajuće slaganje dobijenih izohipsi i izohipsi na skeniranim topografskim kartama. Došlo se do zaključka da je potreban veoma veliki broj tačaka, s obzirom na veličinu sliva Zapadne Morave da se postigne zadovoljavajuća tačnost. Ovu metodu bi trebalo testirati na malom slivu.

Kod druge metode gde su se skidale izohipse sa satelitskog snimka kao *DEM* pojavio se problem da je izdvojen veliki broj sitnih linija, koje su često i otvorene linije ili se sekut, prema tome nisu u stvarnosti izohipse. Sa topografskom kartom kao podlogom sledi veoma

mukotrpan rad provere linija, brisanje i korigovanje. Ove linije se ne mogu pretvoriti u poligone dok nisu iskorigovane.

Daljim traganjem se došlo do treće metode, gde se kao podloga koristi satelitski snimak terena kao *DEM*, na kojem se vrši reklassifikacija podataka o elevaciji u mreži. Podaci se dele u zahtevane elevacione zone. Ovako se došlo do traženih poligona među kojima su i nerealni, ali sitni poligoni čija ukupna površina pravi nekoliko procenata greške. Ovaj metod za ispitivanu svrhu daje zadovoljavajuće rezultate.

Uloga *ArcGis* –a u pripremanju ulaznih podataka za hidrološke modele je veoma značajna, ali nedovoljna bez kvalitetnih podloga, kao što su digitalni modeli za visinsko predstavljanje terena i razne baze podataka.

### Zahvalnost

Rad je realizovan uz finansijsku pomoć Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta iz programa tehnološkog razvoja „Savremeni biotehnološki pristup rešavanja problema suše u poljoprivredi Srbije“, TR31005 i „Ocena uticaja klimatskih promena na vodne resurse Srbije“, TR37005.

### LITERATURA

- [1] Burrough, P. A, McDonnell, R. A. 1998. Principi geografskih informacionih sistema, prevod sa engleskog, Građevinski fakultet, Beograd
- [2] Copernicus Land Monitoring Service [www.land.copernicus.eu](http://www.land.copernicus.eu).
- [3] Daniel, E., Camp, J., LeBoeuf, E., Penrod, J., Dobbins, J., Abkowitz, M. 2011. Watreshed Modeling and its Applications: A State-of-the-Art Review, The Open Hydrology Journal, Vol. 5: 26-50.
- [4] Das, T., Bárdossy, A., Zehe, E., & He, Y. 2008. Comparison of conceptual model performance using different representations of spatial variability. Journal of Hydrology, 356(1-2), 106-118.
- [5] Jarvis, A., Reuter, H.I., Nelson, A., Guevara, E. 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90 m Database <http://srtm.cgiar.org>
- [6] Pechlivanidis, I., Jackson, B., McIntyre, N., Wheater, H. 2011. Catchment scale hydrological modeling: a review of model types, calibration approaches and uncertainty analysis methods in the context of recent developments in technology and applications, Global NEST Journal, Vol 13, No 3: 193-214, 2011
- [7] Seibert J., 2005. HBV light version 2, User's manual, Dept. of Physical Geography and Quaternary Geology, Stockholm University.
- [8] Seibert J., Vis M.J.P. 2012. Teaching hydrological modelling with user-friendly catchment-runoff-model software package. Hydrol. Earth Syst. Sci., 16: 3315-3325.
- [9] Todorović, A., & Plavšić, J. (2014). Mogućnost primene modela HEC-HMS za kontinualne hidrološke simulacije. Vodoprivreda, 46(1-6): 117–128.
- [10] Vasiljković, S. 2018. Metodologija obrade podataka primenom GIS alata za hidrološki model, Master rad, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.

# OPTIMALNI IZBOR KONFIGURACIJE LINIJE ZA PROIZVODNJU NUGATA

Aleksandra Joksimović<sup>\*1</sup>, Dragan Marković<sup>1</sup>, Vojislav Simonović<sup>1</sup>, Ivana Medojević<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet,  
Katedra za poljoprivredno mašinstvo, Beograd.*

## SAŽETAK

Konfiguracija linije za proizvodnju jedna je od ključnih odluka koje određuju efikasnost procesa proizvodnje. Pri formirajući procesa proizvodnje potrebno je da se pored tehničkih zahteva ispune i ekonomski zahtevi vezani za radno okruženje i prostorni raspored. Efektivni prostorni raspored može pomoći jednoj organizaciji da ostvari strategiju koja će zadovoljiti zahteve u pogledu konkurentnosti. Od stepena automatizacije procesa proizvodnje direktno zavisi kvalitet proizvoda i vreme trajanja proizvodnog ciklusa, prema tome poseban značaj se pridaje automatizaciji. Kako bi se objasnio značaj prostornog rasporeda i ciljevi njegovog uvođenja, potrebno je opisati postojeće konfiguracije linije za proizvodnju nugata, na njima prikazati tok materijala, prostorni raspored i stepen automatizacije. Optimalno rešenje proizilazi iz postojećih rešenja, nakon njihovog poređenja prema unapred određenim kriterijumima i tehnno-ekonomsko analize. Razvoj tehnologija i mašina koje se koriste u prehrambenoj i poljoprivrdnoj industriji svakodnevno napreduje.

Povećanje stepena automatizacije proizvodnih linija može imati samo prednosti, jer se povećava kvalitet gotovog proizvoda, skraćuje proizvodni ciklus i samim tim povećava proizvodnost. Izbor odgovarajućeg prostornog rasporeda linije za proizvodnju nugata u velikoj meri utiče na cenu proizvodne linije i količinu gotovog proizvoda.

***Ključne reči:*** konfiguracija, automatizacija, kvalitet, proizvodni ciklus.

## OPTIMAL SELECTION OF LINE CONFIGURATION FOR PRODUCTION OF NUGAT

Aleksandra Joksimovic<sup>\*1</sup>, Dragan Markovic<sup>1</sup>, Vojislav Simonovic<sup>1</sup>, Ivana Medojevic<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade*

## ABSTRACT

Configuring the production line is one of the key decisions determining the efficiency of the production process. In forming the production process, besides the technical requirements, it is necessary to fulfill the economic requirements related to the working environment and the spatial configuration. An effective spatial configuration can help an

---

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

TR35043 Istraživanje i razvoj opreme i sistema za industrijsku proizvodnju, skladištenje i preradu voća i povrća.

organization to achieve a strategy that will meet competitiveness requirements. From the degree of automation of the production process it directly depends on the quality of the product and the duration of the production cycle, therefore a special importance is attached to automation. In order to explain the importance of the spatial configuration and the objectives of its introduction, it is necessary to describe the existing configuration of the line for the production of nougats, to illustrate the flow of materials, the configuration and the degree of automation. The optimal solution stems from the existing solutions, after their comparison to predefined criteria and techno-economic analysis. The development of technologies and machines used in the food and agriculture industry is progressing every day. Increasing the degree of automation of production lines can only have advantages because it increases the quality of the finished product, shortens the production cycle and therefore increases productivity. Choosing the appropriate spatial configuration of the nugat production line greatly influences the cost of the production line and the amount of the finished product.

**Key words:** configuration, automation, quality, production cycle.

## UVOD

Prehrambena tehnologija, prema definiciji instituta prehrambenih tehnologa – IFT (Institut of food technologists, 1964), primena je znanja i inženjerstva u proizvodnji, preradi, pakovanju, distribuciji, pripremanju i upotrebi hrane. Osnovna podela nugata je na: beli (Francuski) nugat, tamni nugat, bečki (Nemački) nugat. Nugat je poznat kao visokokalorični proizvod sa hranljivom energijom većom od 500 kcal / 100g, a potražnja verzije bez šećera za ovu grupu proizvoda od konditorskih proizvoda predstavljaju trenutnu potrebu [1]. Pre opisa već postojećih tipova proizvodnje nugata koji se koriste i njihove analize, moramo istaći neke pojmove koji su vezani za samu proizvodnju, organizaciju, transport materijala, izbor materijala i prostorni raspored mašina u jednom preduzeću. Upravo prema ovim pojmovima definisaćemo kriterijume po kojima će se porediti izabrani određene konfiguracije linija za proizvodnju nugata.

## OSNOVNI POJMOVI PROIZVODNJE

Proizvodnja predstavlja osnovno područje ljudske delatnosti. može se definisati kao usmerena aktivnost koja ima za cilj dobijanje proizvoda korisnih za društvo čija struktura varira u širokim granicama kako po vrsti tako i po kvalitetu i količini. Odnos između proizvodnje i njenih prepostavki, odnosno izlaza i ulaza naziva se funkcija proizvodnje. Poizvodni ciklus obuhvata vremenski period od početka do izrade jedne količine proizvoda pa do potpunog završetka. Vremensko trajanje proizvodnog ciklusa može se podeliti na: proizvodno i neproizvodno vreme. Osnovni cilj prozvodnje je ostvarenje planiranih količina proizvoda iz proizvodnog programa sa konstrukcijskim, tehnološkim i proizvodnim karakteristikama. Pri nastupu na tržište kako bi se obezbedila stabilna pozicija na tržištu, mogu se definisati četiri sledeća proizvodna cilja: minimizacija troškova, visok nivo kvaliteta, kraći rok isporuke, velika fleksibilnost.

Optimizacija konfiguracije složene proizvodne linije je NP-težak problem u različitim postavkama mašine. Rešavanje problema u stvarnom životu postaje sveobuhvatniji izazov, jer trenutni trend ponovnog zbrinjavanja podstiče multinacionalne firme da prenose proizvodne kapacitete i radne snage u kapitalno intenzivna proizvodna okruženja koja obično zahtevaju ponovno konfigurisanje prenetih proizvoda sistema u skladu sa dostupnošću boljih mašina u kapitalno intenzivnom okruženju [2].

## PROCES PROIZVODNJE NUGATA

Proces proizvodnje nugata sadrži određene (fiksne) korake koji se moraju ispoštovati bez obzira na tip proizvodnje i stepen automatizacije iste, kako bi se na izlazu dobio tradicionalni nugat. Način izvođenja koraka je promenljiv i zavisi od tipa proizvodnje. Koraci su prikazani šemom (slika 1).



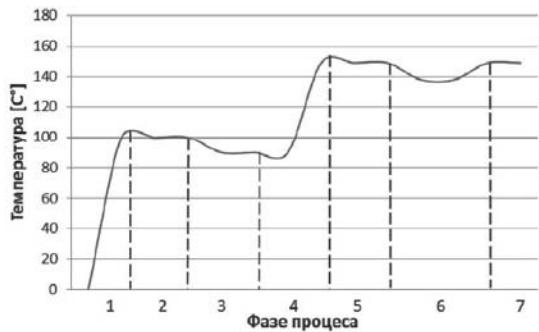
Slika 1. Osnovna šema procesa proizvodnje nugata  
Figure 1. Basic diagram of the process of production of nugates

### Formiranje osnovne smese

Osnovna smesa nugata se sastoji od belanaca. Potrebno je pažljivo i precizno odvojiti belanca od žumanca, jer primeši žumanca mogu loše uticati na kvalitet. Belanca se stavljuju u posudu, vodeći računa da je posuda suva i metalna. Mikser počinje mešanje brzinom srednjeg inteziteta ali ubrzo se smesa meša brzinom maksimalnog inteziteta kako bi se postigla što veća aeracija.

### Formiranje sirupa

Voda i šećer se zagrevaju do ključanja, odnosno do 100 °C, a zatim se dodaje ekstrakt vanile. U isto vreme, med se zagрева dok se dovoljno ne istopi i bude skoro u tečnoj fazi. Temperatura na kojoj se kuva voda i šećer se nakon dostizanja ključanja smanji na 80 - 90°C i tako kuva 3 minuta. Kada sirup dostigne temperaturu od 149°C, dodaje se istopljeni med. Med na trenutak smanjuje temperaturu sirupa i nakon dodavanja meda potrebno je nastaviti kuvanje sve dok smesa opet ne dostigne 149°C. Tada, sirup je gotov i spreman za mešanje sa osnovnom smesom. Proses dobijanja sirupa je prikazan dijagramom na slici 2.



Slika 2. Dijagram promene temperature pri formiraju sirupa  
*Figure 2. Diagram of temperature change in syrup formation*

## OPŠTE POSTAVKE O AUTOMATIZACIJI PROIZVODNJE

Pod automatizacijom se podrazumevaju ekonomski i tehnički merni čiji je cilj ostvarivanje tehnoloških procesa uz angažovanje tehnološke opreme bez neposrednog učešća čoveka. Globalizacija je učinila automatizaciju sve izvodljivijim i sa tehnološkim razvojem mnoge operacije se mogu optimizirati, donoseći povećanje produktivnosti [3].

Stepen automatizacije je odnos automatizovanih i ukupnih funkcija u nekom sistemu, pa se brojčano kreće u granicama od 0 do 1. U zavisnosti od stepena automatizacije, automatizacija može biti: delimična i potpuna. Automatska proizvodnja je najviši vid organizacije. Njene karakteristike su sledeće:

- proizvodne procese vrše roboti i automatizovana postrojenja,
- radna mesta su vezana za izradu i korišćenje određenih softvera pomoću kojih se upravlja tehničko-tehnološkim procesima,
- učešće ljudske radne snage u ukupnim ulaganjima je svedeno na minimum,
- pretežni deo troškova otpada na materijal i amortizaciju sredstva za rad i zbog visoke produktivnosti i mogućnosti masovne proizvodnje troškovi po jedinici proizvoda su niži u odnosu na druge vidove proizvodnje.

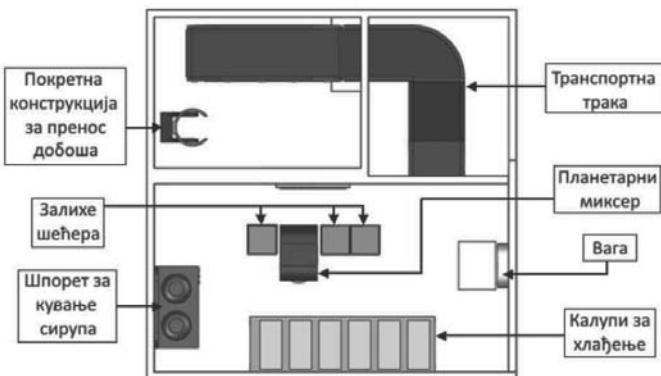
Tokom proteklih decenija, roboti su se snažno koristili za protočne linije kako bi povećali produktivnost i kvalitet proizvoda i oslobodili radnike ponavljajućih i opasnih zadataka [4].

Radi većeg kontrasta u samoj analizi, odabrane su tri različite konfiguracije proizvodnje. U prvoj je reč o proizvodnji gde deo procesa obavljaju mašine, a deo radnici koji imaju veliku ulogu i bez njih nije moguće realizovati proizvodnju. Kretanje radnika i tok materijala u samom procesu je diskontinuan. U drugom je proizvodnja u velikoj meri automatizovana i prisustvo i potreba za radnicima u samom procesu je svedena na minimum. Treća konfiguracija predstavlja optimalnu kombinaciju prve dve konfiguracije. Prostorna konfiguracija je tehnički termin koji se odnosi na poseban način na koji su skup razmera povezani jedni sa drugima kao mreža [5].

## PRVI PRIMER KONFIGURACIJE LINIJE ZA PROIZVODNJU NUGATA

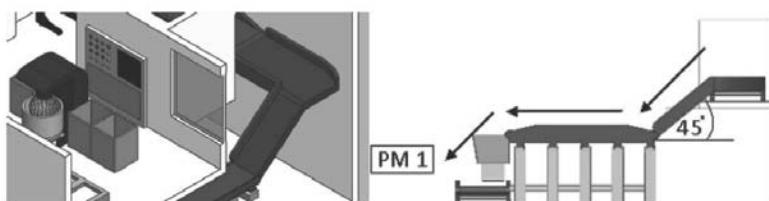
Kao primer prve konfiguracije razmotriće se fabrika u belgiji koja nosi naziv „Brown sugar brugge“. Fabrika „Brown sugar brugge“ se bavi i proizvodnjom i prodajom na istoj lokaciji. Fabrika se sastoji od dva nivoa, prizemlja i prvog sprata. Rasporед prostorija u fabriči je sledeći:

- prizemlje: u okviru prizemlja se nalazi sala u kojoj se vrši deo proizvodnog procesa (laminiranje zamesa, sečenje i pakovanje). U istoj sali se skladište zalihe gotovog proizvoda.
- prvi sprat: na spratu počinje proizvodni proces i tu se nalaze potrebne mašine (planetarni mikser i šporet) za formiranje zamesa. U istoj prostoriji se skladišti materijal potreban za zames. Kada se zames formira, on se preko transportne trake transportuje na nivo ispod do potrebnih radnih mašina.



Slika 3. Prvi sprat  
Figure 3. First floor

U okviru ove fabrike, prizemlje i prvi sprat su povezani transportnom trakom kao što se može videti na slici 4.



Slika 4. Transportna traka između prizemlja i prvog sprata  
Figure 4. Conveyor between ground floor and first floor

Zames se sa prvog sprata spušta niz transportnu traku koja se u jednom delu nalazi pod uglom od 45°. Preporučuje se da ovaj ugao bude što manji, kako bi se izbeglo taloženje zamesa ili njegovo brže kretanje od predviđenog. Međutim, manji ugao zahteva veću prostoriju jer produžava transportnu liniju, što gabariti ove fabrike ne dozvoljavaju. Dalje se zames transportuje do radnih mašina. Proces formiranja osnovne smese se odvija pomoću

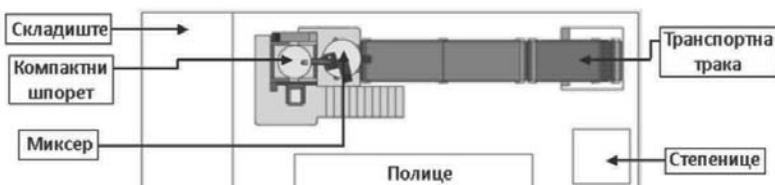
industrijskog planetarnog miksera. Kada se sve sjedini u sirup, radnik manuelno sirup dodaje u posudu planetarnog miksera sa prethodno umućenim belanicima koji čine osnovnu smesu. Zames bez badema se prvo presipa u kalupove i tad mu se dodaju bademi. Zatim radnik iz kalupa vraća zames u mikser. Kada se svi sastojci dovoljno pomešaju, konačno nastaje pravi zames. Zatim se posuda sa zamesom odnosi do konstrukcije koja je predviđena da podigne posudu iznad pokretne trake i okreće je dovoljno da se zames izlije na traku. Radnik raspoređuju zames ravnomođno po traci koja se dalje kreće do laminatora. Trakasti transporter sa zamesom se kreće usporeno do laminatora, kako bi prošlo potrebno vreme da se zames ohladi. Trakasti transporter dovodi zames do laminatora broj 1 gde se velika količina zamesa oblikuje i priprema na fino tanjenje laminatorom 2. Kad se postigne željena debljina zamesa(2 [cm]) , zames se transportuje do mašina za sečenje i pakovanje.

## DRUGI PRIMER KONFIGURACIJE LINIJE ZA PROIZVODNJU NUGATA

Kao primer druge konfiguracije razmatra se fabrika u Francuskoj koja nosi naziv „Nougat chabert & guillot“. Fabrika „nougat chabert & guillot“ se bavi samo proizvodnjom, a zatim odatle transportuje gotov proizvod. Fabrika se sastoji od dva nivoa, prizemlja i prvog sprata. Raspored prostorija u fabrići je sledeći:

- prizemlje: U prvoj prostoriji je automatska linija za obradu nugat mase, u drugoj linija za pakovanje, a treća prostorija je kontrolna soba.
- prvi sprat: Ovde počinje proizvodni proces i tu se nalaze potrebne mašine za formiranje zamesa. Formiran zames se preko transportne trake transportuje na nivo ispod do automatske linije za obradu nugat mase.

Na slici 5 se nalazi prikaz prvog sprata. Po završetku procesa, zames se postepeno izliva iz doboša i transportuje dalje do prizemlja. U ovoj prostoriji se nalazi jedan radnik koji prethodno odmerene sastojke ubacuje u posude kompaktnog šporetka i miksera.

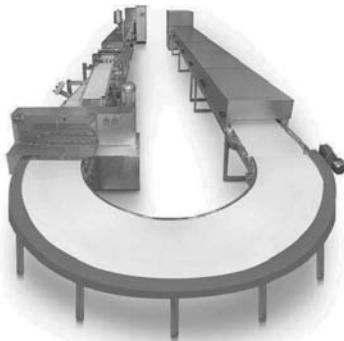


Slika 5. Prvi sprat  
Figure 5. First floor



Slika 6. Tok materijala  
Figure 6. Flow of material

Zames se sa prvog sprata spušta niz transportnu traku koja zames prenosi direktno u laminator (RM 1). U laminatoru se postiže homogenost i ravnomernost debljine testane trake tj. zamesa. Testana traka se transportuje do automatske linije za obradu nugat mase. Kamere za vizuelno kontrolu su postavljene duž proizvodne linije, tako da je svaki deo procesa pokriven. Proces kuvanja sirupa se startuje preko PLC-a. Kada je proces kuvanja sirupa završen, ventil od otvora pri dnu se otvara i sirup se ispušta u odvodnu cev 1, i pomoću nje uliva u mikser. Automatska linija (slika 7) za nugat obuhvata sledeće mašine: laminator, tunel za hlađenje, vertikalni rezač, poprečni sekač i polukružnu transportnu traku. Cela linija se pokreće i upravlja preko touchscreen ekrana za šta je dovoljan jedan operater.



Slika 7. Automatska linija  
Figure 7. Automatic line

### TREĆI PRIMER KONFIGURACIJE LINIJE ZA PROIZVODNJU NUGATA

Kod predložene konfiguracije mašine za formiranje zamesa su raspoređene oko posude u kojoj se pravi zames. Noseća konstrukcija sa posudom se nalazi u centru. Dovoljan je jedan mikser koji je zadužen za mešanje smese na početku i kraju procesa. Formiran zames se preko mehanizma za ispuštanje zamesa dovodi na traku, odakle se transportuje do tunela za hlađenje. Iz tunela za hlađenje se dalje transportuje do laminatora gde se postiže željena debljina testane trake. Testana traka se dalje transportuje do alata za rezanje i sečenje. Gotovi komadi se transportuju do mašine za pakovanje. Ovakvim prostornim rasporedom se omogućava lakši nadzor cele proizvodne linije i smanjuju se unutrašnji transporti. Mašine su raspoređene redosledom prema kojem učestvuju u procesu.

### UPOREDNA ANALIZA

Analiza je rađena na osnovu potrebnog prostora, opreme i tehnologije za izvođenje procesa. U sva tri slučaja, fabrike su sagrađene tako da se nalaze na dva nivoa i da proces prizvodnje počinje na spratu, a završava se u prizemlju. Međutim, zbog složenosti pakovanja proizvoda u različite forme i materijale, fabrika „Nougat Chabert & Guillot“ zahteva veći prostor. Mašine u ovoj fabrici su većih gabarita, ali je i tok materijala koji protekne na dnevnom nivou duplo veći nego u fabrici „Brown Sugar Brugge“. Kod treće konfiguracije je ostvaren kompromis između ova dva načina proizvodnje. Cilj je bio ostvariti što veći protok materijala i gotovog proizvoda u što kraćem vremenom i sa što manjim unutrašnjim transportom.

## ZAKLJUČAK

Razvoj tehnologija i mašina koje se koriste u prehrabrenoj industriji svakodnevno napreduje. Povećanje stepena automatizacije proizvodnih linija može imati samo prednosti, jer se povećava kvalitet gotovog proizvoda, skraćuje proizvodni ciklus i samim tim povećava proizvodnost. Izbor odgovarajućeg prostornog rasporeda linije za proizvodnju nugata u velikoj meri utiče na cenu proizvodne linije i količinu gotovog proizvoda. Prema datim podacima možemo zaključiti da treća konfiguracija predstavlja najpovoljnije rešenje. Razlozi su sledeći:

- Kružni raspored mašina ne zahteva veliki prostor
- Tok materijala je kontinualan i unutrašnji transport je minimalni
- Količina gotovog proizvoda koja se proizvede je veća nego kod konfiguracije II zbog toga što je vreme proizvodnog ciklusa manje (nema zadržavanja kod pakovanja u različite ambalaže kao kod konfiguracije II)

## LITERATURA

- [1] Emil Racolta, Vlad Muresan, Livia Ticrea. 2013. New Trend on Halva Production: Dietetic Halva and Nougat. Production Technology and Compositions. Food Science and Technology, Vol 70, Iss 2, Pp 108-113
- [2] Mustafa FatihYegul, Fatih Safa Erenay, Soeren Striepe, Mustafa Yavuz, July 2017. Improving configuration of complex production lines via simulation-based optimization. Computers & Industrial Engineering. Volume 109, Pages 295-312
- [3] Dener Gomes do Nascimento, Giovanni Henrique da Silva. 2017. Automation and efficiency in the operational processes: a case study in a logistics operator. Independent Journal of Management & Production, Vol 8, Iss 5, Pp 614-640
- [4] Müller, C., Grunewald, M., Spengler, T.S. 1 October 2017. Redundant configuration of automated flow lines based on “Industry 4.0”-technologies. Journal of Business Economics, 87(7):877-898
- [5] Pirouz Nourian. 2016. Configraphics: Graph Theoretical Methods for Design and Analysis of Spatial Configurations, Architecture and the Built Environment, Iss 14, Pp 1-348.

## AUTOMATIZATION AND DIGITALIZATION IN AGRICULTURE

Miran Lakota<sup>\*1</sup>, Denis Stajnko<sup>1</sup>, Peter Vindiš<sup>1</sup>, Peter Berk<sup>1</sup>, Damijan Kelc<sup>1</sup>, Jurij Rakun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*University in Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences,  
Pivola 10, 2311 Hoče, R.Slovenia*

### SUMMARY

The fourth industrial revolution, which has begun couple of years ago, covers not only "smart" and interconnected machines and systems. It also coincides with further discoveries in various areas, from determining the genome sequence to nanotechnology and from renewable sources to quantum computing. The correlation between these technologies and their interaction in the physical, digital and biological field is what makes the fourth industrial revolution significantly different from the previous ones. The events should be faster, more extensive and radical, which will require the transformation of entire systems through (and within) countries, businesses, industries and society as a whole. We are already talking about switching from financing innovative projects to Comprehensive Innovation Ecosystems (AKIS). The paper describes some important research work from the field of automatization and digitalization of slovenian agriculture.

**Key words:** precision farming, smart farming, agricultural robotics.

## AUTOMATIZACIJA I DIGITALIZACIJA U POLJOPRIVREDI

Miran Lakota<sup>\*1</sup>, Denis Stajnko<sup>1</sup>, Peter Vindiš<sup>1</sup>, Peter Berk<sup>1</sup>, Damijan Kelc<sup>1</sup>, Jurij Rakun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Univerzitet u Mariboru, Fakultet za poljoprivredu i životne nauke,  
Pivola 10, 2311 Hoče, R.Slovenija*

### SAŽETAK

Četvrta industrijska revolucija, koja je započela pre nekoliko godina, danas pokriva i "pametne" i međusobno povezane mašine i sisteme (u poljoprivredi). Takođe se poklapa sa daljim otkrićima u različitim oblastima, od određivanja sekvenci genoma do nanotehnologije i iz obnovljivih izvora do kvantnog računarstva. Korelacija između navedenih tehnologija i njihove interakcije u fizičkoj, digitalnoj i biološkoj oblasti čini ono što četvrtu industrijsku revoluciju znatno razlikuje od prethodnih. Događaji bi trebali biti brži, opširniji i radikalniji, što zahteva transformaciju čitavih sistema kroz (i u okviru) pojedinih zemalja, biznisa, industrije i kompletнog društva. Danas se već govori o prelasku sa finansiranja Inovativnih projekata (IP) na sveobuhvatne inovativne ekosisteme (AKIS). Rad opisuje danas važne istraživačke radeve iz oblasti automatizacije i digitalizacije poljoprivrede u R. Sloveniji.

**Ključne reči:** precizno farmerstvo, pametna poljoprivreda, roboti u poljoprivredi.

---

\* Kontakt autor. E-mail adresa: miran.lakota@um.si

## INTRODUCTION – PRECISION FARMING

If we want Slovenian agriculture to become more competitive, we need to introduce modern agricultural technologies into our agricultural environment. Modern technology includes satellite navigation, which is intensively used in neighbour developed countries.

The main factors in precision agriculture represent precise guidance, precise sowing, fertilizing and spraying. And with that we get a better realization of plant production. The use of precision agriculture technologies allows us to plan better and analyse the working procedures. In foreign literature there is a lot of researches on this topic. The structure of land in agri - developed countries is completely different than in Slovenia, and the use of RTK (Real Time Kinematic) navigation comes to a different perspective than on our fragmented land. In the task we want to check the actual saving of time and fuel, which consequently influences the reduction of variable production costs.

Faculty of Agriculture and Life Sciences made some very interesting field navigation experiment (Vajda, 2018). In order to save time and money, we have tested various ways of turning the tractor enabled by RTK technology. The purpose is also to determine the human accuracy of driving the tractor in the field and compare it with the use of RTK precision ( $\pm 2\text{cm}$ ). We used tractor Fendt 828, which was equipped with the RTK navigation system. We compared how much fuel and time we saved, and the width of overlap using manual driving. The experiment was conducted on two areas of land size of  $172 \times 58$  meters, and the two working machines wide 3 and 6 meters. When the experiment was done, we saved 15,7% of the time and 8,66 % of the fuel on a working machine of 3 meters wide, and 12,6 % of the time and 8,28% of the fuel on a working machine of 6 meters wide. The width of the overlap represents 10% of the working width of the machine, and with the method of turning, which RTK navigation allows, we saved additional time.

Our findings are consistent with the Hege research (2014). He demonstrated the positive characteristics of RTK autonomous tractor driving in mechanical weed control in the production of onions and spinach.

A reference or base station is indispensable to determine the accuracy of the position less than one meter. This could be your own mobile or permanent reference station owned by an operator and used by several users. A permanently operating reference station is permanently located where there are no disturbing factors, such as large reflecting surfaces or radio transmitters. Since the coordinates of the reference station are precisely determined, the receiver can determine observation corrections from observations and known satellite positions. Through the communication channels (GSM, UMTS, NTRIP), the reference station in the form of standardized records sends such data to mobile receivers in the field, in our case on the tractor. Using the obtained data, the receiver, together with its data from observations or corrections of the reference receiver, determines its precise position in real time. The receiver determines its position by measuring the distances to satellites in the universe, creating a replica of the signal it receives from the satellite, and comparing it with the signal generated in the receiver. Because the signal on the Earth is very weak, special signalling is required. The locally-determined signal receiver delays so long that the cross-fermentation function reaches full alignment with the source signal. Signal is ready for further processing. The receiver decodes the position of satellites. The precise position of the receiver is determined by measuring the distances of the four satellites. The position is determined by the method of the smallest squares between pseudo-satellite distances. More available satellites we have, the better and more precise is the quality of locating the position (GNSS, 2018).

In Slovenian only general theoretical information literature dominates. And that is because this type of technology in Slovenia is new and investment is expensive. Furthermore, the practical data is still too small for the technology to expand. Most information can be found on the websites of authorized dealers or importers. One such website is Geoservis d.o.o., where we can obtain a sufficient amount of data on the operation and usability of GPS in agriculture (GNSS, 2018).

The method of capturing spatial data was first described at the University in Maribor. It was described how to use GPS technology and GPS systems to accurately determine the position in the space, measure the surfaces, ranges and paths, and simultaneously monitor agricultural machines in work tasks. It also provides information on GPS operation, signals, faults, measuring instruments and software Vaukan (2001).

The Global Information System (GPS) was very detailed described by Kašman (2003). He described in detail the composition of GPS, its purpose, accuracy and mistakes. He also devoted much attention to the description of Geographic Information Systems. In the task they monitored the working procedure of ploughing and recorded satellite data with data that were later processed and used for precise calculation of the costs of ploughing. With the help of evidence, a working hypothesis was confirmed that with the aid of the GPS system, we can more accurately assess the costs of ploughing in comparison with the simulation model.

Different GPS systems were compared among each other, differing primarily in their ability to control precision. In the first treatment, a classic manual drive was compared, in the second manual drive in combination with GPS guidance, the third was autonomous driving, and in the last, fourth, autonomous driving with RTK system. The difference between the stated accuracy indicated by the manufacturers and the actual measured accuracy was compared in one experiment in Germany. At first and second treatment, the actual accuracy was worse than stated, namely, the accuracy was indicated for a manual run of 20 cm and the actual one was 22 cm.

In the second treatment, the accuracy was 10 cm and the actual one was 12 cm. For the following two systems, the actual accuracy was better than indicated. In the autonomous run without RTK, the accuracy was 5 cm, the actual 3.5 cm, and the RTK 2 cm and the actual 1.2 cm. In the continuation of this research, the productivity of automatic and manual driving was demonstrated, where productivity was increased by about 8% in automatic driving, which is 0.5 ha per hour (Reckleben, 2010).

At the Universität für Bodenkultur in Austria was made interesting study. Three different systems were used to guide the tractor: manual driving, manual GPS-assisted driving, and automatic driving system. With the working width of 15 m and 3 m, the actual width of the working machine was compared. For a working width of 15 m, the actual working width of the hand-held vehicle was 14.29 m, for GPS assistance and manual driving 14.92 m, and for automatic driving 14.91 m. At a working width of 3 m, the actual working width of the manual drive was 2,775 m, and for GPS assistance and automatic driving 2,906 m. Researchers studied the time needed to process parcels in the size of 3,186 ha. A hand-guided ride was compared to each other, where 29 passes were required to process the plot and 39.38 minutes, of which turning time was 8.4 minutes. With the help of the GPS system and the ring ride, 28 passages were needed, and 34.12 minutes and a turning time of 4.77 minutes. In automatic driving, 28 passes were needed. 36.05 minutes and 6.02 minutes for turning. For manual driving, the average turning time was 13.39 seconds, while using the GPS system was significantly shorter. 13.38 seconds were used on average for the autonomous driving system and 10.61 seconds for the manual hand-held GPS system. Differences in the turning time between the GPS systems were separated due to the longest distance travelled in autonomous driving.

As a matter of interest, at the end of this study, it was stated that with the help of the GPS system, in addition to working area of 5 m, work surface of up to 9 ha can be processed within 12 hours. (Landerl, 2009).

Lopez (2013) showed the savings in manual drive and RTK system in crop production. The savings in the production of silage maize with the GPS system is around 13 € / ha, 22 € / ha of sugarcane, 22 € / ha of sugar beet and 23 € / ha for cereals. The highest hectare savings, 61 € / ha, was in the production of potatoes. They also showed average hectare savings in all the aforementioned crops, except for potatoes. Using an accuracy of 0.30 m, we can save 4-5 € / ha, with an accuracy of 0.15 m 9-12 € / ha and using the RTK system 20-23 € / ha.

The Slovenian national network that goes by the name SIGNAL is the GNSS (Global Navigation Satellite System) network, which is made up of 16 uniformly distributed permanent stations throughout the country. The stations are arranged in such a way that the distance between them is less than 70 km, while the borders of the country complement the stations of the neighbouring countries (5 Austrian, 6 Croatian and 1 Hungarian). Network operation of the SIGNAL is provided by the GNSS Service under the auspices of the National Geodetic Authority at the Geodetic Institute of Slovenia. Access to network data Signal is also possible through the DGPS service provided by Telekom Slovenia. In this way, we can access RTK data via the GSM (Global System for Mobile communications) network where the user needs a GSM-modem connected to a mobile server (Ministry of Environment and Space, 2016).

Geoservis d.o.o. Slovenia is the main manager of permanent GNSS stations (Figure 1), where besides own stations, they also take care of partner stations. In Slovenia there are 7 permanent stations, and 4 additional permanent stations will be installed (GNSS, 2018).

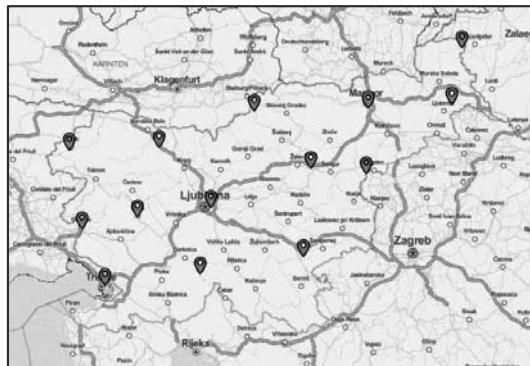


Figure 1: Map stations of the company Geoservis, d.o.o.

## SMART AGRICULTURE

The spectral composition of light reflected from vegetation depends on the condition of vegetation (plant height and canopy density, nutrient supply, water availability, damage due to pests or mechanical factors). This, theoretically, allows a non-destructive evaluation of the physiological and structural condition of the vegetation and to forecast crop yield. Eler&Co present in his study the potential and limitations of multispectral measurements in three field experiments, where relatively simple and less precise measures (vegetation index) to assess the vegetation condition were used. Correlation of vegetation indices with agronomical

relevant vegetation parameters was the highest for the grassland experiment with  $r= 0.67$  between normalized difference vegetation index (NDVI) and yield.

For maize irrigation experiment, he found significant differences between irrigated and non-irrigated area, but it was difficult to estimate the contribution of higher leaf area index and higher concentration of chlorophyll in irrigated areas to these differences. The vegetation index was the lowest in the experiment with winter barley, where only minor correlations with the physiological status of the crop were found, however some variety-specific reflectance of spectra and their interaction with N side dressing was detected during vegetative development (Eler, 2017).

Data acquisition with high resolution multispectral aerial survey in agriculture is increasingly gaining ground. Multispectral aerial photography makes it possible to get enough objective and, above all, up-to-date documents containing information for further use and transition to precise farming. With the obtained data, which we record with the unmanageable. It is possible to provide aircraft with access to information on production conditions, development and real-time healthcare, allowing timely and appropriate response to the actual situation in the fields (Chærle et. al., 2000).

Unmanned aerial systems and related new systems for more precision farming are becoming standard in modern food production. Newer technologies allow faster monitoring and precise plant stress control, soil quality and more accurate assessment of vegetation of cultivated plants. Right interpretation results of high resolution multispectral aerial photography present basis for more precise farming. In order to follow the trend of modern production technologies introduction, the Agricultural Institute of Slovenia purchased unmanned aerial systems with a multispectral camera adapted for agricultural use. The first experimental year with new research equipment showed, enormous potential for further development and research in all agricultural fields. Such equipment allows acquiring new and different kind of data which enable better understanding of plant response to various stressful circumstances (drought, nutrition, weeds), which will allow easier transition into precision farming (Germšek, 2017).

Satellite images with better temporal and spatial resolution are allowing significant progress in the introduction of systems for the timely detection of drought and mitigation of its effects in agriculture. For greater reliability of satellite images interpretation in the initial stage the knowledge of soil water and its spatial variability is necessary. The experiment by Pintar&Co was made at four locations in Prekmurje area, further divided into four plots of 20 m x 20 m ten repetitive measurements of soil - water content in the nine time periods in 2016 were made. The measurements were carried out using a portable TDR probe TRIM FM-1. Variability of measurements within individual plots and between the plots was very similar. The coefficient of variation has reached a value between 0.1 and 0.7 %. Variations in the water content between the plots at a single location were statistically significant in several dates, but only a few have been relevant and reached a value of 5 to 10 vol. %. The amount of water in the soil at the time was as a rule up to 25 vol. %. Due to the low variability, in the following experiment we can reduce the sampling from the current ten to five or six and four or five on the heavy and on light soils, respectively (Pintar, 2017).

On the Faculty of Agriculture and Life Sciences, Department for Biosystems Engineering the main research work in last years was made in the field of autonomous robots in agriculture and specially in the field of machine vision and autonomous orientation in space. One of the goals of this work was to investigate the possibility of using two non-costly 2D LIDAR scanners to reconstruct a 3D scene, instead of using a more expensive multi-channel sensor, by applying an alternative SLAM approach. To test the approach a small field robot

was fitted with two 2D sensors and the tests were conducted in indoor as well as outdoor environment.

An accurate 3D model of an outdoor scene can be used in many different scenarios of precision agriculture, for instance to analyse the silhouette of a tree crown canopy for precision spraying, to count fruit for fruit yield prediction or to simply navigate a vehicle between the plant rows. Instead of using stereovision, limited by the problems of different light intensities, or by using expensive multi-channel 3D range finder (LIDAR scanner), limited by the number of channels, this work investigates the possibility of using two single channel LIDAR scanners mounted on a small robot to allow a real-time 3D object reconstruction of the robot environment. The approach used readings captured by two LIDAR scanners, SICK LMS111 and SICK TiM310, where the first one was scanning horizontally and the second one vertically. In order to correctly map the 3D points of the readings from the vertical sensor into a 3D space, a custom SLAM algorithm based on image registration techniques was used to calculate the new positions of the robot. The approach was tested in an indoor and outdoor environment, proving its accuracy with an error rate of  $0.02 \text{ m} \pm 0.02 \text{ m}$  for vertical and  $-0.01 \text{ m} \pm 0.13 \text{ m}$  for the horizontal plane (Lepej et al., 2017).



Figure 2: Indoor environment – a corridor. The left image depicts a real scene, while image in the centre and on the right depict their representation in 3D space.

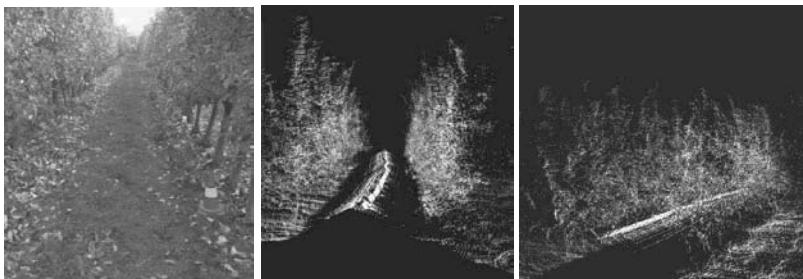


Figure 3: Outdoor environment - apple orchard. The left image depicts a real image, while in the centre and on the right, it shows their representation 3D reconstruction

A 3D map of objects of an environment is useful in many issues of precision agriculture. For instance, it could be used to localise a robot on the field, to prevent it from bumping into obstacles or to plan a trajectory the robot would take to reach its destination (Roh et al., 2013). Next, a 3D model could be used to get information about the plant development (Garrido et al., 2015), to evaluate the shape / density of a tree silhouette for precision spraying application (Wellington, 2012). And finally, a 3D model could even be used to pick

fruits (Dzitac et al., 2012), to measure the size of the trees (Ehlert et al., 2009) or to distinguish weed from maize plants (Andujar et al., 2013).

To make an autonomous field robot it has to include all necessary sensors and logic in order to localise itself, to build a map of the environment and to possibly plan a path it would take to move to a new position. The environment sensing step can be accomplished by using simple ultrasonic or infra-red sensors that produce trivial readings, but if we want to get a more accurate results, more complex sensors should be used, such as cameras, depth cameras, or single/multi-channel LIDAR scanners that produce more detailed results.

Some limitations can be overlooked if we know that the robot will only have to avoid obstacles that are on the ground, where a simple 2D LIDAR can be used to drive between them. The problem is more complex environment, where parts of the objects hang and obstruct the robot. In these cases, it is necessary to build a 3D model of the scene. An example of such approach was described by Ben-Tzvi et al. (2010), where two cameras were used to calculate a depth information by analysing corresponding pixel pairs. The work from (Jung et al. (2014) is based on the use of digital camera and a projector that emits structured light on to the target and depth information is recorded by measuring the intensity of the reflected light. The closer the object is, the bright the colour and vice versa. The sensors with the highest prices at the moment are 3D LIDAR scanners (Roh et al., 2013). They used laser light to measure the distance from the scanner to a point of the scene. In comparison to the ordinary 2D models, the 3D version has multiple channels. This means they take measurements on different planes, but are limited with the number of channels, for instance 16, 32 or 64.

If a 3D LIDAR scanner is used on a field robot it would make possible for such a robot to sense the environment and navigate between the obstacles (Roh et al., 2013). It would be able to detect the crop lines when placed in a field and navigate between them without destroying the plants. Next, it could detect fruits or crops with an intent to then harvest them by focusing on the shapes measured by a 3D depth sensor (Dzitac et al., 2012) or it could record the shape of the tree crown canopy (Wellington, 2012) to adjust the dosage rate of pesticides based on the thickness of the tree crown. If there are no branches, the valves are shut, if there are the valves are open and if there are just a few, the valves are partly open.

It is useful to know the size of fruit or plants. If a fruit producer wants to make a prognosis about the yield of the harvest (Stajnko et al., 2004), he has to know the number and size of fruit. If a forester wants to estimate the biomass (Ehlert et al., 2009) of a tree it has to know its high and diameter or a volume. In all these cases having a 3D model of the scene would be useful and the system like this could be a part of an autonomous farming robot.

One of the most important parts of the software for such a robot would represent a SLAM (simultaneous localisation and mapping) algorithm. The most well-known SLAM algorithms are Gmapping (Grisetti et al., 2005 and 2007) and Hector mapping (Kholbrecker et al., 2013). To localize and create a map of the environment Gmapping relays on the use of Rao-Blackwellized particle filter that minimizes the number of particles to reduce local uncertainty. The approach is optimised for long-range data captured by a LIDAR scanner and therefore suitable for large areas. But in order to work it needs additional data from the robots' odometry.

As tested in a previous work by Lepej et al. (2016), Hector mapping is not proven to be the best choice for outdoor environments due to changing conditions and unstructured pattern of the surrounding objects. Instead, an image analysis-based approach is suggested utilising image registration techniques done in the frequency domain. In comparison to G-mapping the presented approach works without any odometry data.

## CONCLUSION

Technology, Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning will change the game across the entire food system. On farms, AI and machine learning can deliver greater reliability in forecasting, such as weather conditions, pests and fluctuations in commodity prices. Cameras and applications can help detect illnesses, pathogens and weeds in a matter of seconds. Through a smart platform, the consumer can supply fresh and healthy food, and merchants can reduce the amount of discarded food. The consequences are improving general health, disease tracking, etc. ... Of course, we must be aware that achieving food security requires political and economic solutions to issues such as poverty and racial inequality. Innovation must reach the hands of those who need it the most - leaders must provide everyone with accessible, user-friendly and accessible technology. This must be our goal to which we strive. However, the paths that are going to the destination will, as always, be quite different.

## REFERENCES

- [1] Andujar, D., Rueda-Ayala, V., Moreno, H., Rosell, J. R., Escola, A., Valero, C., Gerhards, R., Griepentrog, H. W. (2013): Discriminating crop, weeds and soil surface with a terrestrial LIDAR sensor. Sensors 13 p.14662-14675
- [2] Chaerle, L., Van Der Straeten, D. 2000. Imaging techniques and the early detection of plant stress. Trends in Plant Science 5, 295-500.
- [3] Dzitac, P., Mazid, A. M. 2012. A depth sensor to control pick-and-place robots for fruit packaging, 12th International Conference on Control Automation Robotics & Vision (ICARCV), pp. 949 – 954.
- [4] Eler, K., Turk, B., Čop, J., Lazarevič, B., Vodnik, D. 2017. Multispektralni posnetki visoke prostorske ločljivosti v raziskavah v agronomiji – trije primeri uporabe. SAD, Novi izzivi v agronomiji, Zbornik simpozija, Laško: 258-264.
- [5] Garrido, M.; Paraforsos, D. S.; Reiser, D.; Vazquez Arellano, M.; Griepentrog, H. W.; Valero, C. 2015. 3D Maize Plant Reconstruction Based on Georeferenced Overlapping LiDAR Point Clouds. Remote Sensing 7(12) 17077-17096.
- [6] Germšek, B., Knapič, M. 2017. Uporaba brezpilotnih zrakoplovov v kmetijstvu. SAD, Novi izzivi v agronomiji, Zbornik simpozija, Laško: 252-257.
- [7] GNSS Geoservis. 2018. Retrieved on 18. October 2018 at: <http://www.gnss.si/kako-deluje>
- [8] Gonzalez RC and Woods RE 2001. Digital image processing, 2nd edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- [9] GPS visualiser. 2018. Retrieved on 22. October at: <http://www.gpsvisualizer.com>
- [10] Grisetti, G., Stachniss, C., Burgard, W. 2007. Improved Techniques for Grid Mapping with Rao-Blackwellized Particle Filters, IEEE Transactions in Robotics, Volume 23, pp. 34-46.
- [11] Grisetti, G., Stachniss, C., Burgard, W. 2005. Improving Grid-based SLAM with Rao Blackwellized Particle Filters by Adaptive Proposals and Selective Resampling, Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation.
- [12] Hege, D. 2014. Retrieved on 11 September 2018 at: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/6779.htm>
- [13] Jung, H., Lyou, J. 2014. 3D map building using the kinect mounted on a mobile robot, IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), pp. 604 – 608.

- [14] Kašman, I. 2003. Diplomsko delo - Dokumentiranje in analiza stroškov delovnega postopka z uporabo satelitske navigacije. Univerza v Mariboru.
- [15] Kohlbrecher, S., Meyer, J., Graber, T., Petersen, K., Klingauf, U., Stryk O. 2013. Hector Open Source Modules for Autonomous Mapping and Navigation with Rescue Robots, Department of Computer Science, TU Darmstadt, Germany.
- [16] Landerl, G. 2009. Untersuchungen zum Nutzen und zu Genauigkeiten von GPS-gestützten Parallelfahrsystemen (Lenkhilfe, Lenkasistent und Lenkautomat) bei Traktoren. Wien, Universität für Bodenkultur.
- [17] Lepej, P., Rakun, J. 2016. Simultaneous localisation and mapping in a complex field environment, Biosystems Engineering, Volume 150, pp 160–169.
- [18] Lepej, P., Lakota, M., Rakun J. 2017. Robotic real-time 3D object reconstruction using multiple laser range finders. Advances in Animal Biosciences, Conference on Precision Agriculture (ECPA 2017), John McIntyre Centre, Edinburgh, UK, July, (8), 2: 16–20.
- [19] Lopez, H. 2013. Retrieved on 25. October 2018 at: <https://www.landwirtschaftskammer.de/duesse/rueckblick/pdf/2013-06-19-rentabilitaet-pf.pdf>
- [20] Ministrstvo za okolje in proktor. 2018. Retrieved on 26. October 2018 at: <http://www.gu-signal.si/node/1>
- [21] Pintar, M., Đurič, N., Nedog, M., Kastelec, D. 2017. Preliminarne meritve količine vode v tleh za potrebe interpretacije satelitskih slik. SAD, Novi izzivi v agronomiji, Zbornik simpozija, Laško: 189-195.
- [22] Reckleben, Y. 2010. Vorzüge und Schwachstellen von Lenksystemen in der Landwirtschaft. Fachhochschule Kiel.
- [23] Roh, H.C., Sung, C.H., Chung, M.J. 2013. Rapid SLAM using simple map representation in indoor environment, 19th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, pp. 225 – 229.
- [24] Stajnko, D., Lakota, M., Hocevar, M. 2004. Estimation of number and diameter of apple fruits in an orchard during the growing season by thermal imaging. Computers and Electronics in Agriculture, 42, 31-42.
- [25] Vajda, N., Kelc, D., Vindiš, P., Berk, P., Rakun, J., Stajnko, D., Lakota, M. 2018. Increase of soil tillage efficiency with using of RTK – navigation. 46<sup>th</sup> International Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering" 27<sup>th</sup> February – 2<sup>nd</sup> March 2018, Opatija, Croatia
- [26] Vaukan, T. 2001. Diplomsko delo - Satelitska navigacija kot osnova za geoinformacijske sisteme v kmetijstvu. Univerza v Mariboru.
- [27] Wellington, C., Campoy, J., Khot, L., Ehsani, R. 2012. Orchard tree modeling for advanced sprayer control and automatic tree inventory. In: Proc. IROS Workshop on Agricultural Robotics.

# AKTUELNA ISTRAŽIVANJA I PRIMENA KONVOLUCIJSKIH MREŽA U POLJOPRIVREDI

Ivana Medojević<sup>\*1</sup>, Dragan Marković<sup>1</sup>, Vojislav Simonović<sup>1</sup>,  
Aleksandra Joksimović<sup>1</sup>, Jelena Ilić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Katedra za poljoprivredno mašinstvo, Beograd.

## SAŽETAK

Već dugi niz godina veštačka inteligencija beleži intenzivan razvoj i na taj način stvara se potencijal za stvaranje automatizovanih i intelligentnih industrijskih sistema. U radu će biti opisana tehnologija učenja dubokih mreža, bazirajući se na konvolucijske neuralne mreže (Convolution Neural Networks – CNN) koje se odnose na klasifikaciju slike kao ulaznog podatka. Najveća primena je u oblasti mašinskog vida.

Šira primena dubokog učenja je poprimila veće razmere tek u poslednjih nekoliko godina u mnogim oblastima industrije uključujući i poljoprivrednu. Kako je poljoprivreda širok pojam, u ovom radu će biti predstavljena neka istraživanja u oblasti precizne poljoprivrede, detekcije bolesti poljoprivrednih proizvoda, kako na njivi, tako i u postharvest industriji. Postizanje i održavanje visokih performansi aplikacija zasnovanih na dubokom učenju je upravo mogućnost kontinuiranog ažuriranja modela uporedno sa prikupljanjem veće količine podataka, što omogućava povećanje preciznosti modela.

Rezultati primene dubokog učenja u poljoprivredi daju zavidne rezultate jer mogu da znatno smanje vreme obrade podataka kao i procentat gubitaka dobrog poljoprivrednog proizvoda u više faza prerade.

*Ključne reči:* poljoprivreda, duboko učenje, inspekcija.

## APPLICATION AND ACTUAL RESEARCH OF DEEP LEARNING IN AGRICULTURE

Ivana Medojević<sup>\*1</sup>, Dragan Marković<sup>1</sup>, Vojislav Simonović<sup>1</sup>, Aleksandra Joksimović<sup>1</sup>,  
Jelena Ilić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering,  
Department of Agricultural Engineering

## ABSTRACT

For many years, artificial intelligence has been recording intensive development and thus creating the potential for creating automated and intelligent industrial systems. This paper will describe Deep Learning Technology, based on Convolutional Neural Networks (CNN)

---

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

TR35043 Istraživanje i razvoj opreme i sistema za industrijsku proizvodnju, skladištenje i preradu voća i povrća.

that relate to the classification of the image as an input.. The greatest application is in the field of machine vision. The wider application of deep learning has taken on a larger scale in the last few years in many areas of the industry, including agriculture. As agriculture is a broad term, in this paper will be presented some research in the area of precision agriculture, detection of diseases of agricultural products, both in the field and in the postharvest industry. Achieving and maintaining high-performance applications based on deep learning is precisely the possibility of continuous updating of the model along with the collection of a larger amount of data, which increases the accuracy of the model. The results of applying deep learning in agriculture give enviable results as they can significantly reduce the data processing time as well as the percentage of losses of a good agricultural product in several stages of processing.

**Key words:** *agriculture, deep learning, inspection.*

## UVOD

Mašinsko učenje predstavlja poseban segment nauke o podacima (*eng. Data Science*) gde se računarima daje sposobnost učenja bez eksplisitnog programiranja i predstavlja učenje iskustvom.

Duboko učenje je posebna grana mašinskog učenja. Pokazao se neuporedivno preciznijim i bržim od svih do sada korišćenih algoritama mašinskog učenja usled procesorske i grafičke snage računara koja sada može da ga podrži. Oslanja se na neuronske mreže sa mnogo različitih lejera između ulaznih i izlaznih vrednosti. Konvolucijske mreže su se pojavile počekom 90-tih godina sa radom Le Cun [1] za prepoznavanje ručno pisanih cifara. Dok je interesovanje naglo poraslo 2012. godine sa radom [2] i od tada beleži intenzivno širenje na razne oblasti interesovanja i implementiranje u mnogim industrijama i istraživanjima [3, 4]. Konvolucijske neuralne mreže (CNN) se baziraju na nadgledanom učenju, tj. za trening set ulaznih podataka,  $x$ , poznat je izlaz. CNN se bazira na klasifikaciji ulaznih podataka, tako da izlaz može biti dve ili više klase, obeležavaju se obično sa  $y$ , i to se naziva *eng. Labels*. Kao ulaz mogu biti različite forme podataka kao što su audio snimci, video, slike, podaci za obradu govora i prirodnog jezika [5, 6, 7, 8]. Analiza i obrada slike je naširoko izučavana oblast i predstavljena je raznim analitičkim i eksperimentalnim metodama u cilju detekcije, identifikacije, segmentacije i klasifikacije objekta na slici. Na primer, slika može da pruži kompletan sadržaj poljoprivrednog polja, a analiza može da se bavi različitim izazovima, jedna od njih i detekcija bolesti, inspekcija, sadržaj nutritijenata u zemljištu i sl.

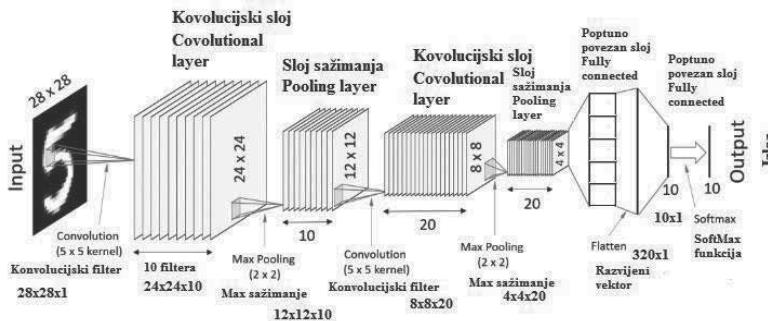
Pametna poljoprivreda je važna za rešavanje različitih izazova tokom poljoprivredne proizvodnje kao što je produktivnost, uticaj na životnu sredinu i održivost. Informacione i komunikacione tehnologije za upravljanje poljoprivrednim poljima i farmama olakšavaju ove zadatke kroz preciznu poljoprivrednu, korišćenjem satelitskih snimaka i uvođenje snimanja dronovima koji predstavljaju nedestruktivni metod prikupljanja podataka. Velika količina podataka zahteva nove tehnologije analize i obrade, skladištenja kao i online procesiranja.

Tehnologija precizne poljoprivrede se koristi za povećanje prinosa, smanjenja troškova i uticaja na životnu sredinu.

Sa potencijalom geoinformacionih sistema i analitičkih mogućnosti, različiti parametri koji imaju uticaja na poljoprivrednu proizvodnju mogu biti analizirani. Za razliku od klasičnih metoda obrade slike koje daju zadovoljavajuće rezultate u poljoprivrednim aplikacijama, duboko učenje se pokazalo još efikasnijim i tačnijim sa nekoliko aspekata koji će biti obrađeni u ovom radu.

## MATERIJAL I METODE RADA

CNN se oslanjaju na arhitekturu klasičnih neuronskih mreža gde se za trening set koriste ulazni podaci u vidu digitalne slike kao prvi sloj i obeležene izlazne klase za ulazne podatke, poslednji sloj. Kod CNN skriveni slojevi su u vidu nekoliko različitih mogućih slojeva: konvolucijski sloj, sloj sažimanja i potpuno povezani slojevi. Veze između ovih slojeva su aktivacijske funkcije, najčešće su: Sigmoid, Tanh, ReLu, SoftMax [2, 9, 10]. Obično se CNN sastoji od nekoliko konvolucijskih slojeva i ReLu aktivacijskom funkcijom, koji su praćeni slojem sažimanja i na kraju se nalaze dva ili više potpuno povezana sloja i za izlazni sloj obično se koristi SoftMax funkcija ukoliko je broj mogućih izlaznih klasa veća od 2. Ukoliko su dve, onda se koristi uglavnom Sigmoid aktivacijska funkcija.



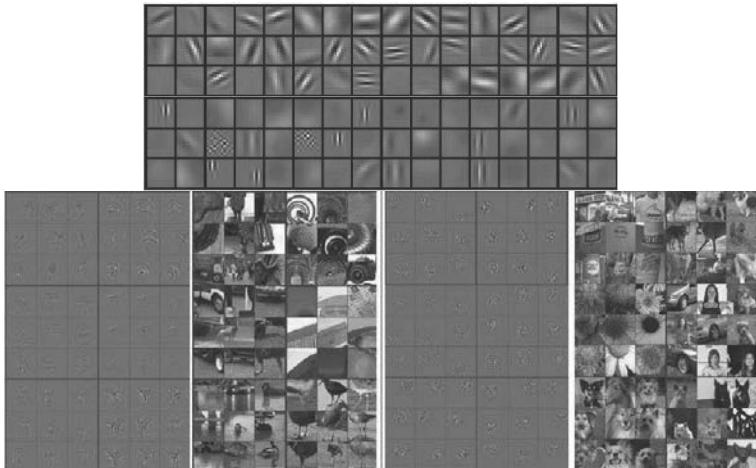
Slika 1. Primer arhitekture CNN mreže sa svim slojevima

Figure 1. Example of CNN architecture with all layers

Računar vidi ulazni podatak (sliku) kao matricu. U zavisnosti da li je slika crno-bela ili u boji, ulazni podatak će biti 1 ili 3 matrice (npr. RGB - tri kanala - crvena, zelena, plava boja). Tako da se ulazni podatak zapisuje u vidu HxWxC (eng. Height, visina; Width, širina; Channels, broj kanala). Kod konvolucijskog sloja koristi se operacija konvolucije, kada se ulazna matrica množi sa drugom matricom tkz. filterom. Još jedan naziv za tu drugu matricu je *kernel* koje se može naći u literaturi. Ipak, ne koristi se originalna operacija konvolucije kao u procesiranju signala iz matematičke literature, gde se filter obrne za 180 stepeni. U dubokom učenju se to ne radi, tačniji naziv bi bio cross-correlation, ali je usvojen termin konvolucija. Konvolucioni filteri se primenjuju na sliku kako bi se izvukle korisne karakteristike. U prvim slojevima su jednostavniji filteri za horizontalne i vertikalne ivice, lukove, boje i slično. U poslednjim slojevima konvolucije se nalaze komplikovaniji filteri. Primeri istreniranih filtera su prikazani na slici 2. Kada kažemo istreniranih, misli se na to da se inicijalno zadaju parametri filtera koji se tokom treniranja ažuriraju, najčešće se koristi backpropagation algoritam. Detaljnije o konvolucijskim filterima, računanjima i funkcionisanju slojeva sažimanja kao i potpuno povezanim slojevima je objašnjeno u radu [11] domaćih autora.

Pravljenje CNN modela zahteva veliku količinu podataka, visoke računarske performanse kao i složene matematičke operacije. Za treniranje ovakvih mreža i generisanje podataka ponekad je potrebno i više dana, čak i nedelja da bi se došlo do visoke tačnosti, zato se u većini novih istraživanja koristi prenosno učenje (eng. Transfer learning) tj, uzima poslednji sloj istrenirane neuronske mreže sa težinskim faktorima koji se za novi set podataka naknadno fino podešavaju. Ipak, u poslednje vreme značajni rezultati su postignuti i sa manjom količinom podataka. Neophodno je napomenuti da je zajednica dubokog učenja

veoma otvorena za deljenje i upotrebu trening podatka i kodova bez eksplisitne dozvole od strane autora što dodatno može da utiče na preciznije izlazne rezultate usled veće količine podataka iz kojih algoritam može da uči.



Slika 2. a) Primer 96 filtera u prvom sloju u AlexNet [2], b) Duboki slojevi [12, 13]  
Figure 2. a) Example of 96 filters in first layer in AlexNet b) Deep layers

Generalni koraci podrazumevaju prikupljanje što većeg broja ulaznih podataka kao i njihovo standardizovanje ili normalizaciju, obeležavanje regionala od interesa, odabir arhitekture ili već istrenirane mreže i izbor platforme za treniranje. Povećanjem broja developera i korisnika u domenu dubokog učenja, povećava se i broj softverskih alata koji se koriste za rešavanje mnogobrojnih problema iz domena mašinskog učenja. Poznati i korišćeni radni okviri (*eng. frameworks*) u dubokom učenju su Caffe, Torch, Theano koji su uglavnom razvijeni u akademskoj zajednici dok se poslednjih par godina javljaju i Caffe2, PyTorch, Tensor Flow, Paddle, CNTK, MXNet... razvijeni od strane industrije kao što je Facebook, Google, Microsoft, Amazon itd. Tako da duboko učenje paralelno razvijaju, dopunjajući i imaju saradnju akademska zajednica i industrija što i jeste imperativ koji konačno dobija prave dimenzije. Konstantno se menjaju trendovi, upotreba i mogućnosti ovih radnih okvira, trenutno se izdvaja Google-ov TensorFlow [14] koji je open source od 2017. godine.

Programski jezik koji se najčešće koristi je Python. Tensor Flow je otvorena Google-ova biblioteka za numeričko računanje upotrebom dijagrama protoka podataka (Data Flow Graph - DFG). U DFG svaki element predstavlja jednu funkciju ili podstistem, aktivnost svakog elementa u lancu zavisi od ulaza prethodnog elementa. Svaki funkcionalni element ili blok pre narednog prenosa može da čeka da primi određenu količinu informacija pre početka procesiranja, takođe je potrebno naredno mesto gde se vrši izlaz rezultata. Tu je i Keras API pisan u Python-u sa mogućnošću izvršavanja povrh Tensor Flow-a.

### Algoritmi za detekciju objekta

Detekcija objekta predstavlja jedan od suštinskih problema kompjuterskog vida [15]. Klasifikacija sa lokalizacijom je izvršavanje dodelje klase i označavanje određenim geometrijskim oblikom objekta na samoj slici. Detekcija je prepoznavanje više istih ili različitih objekata na slici i njihovo označavanje. A segmentacija slike tačno izdvajanje objekata sa slike i klasifikacija. Koraci u detekciji generalno počinju ekstraktovanjem seta

robustnih karakteristika iz ulaznih slika Haar [16], SIFT [17], HOG (18), konvolucijskih karakteratika [19]. Klasifikatori [20, 21, 22, 23] ili lokalizatori [24, 25], mogu biti upotrebljeni za identifikaciju objekata u prostoru odabranih karakteristika. Ovi klasifikatori ili lokalizatori rade na principu kretanja prozora po slici ili na nekom podsetu regiona na slici [26, 27, 28]. Najrasprostranjeniji modeli za detekciju objekta su RCNN (Region + CNN), Fast RCNN [22, 29] i Faster RCNN [29, 30] i Yolo algoritam [15]. RCNN algoritmi imaju jedinu manu a to je sporo izvšavanje detekcije.

## DISKUSIJA

Različiti fizički sistemi su razvijeni u cilju izbegavanja subjektivnosti prilikom analize oragnoleptičkih osobina poljoprivrednih proizvoda koja mogu biti evaluirana vizuelno i/ili sa određenim instrumentima. Konvencionalni instrumenti koji analiziraju npr. boju proizvoda, to rade na malom delu uzorka tako da nisu uvek adekvatni za proizvode koji obično imaju heterogenu površinu. Kao posledica, veštački vizuelni sistemi su razvijeni poslednjih godina u cilju prevazilaženja ovih problema kako bi analiza bila sveobuhvatnija i preciznija uključujući ukupne površine proizvoda tokom vremena prerade [31]. U tom smislu, nedestruktivne tehnologije za procenu kvaliteta poljoprivrednih proizvoda, kao što je mašinski vid. predstavljaju obećavajući alat za kontrolu kvaliteta, ocenjivanje, prebiranje i sortiranje.

Duboko učenje predstavlja obećavajući koncept veštačke inteligencije usled sposobnosti sopstvenog ekstraktovanja karakteristika iz slika i velike preciznosti u oblasti digitalne obrade slike a samim tim i poljoprivrednoj i prehrambenoj industriji u delu kontrole kvaliteta za koji je zadužen mašinski vid. Iako je CNN predviđen za veliku količinu podataka, odlične rezultate postiže i sa manjom količinom ili uvećanjem postojećih podataka različitim tehnikama. U radu [32] je dat pregled 23 rada koji uključuju različite pristupe CNN i arhitekture u izazovima poljoprivredne proizvodnje kao i praktične rezultate primene ovih mreža. Oblasti primene bazirana su na detekciji bolesti listova biljaka, pokrivenosti zemljišta, vlažnosti zemljišta, prepoznavanje biljaka, brojanje plodova i identifikaciju korova. Polovina radova je koristila već istrenirane mreže kao što su AlexNet [2], VGG16[33], GoogLeNet [34] i druge, dok je ostatak kombinovao sa drugim metodama mašinskog učenja kao što je metoda potpornih vektora, linearna i logička regresija i druge. Bitna stavka je da kod skoro polovine ovih radova podaci su bili novi od strane autora, kao i da je manja količina podataka dala odlične rezultate, preciznost preko 90%, neki čak i 99%.

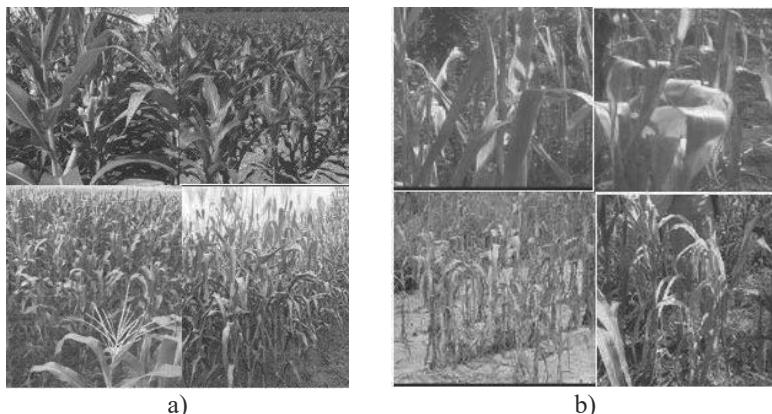
Primena CNN mreže u identifikaciji nedostajuće vegetacije šećerne repe na polju pomoću snimaka drona posebno je prikazan u radu [32]. Korišćena je VGG16 [33] arhitektura istrenirana na ImageNet [2] setu podataka. Dalje je korišćen sopstveni set podataka od 1500 slika veličine 80x80 px i Keras/Theano platforma. U prvoj iteraciji treninga sa 15 epoha, dostignuta je tačnost od 79,2%. Jedan od prvih koraka kada se žele poboljšati performanse modela je ispitati da li su ulazne slike dobro obeležene što je urađeno u ovom slučaju tako da je u sledećoj iteraciji treninga, greška je svedena na svega 6%. Dalja analiza se nije vršila.

Isti autori su iste godine objavili još detaljniji pregledni rad [35] obrađujući dodatnih 17 radova, što je ukupno 40 radova na istu temu primene CNN u poljoprivredi. Dodatno su prikazani primeri primene CNN i u stočnoj industriji predviđajući rast prasadi i pilića na osnovu klimatskih uslova na farmama. Nekoliko obrađenih radova se odnosilo na procenjivanje plodnosti zemljišta, erozije vode, uslova za sušu i slično. Ulazni podaci su bili iz raznovrsnih izvora: od klasičnih digitalnih snimaka kamere do satelitskih snimaka, hiperspektralnih, termalnih i infrared kamera. Kod detekcije bolesti poljoprivrednih biljaka, prvo istraživanje sa primenom CNN sa visokim rezultatima je predstavljeno u radu [36], čiji

je prvi naš autor Srđan Sladojević. Razvijen model može prepoznati 13 različitih bolesti i razlikovati ih od zdravih listova kao i razlikovanje listova biljaka od okoline. Set slika od 30880 je korišćen za trening a 2589 slika za testiranje. Slike su preuzete sa interneta, pretraživanjem po bolestima, imena biljaka iz različitih izvora i na različitim jezicima čiji je broj uvećan različitim tehnikama pojašnjениm i pikazanim u radu. Obeležavanje regionalo od interesa je ručno izvršena i sve slike su svedene na veličinu 256x256px. Platforma Caffe je korišćena kao i istreniran model CaffeNet [37] sa setom naučenih težinskih faktora na velikom setu podataka ImageNet [38]. Poslednji sloj je izmenjen i izlazni softmax sloj je prilagođen predmetnoj studiji sa 15 klasa. Dostignuta preciznost je bila u rasponu od 91-98%. Visoka tačnost modela klasifikacije pozadine omogućila je dobro odvajanje listova biljaka od okoline. Ukupna tačnost modela iznosila je 96,3%.

U radu [39] su korišćene duboke neuronske mreže za prepoznavanje i klasifikaciju slika kukuruza, otkrivanje bolesti biljke, određivanje stope rasta biljke a sve to u cilju optimizacije proizvodnje. Jednostavan model je sposoban da precizno identificuje zdrave listove, pozadinu, nezdrave biljke i mapiranje problematičnih oblasti na farmi, slika 3. Za trening je korišćeno 1918 slika čiji je broj uvećan na 4588 različitim tehnikama kako bi rezultati treninga bili bolji. Za izvlačenje karakteristika korišćena je već istrenirana VGG16 mreža na novim slikama. Prosječna tačnost rezultata na razvijenom modelu je bila 99,58%.

Sa ovako dobrim rezultatima klasifikacije, planovi tretiranja biljaka se lako mogu formulisati u najkraćem roku, poslati autmatizovanoj mašini signal za primenu odgovarajućih mera ili mapirati potrebne tretmane biljaka GPS koordinatama. Ovi rezultati su daleko bolji od prethodno korišćenih tehnika analiziranja slika i pokazuju sposobnost modela da precizno predviđa rešenje tretmana kako bi zemljište jednako bilo plodno a samim tim i optimizovali proizvodnju.



Slika. 3 a) Prikaz zdrave biljke, b) prikaz bolesne biljke [39]

*Figure 3. a) Healthy plants, b) Unhealthy plants[39]*

Većina autora se slaža da uspešna aplikacija CNN zavisi uglavnom od veličine seta i kvaliteta ulaznih podataka koji se koriste za treniranje modela u smislu varijabilnosti između klase i tačnosti označavanja.

## ZAKLJUČAK

CNN predstavlja obećavajuću tehniku sa visokim performansama u smislu preciznosti i tačnosti klasifikacije, što prevazilazi do sada korišćene tehnologije obrade slike. Uspeh modela u velikoj meri zavisi od kvaliteta ulaznih podataka kao i od veličine seta, svakako noviji rezultati sugerisu da se zadovoljavajući rezultati mogu postići i sa manjim brojem uzoraka. Skorašnje povećanje interesovanja za duboko učenje je u velikoj meri rezultat dostupnosti snažnih grafičkih procesora (GPU) koji mogu efikasno da treniraju i izvršavaju algoritme dubokog učenja. To je naučnoj zajednici omogućilo da ubrza istraživanja i primenu u ovoj oblasti i odvelo algoritme do tačke u kojoj po performansama prevazilaze većinu tradicionalnih algoritama mašinskog učenja u nekoliko kategorija. Rezultati primene CNN u ocenjivanju i inspekциji poljoprivrednih proizvoda daju zavidne rezultate jer mogu da znatno smanje vreme obrade podataka kao i procentat gubitaka dobrog poljoprivrednog proizvoda.

Opšta korist od dubokog učenja je ohrabrujuća za dalje istraživanje i primenu u pametnoj i održivoj poljoprivrednoj proizvodnji i sigurnijoj prehrambenoj industriji.

## LITERATURA

- [1] LeCun, Y., Boser, B., Denker, J.S., Henderson, D., Howard, R.E., Hubbard, W., Jackel, L.D.: Backpropagation applied to handwritten zip code recognition. *Neural Comput.* 1(4), 541–551 (1989).
- [2] Krizhevsky, A.; Sutskever, I.; Hinton, G.E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Proceedings of the Advances in Neural Information Processing Systems*, Tahoe City, CA, USA, 3–8 December 2012; pp. 1097–1105.
- [3] Wan J, Wang D, Hoi SC, Wu P, Zhu J, Zhang Y and Li J (2014) Deep learning for content-based image retrieval: a comprehensive study. In *Proceedings of the 22nd ACM International Conference on Multimedia*. New York, USA: ACM, pp. 157–166.
- [4] Najafabadi MM, Villanustre F, Khoshgoftaar TM, Seliya N, Wald R and Muharemagic E (2015) Deep learning applications and challenges in big data analytics. *Journal of Big Data* 2, 1.
- [5] Abdel-Hamid O, Mohamed AR, Jiang H, Deng L, Penn G and Yu D (2014) Convolutional neural networks for speech recognition. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* 22, 1533–1545.
- [6] Karpathy A, Toderici G, Shetty S, Leung T, Sukthankar R and Fei-Fei L (2014) Large-scale video classification with convolutional neural networks. In *Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. Piscataway, NJ, USA: IEEE, pp. 1725–1732.
- [7] Kim Y (2014) Convolutional neural networks for sentence classification. In *Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*. Stroudsburg, PA, USA: Association for Computational Linguistics, pp. 1746–1751.
- [8] Kamaras A and Prenafeta-Boldú FX (2017) Disaster monitoring using unmanned aerial vehicles and deep learning. In *Disaster Management for Resilience and Public Safety Workshop, Proceedings of EnviroInfo 2017*. Luxembourg.
- [9] Dahl, E.G., Sainath, N.T., Hinton, E.G. Improving deep neural networks for LVCSR using rectified linear units and dropout. 2013. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. DOI: 10.1109/ICASSP.2013.6639346
- [10] Agarap, A.F. 2018. Deep Learning using Rectified Linear Units (ReLU). arXiv:1803.08375v1 (pristupljeno 09.10.2018. <https://arxiv.org/pdf/1803.08375.pdf>)

- [11] Dabovic, M., Tartalja, I. 2017. Duboke konvolucijske neuronske mreže – koncepti i aktuelna istraživanja. Zbornik 61. Konferencije za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, ETRAN 2017, At Kladovo, Serbia
- [12] Zeiler, M.D.; Fergus, R. Visualizing and understanding convolutional networks. In Computer Vision–ECCV 2014; Springer: Zurich, Switzerland, 2014; pp. 818–833.
- [13] Stanford University. CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recognition (2016). Available online: <http://cs231n.github.io/transfer-learning/> (accessed on 16 September 2016).
- [14] TensorFlow. <https://www.tensorflow.org>. last visited on 16.09.2018.
- [15] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A. 2015. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection arXiv:1506.02640v5. (pristupljeno 9.10.2018. <https://arxiv.org/abs/1506.02640v5>)
- [16] C. P. Papageorgiou, M. Oren, and T. Poggio. A general framework for object detection. In Computer vision, 1998. sixth international conference on, pages 555–562. IEEE, 1998
- [17] D. G. Lowe. Object recognition from local scale-invariant features. In Computer vision, 1999. The proceedings of the seventh IEEE international conference on, volume 2, pages 1150–1157. Ieee, 1999.
- [18] N. Dalal and B. Triggs. Histograms of oriented gradients for human detection. In Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. CVPR 2005. IEEE Computer Society Conference on, volume 1, pages 886–893. IEEE, 2005.
- [19] J. Donahue, Y. Jia, O. Vinyals, J. Hoffman, N. Zhang, E. Tzeng, and T. Darrell. Decaf: A deep convolutional activation feature for generic visual recognition. arXiv preprint arXiv:1310.1531, 2013.
- [20] P. Viola and M. Jones. Robust real-time object detection. International Journal of Computer Vision, 4:34–47, 2001.
- [21] R. Lienhart and J. Maydt. An extended set of haar-like features for rapid object detection. In Image Processing. 2002. Proceedings. 2002 International Conference on, volume 1, pages I–900. IEEE, 2002.
- [22] R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, and J. Malik. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. In Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2014 IEEE Conference on, pages 580–587. IEEE, 2014.
- [23] P. F. Felzenszwalb, R. B. Girshick, D. McAllester, and D. Ramanan. Object detection with discriminatively trained part based models. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 32(9):1627–1645, 2010.
- [24] M. B. Blaschko and C. H. Lampert. Learning to localize objects with structured output regression. In Computer Vision– ECCV 2008, pages 2–15. Springer, 2008
- [25] P. Sermanet, D. Eigen, X. Zhang, M. Mathieu, R. Fergus, and Y. LeCun. Overfeat: Integrated recognition, localization and detection using convolutional networks. CoRR, abs/1312.6229, 2013.
- [26] J. R. Uijlings, K. E. van de Sande, T. Gevers, and A. W. Smeulders. Selective search for object recognition. International journal of computer vision, 104(2):154–171, 2013.
- [27] S. Gould, T. Gao, and D. Koller. Region-based segmentation and object detection. In Advances in neural information processing systems, pages 655–663, 2009.
- [28] C. L. Zitnick and P. Dollar. Edge boxes: Locating object proposals from edges. In Computer Vision–ECCV 2014, pages 391–405. Springer, 2014.
- [29] I. Sa, Z. Ge, F. Dayoub, B. Upcroft, T. Perez & C. McCool, DeepFruits: A Fruit Detection System Using Deep Neural Networks, Sensors (Basel, Switzerland), Vol. 16(8), pp. 1222-, 2016.

- [30] Ren, S., He, K., Girshick, R., Sun, J. 2016. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. arXiv:1506.01497v3 (Pristupljeno 09.10.2018. <https://arxiv.org/abs/1506.01497>)
- [31] Kang, S.P., Sabarez, H.T. 2009. Simple colour image segmentation of bicolour food products for quality measurement. *Journal of Food Engineering*. 94(1): 21-25
- [32] Kamarilis, A., Prenafeta-Boldú, F.X. 2018. A review of the use of convolutional neural network. *The Journal of Agricultural Science*. DOI: 10.1017/S0021859618000436.
- [33] Simonyan, K., Zisserman, A., 2014. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. <https://arxiv.org/abs/1409.1556>. Pristupljeno 19.08.2018.
- [34] Christian Szegedy, Wei Liu, Yangqing Jia, Pierre Sermanet, Scott Reed, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Vincent Vanhoucke, Andrew Rabinovich. 2014. Going Deeper with Convolutions. arXiv:1409.4842v1 (pristupljeno: 10.10.2018., <https://arxiv.org/abs/1409.4842>).
- [35] Kamarilis,A., Prenafeta-Boldú, F. 2018. Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 147, Pages 70-90.
- [36] S. Sladojevic, M. Arsenovic, A. Anderla, D. Culibrk, and D. Stefanovic. 2016. Deep neural networks based recognition of plant diseases by leaf image classification. *Computational Intelligence and Neuroscience*. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3289801>
- [37] Y. Jia, E. Shelhamer, J. Donahue et al., "Caffe: convolutional architecture for fast feature embedding," in Proceedings of the ACM Conference on Multimedia (MM '14), pp. 675–678, ACM, Orlando, Fla, USA, November 2014.
- [38] D. Jia,W.Dong, R. Socher et al., "ImageNet: a large-scale hierarchical image database," in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '09), pp. 248–255, Miami, Fla, USA, June 2009
- [39] Abdullahi H.S., Sheriff, E.R., Mahieddine Fatima. 2017. Convolutional Neural Network in Precision Agriculture for Plant Image Recognition and Classification. Seventh International Conference on Innovative Computing Technology (INTECH). 16-18 Aug. 2017. IEEE. Luton, UK. DOI: 10.1109/INTECH.2017.8102436

# **ANALIZA UTICAJA TOPLITNE IZOLOVANOSTI SEKCIJE GREJAČA TUNELSKIE KONVEKTIVNE SUŠARE NA POSTIZANJE RADNIH PARAMETARA, ENERGETSKU EFIKASNOST I EKONOMIČNOST**

**Mihailo Milanović<sup>\*1</sup>, Ivan Zlatanović<sup>2</sup>, Mirko Komatina<sup>3</sup>, Milan Dražić<sup>2</sup>, Kosta Gligorević<sup>2</sup>, Nedžad Rudonja<sup>3</sup>, Miloš Pajić<sup>2</sup>, Milovan Živković<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar mašinskog fakulteta*

<sup>2</sup> *Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun*

<sup>3</sup> *Univerzitet u Beogradu – Mašinski fakultet*

## **SAŽETAK**

U radu je objašnjen postupak merenja temperature i određivanja topotnih gubitaka eksperimentalne sušare u cilju povećanja energetske efikasnosti. Merena je spoljašnja temperatura sušare kako bi se utvrdili gubici topote i potencijali za uštedu energije postavljanjem termoizolacije. Eksperimentalna sušara je podeljena u 15 sekacija na kojima je merena površinska temperatura u toku rada sušare pri vrednostima temperature vazduha koji cirkuliše kroz sušaru 50, 60 i 70 °C. Ustanovljeno je da sekcija grejača ima najviše specifične gubitke topote, te da bi se postavljanjem termoizolacije na tom delu sušare postigle značajne uštede energije. Time je opravdano postavljanje termoizolacije na sekciju grejača i povećana energetska efikasnost sušare.

**Ključne reči:** *termoizolacija, grejna sekcija, eksperimentalna sušara, energetska efikasnost.*

## **ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THERMAL INSULATION OF THE HEATER SECTION OF TUNNEL CONVECTIVE DRYER ON WORK PARAMETERS, ENERGY EFFICIENCY AND ECONOMY**

**Mihailo Milanovic <sup>\*1</sup>, Ivan Zlatanovic<sup>2</sup>, Mirko Komatina<sup>3</sup>, Milan Dražić<sup>2</sup>, Kosta Gligorevic<sup>2</sup>, Nedzad Rudonja<sup>3</sup>, Miloš Pajic<sup>2</sup>, Milovan Zivkovic<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Innovation Center*

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

<sup>3</sup> *University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Kraljice Marije 16, Belgrade*

## **ABSTRACT**

The paper presents the procedure for measuring the temperature and determining the heat losses of the experimental dryer in order to increase energy efficiency. The external drying temperature is measured to determine heat losses and potentials for energy savings by installing thermal insulation.

\* Kontakt adresa: [mihailo988@gmail.com](mailto:mihailo988@gmail.com)

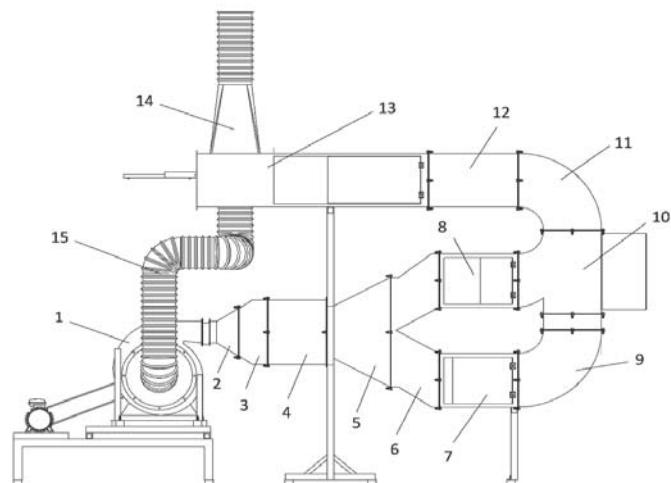
The experimental dryer was divided into 15 sections, and the surface temperatures of the sections were measured during the operation of the dryer at the temperatures of the air circulating through the dryer 50, 60 and 70 oC. It has been found that the section of heaters has the most specific heat losses, and that by installing thermal insulation on that part of the dryer, significant energy savings will be achieved. Thus, it is justified to install thermal insulation on the heaters section and increase the energy efficiency of the dryer.

**Keywords:** *thermal insulation, heating section, experimental dryer, energy efficiency.*

## UVOD

Proces sušenja je jedan od najznačajnijih i energetski najzahtevnijih industrijskih procesa [1]. Zbog toga je energetska efikasnost od izuzetnog značaja prilikom projektovanja i izrade sušara. Kao značajan fenomen, sušenje se proučava i na Poljoprivrednom fakultetu u Zemunu, gde je napravljena eksperimentalna sušara za voće. Na postojećoj eksperimentalnoj instalaciji – sušari, identifikovane su neizolovane sekcije, čijom bi se toplotnom izolacijom povećala energetska efikasnost. Eksperimentalna sušara je prikazana na slici 1, a radi preciznijeg određivanja temperature, tj. gubitaka toplote, podeljena je u 15 sekcija, i to: 1- centrifugalni ventilator ; 2-difuzor ; 3-sekcija pre grejača ; 4- sekcija grejača ; 5-difuzor ; 6- usmerivač vazduha; 7- donja komora; 8-gornja komora; 9- donje koleno; 10- sekcija za sušenje u fluidizovanom sloju 11- gornje koleno; 12- pretkomora; 13- sekcija za sušenje na lesama; 14 – konfuzor ; 15- crevo.

Na postojećoj sušari postoji toplotna izolacija, ali ona nije postavljena na sekcijama 1 (centrifugalni ventilator), 4 (sekcija grejača), 14 (konfuzor) i 15 (crevo). Kako bi se utvrdili tačni gubici toplote na svakoj sekciji i njenog ukupnog učešća u toplotnim gubicima sušare, izvršeno je merenje temperature svih sekcija sušare u tri eksperimenta sa različitim temperaturama vazduha (50, 60 i 70 °C) koji cirkuliše kroz sušaru, a zatim su izračunati gubici toplote na svakoj sekciji. Ustanovljeno je da najveće specifične gubitke, a samim tim i najveći potencijal za smanjenje toplotnih gubitaka ima sekcija grejača sušare.

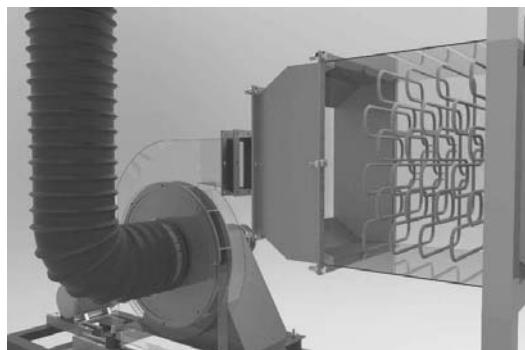


Slika. 1. Eksperimentalna sušara podeljena po sekcijama

Figure 1. Experimental dryer devided by sections

## MATERIJAL I METODE RADA

Eksperimentalna sušara je konstruisana tako da se sušenje materijala vrši toplim vazduhom koji cirkuliše kroz sušaru. Vazduh se potiskuje kroz instalaciju centrifugalnim ventilatorom (sekcija 1), a zagрева u sekciји grejača (sekcija 4). Za zagrevanje vazduha u sušari na raspolaganju su tri grejača snage 600W i šest grejača snage 2000W. Temperatura toplog vazduha koji cirkuliše reguliše se PID termoregulatorom. Za potrebe eksperimenta temperatura vazduha je podešena na tri temperature vazduha - 50, 60 i 70 °C. Eksperimentalna sušara poseduje sistem za recirkulaciju vazduha, koji je smešten u sekciјi 14. Prilikom svih merenja, instalacija je radila u režimu potpune recirkulacije. Merna mesta na svakoj od sekciјa određena su tako da srednja temperatura bude što približnija stvarnoj temperaturi površine sekciјe. U sekciјi grejača smešteno je pomenutih devet električnih grejača, koji su raspoređeni kao što je prikazano na slici 2. Zbog rasporeda grejača, temperatura površine sekciјe grejača nije uniformna, već ona strana sekciјe grejača bliže uključenom grejaču ima višu temperaturu, tako da je na svakoj strani izabrano 9 mernih mesta, kako bi se ustanovila srednja temperatura ove sekciјe. Za sekciјu 1 (ventilator) i sekciјu 15 (crevo) merenje temperature je takođe vršeno na većem broju tačaka zbog nepravilne geometrije ovih sekciјa. Temperature ostalih sekciјa utvrđene su tako što je merena po jedna temperatura na svakoj strani sekciјe izložene okolnom vazduhu, pod pretpostavkom da se temperatura u mernoj tački ne razlikuje značajno od prosečne temperature površine, što je i potvrđeno dodatnim merenjima termovizijском kamerom. Tokom eksperimenata vazduh je cirkulisao u krugu 1-2-3-4-5-6-8-10-11-12-13-15-1, где brojevi predstavljaju brojeve sekciјa. Tok cirkulacije vazduha je izabran zbog činjenice da će se većina eksperimentalnih merenja vršiti u komori 8. Samim tim je sekciјa 8 imala nešto višu temperaturu od sekciјe 7.



Slika 2. Eksperimentalna sušara podeljena po sekciјama

Figure 2. Experimental dryer devided by sections

Korišćeni merni instrumenti za merenje temperature su infracrveni beskontaktni termometar DT8220, opseg merenja -50~220 °C, rezolucije 0,1 °C i tačnosti  $\pm 2\%$  ili 2 °C, infracrveni termometar FLIR TG165 tačnosti +/-1.5% ili 1.5°C, opseg merenja od -25 do 380°C, i rezolucije 0.1°C, i termovizionska kamera FLUKE Ti100, opseg merenja -20 °C do +250 °C, termalne osjetljivosti  $\leq 0.10$  °C na 30°C (100 mK).

Uprkos složenoj problematiци prenošenja količine toplote konvekcijom, ustanovljeno je da je ona proporcionalna razlici temperatura površine preko koje se razmenjuje toplota i

temperature okolnog fluida. Toplotna snaga preneta konvekcijom može se izraziti Njutnovim zakonom konvekcije, čija je matematička interpretacija data izrazom [2]:

$$\dot{Q} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_\infty) \quad (1)$$

, gde je:

$h$  – koeficijent prelaza toplote [ $Wm^{-2}K^{-1}$ ]

$A_s$  – površina preko koje se razmenjuje toplota [ $m^2$ ]

$T_s$  – temperatura površine preko koje se razmenjuje toplota [K]

$T_\infty$  - temperatura okolnog vazduha [K]

Za koeficijent prelaza toplote  $h$  usvojena je vrednost  $h=5 Wm^{-2}K^{-1}$  prema preporukama iz literature [1] za prirodnu konvekciju gasova. Površina svake sekcijske je određena korišćenjem modela sušare u softverskom paketu SolidWorks®. Temperatura okolnog vazduha je usvojena kao konstantna prilikom vršenja merenja i iznosi  $t_\infty = 23,5 ^\circ C$ .

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Eksperiment se sastojao iz dve serije merenja, za tri različite temperature toplog vazduha 50, 60 i  $70 ^\circ C$ , pri sledećim uslovima:

1. Temperatura prostorije  $23.5 ^\circ C$ ;
2. Brzina vazduha kroz sušaru je bila  $3 ms^{-1}$  ;
3. Potpuna recirkulacija vazduha.

Prva serija eksperimenata urađena je na postojećem stanju sušari, Na postojećoj sušari, toplotna izolacija je postavljena na svim sekcijama sem na sekcijama 1 (centrifugalni ventilator), 4 (sekcija grejača), 14 (konfuzor) i 15 (crevo). Izmerene srednje temperature sekcija za prvu seriju merenja prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Zbirno predstavljene temperature sekcija sušare za temperature vazduha 50, 60 i  $70 ^\circ C$  i neizolovanu sekciju grejača

Table 1. Temperatures of the dryer sections for three different air temperatures 50, 60 i  $70 ^\circ C$  for uninsulated heater section

Sek. Tem.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
50°C	34.4	32.2	32.5	41.9	29.9	31.1	28.6	31.5	28.0	31.4	30.7	30.2	30.4	26.6	35.1
60°C	37.4	36.6	36.6	55.2	31.8	33.3	30.3	33.4	30.3	32.7	33.1	32.1	31.9	28.1	39.7
70°C	41.2	37.8	37.0	64.1	36.3	35.9	31.8	36.5	33.4	36.1	35.7	34.1	34.6	28.9	45.2

Poređenjem temperatura površina sekcija prilikom rada sušare, jasno se može konstatovati da je temperatura površine sekcije grejača (sekcija 4) najviša. Dodatno se može zaključiti da se temperatura površine sekcije grejača značajno povećava sa povećanjem temperature vazduha koji cirkuliše kroz sušaru, nego što je slučaj sa temperaturom ostalih sekcija, kao što se može videti sa dijagrama na slici 3.



Slika 3. Zbirni dijagram temperatura po sekcijama za tri temperature vazduha u sušari bez izolacije sekcije grejača

Figure 3. Diagram of the heater section for three different air temperatures, for uninsulated heater section

Za režime 50, 60 i 70 °C izračunati su topotni gubici po sekcijama. Kao što se vidi iz tabele 2, najveći specifični gubici topote javljaju se na sekciji grejača 4, pa je samim tim opravdano da se postavi izolacija na sekciju grejača. Sekcija 15 (crevo), iako ima veće ukupne topotne gubitke od sekcije grejača, ima manje specifične topotne gubitke. Prilikom planiranja postavljanja izolacije mora se uzeti u obzir i cena izloacionog materijala, pa je parametar koji pokazuje ekonomičnost postavljanja izolacije upravo specifični topotni gubici. Kao što je već napomenuto, merenja temperature vršena su pri potpunoj recirkulaciji vazduha u sušari. Eksperimentalna sušara je predviđena da radi i pri drugim režimima (npr. 100% svežeg vazduha), pa gubici topote sekcije creva i ventilatora zavise u značajnoj meri od temperature ulaznog vazduha. S druge strane, gubici topote sekcije grejača zavise od temperature, brzine vazduha i postavljene izolacije, a manje od recirkulacije vazduha.

Tabela 2. Topotni gubici za režime 50, 60 i 70 °C i neizolovanu sekciju grejača  
Table 2. Heat losses for air temperatures 50, 60 i 70 °C for uninsulated heater section

Sekcija	Površina [m <sup>2</sup> ]	$\Delta T - 50$	Topotni gubici [W]	Spec. topotni gubici [W/m <sup>2</sup> ]	$\Delta T - 60$	Topotni gubici [W]	Spec. topotni gubici [W/m <sup>2</sup> ]	$\Delta T - 70$	Topotni gubici [W]	Spec. topotni gubici [W/m <sup>2</sup> ]
1	0.6	10.9	32.7	54.5	13.9	41.6	69.4	17.7	53.1	88.5
2	0.15	8.7	6.5	43.4	13.1	9.8	65.6	14.3	10.7	71.6
3	0.26	9.0	11.7	45.0	13.1	17.0	65.3	13.5	17.5	67.4
4	0.54	18.4	49.6	91.9	31.7	85.5	158.4	40.6	109.5	202.8
5	0.7	6.4	22.4	32.0	8.3	29.0	41.4	12.8	44.8	64.0
6	0.87	7.6	33.0	37.9	9.8	42.8	49.2	12.4	53.9	61.9
7	0.7	5.1	17.9	25.6	6.8	23.9	34.1	8.3	29.0	41.4
8	0.7	8.0	28.0	40.0	9.9	34.7	49.6	13.0	45.3	64.8
9	0.79	4.5	17.8	22.5	6.8	26.8	33.9	9.9	39.2	49.6
10	1.04	7.9	41.0	39.4	9.2	47.6	45.8	12.6	65.6	63.1
11	0.79	7.2	28.5	36.1	9.6	37.7	47.8	12.2	48.1	60.9
12	0.82	6.7	27.4	33.4	8.6	35.1	42.8	10.6	43.4	52.9
13	2.075	6.9	71.3	34.4	8.4	87.4	42.1	11.1	115.5	55.7
14	0.4	3.1	6.2	15.4	4.6	9.1	22.8	5.4	10.9	27.1
15	1.24	11.6	71.9	58.0	16.2	100.1	80.8	21.7	134.5	108.5

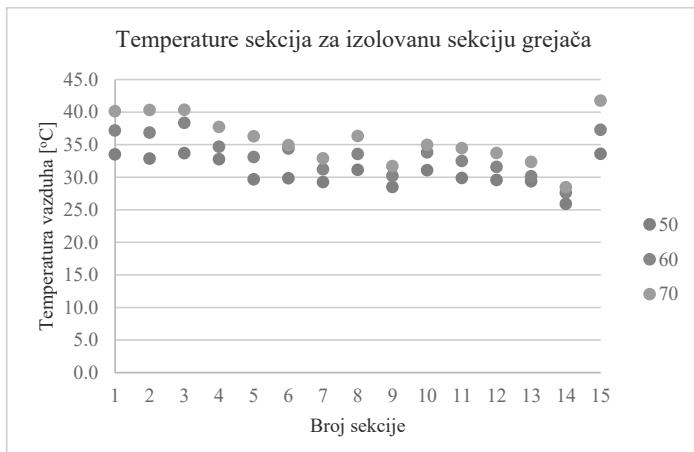
Iz analize temperatura i toplotnih gubitaka jasno se vidi da postoji opravdana potreba da se postavi izolacija na sekciju grejača sušare jer su specifični gubici toplote na toj sekcijsi najveći. U cilju smanjenja gubitaka toplote sa površine sušare, a samim tim povećanja energetske efikasnosti, sekcija grejača je izolovana kamenom vunom debljine 70mm, koeficijenta toplotne provodljivosti  $\lambda = 0,035 Wm^{-1}K^{-1}$ [3]. Kamena vuna je izabrana zbog svojih termofizičkih karakteristika, kao i zbog dostupnosti. Kada je izolacija postavljena, ponovljena su merenja temperatura sekcijsa pri istim režimima kao i za slučaj pre postavljanja izolacije za 50, 60 i 70 °C, što je prikazano u tabeli 3.

Tabela 3. Zbirno predstavljene temperature sekcijsa sušare za temperature vazduha 50, 60 i 70 °C i izolovanu sekcijsu grejača

Table 3. Temperatures of the dryer sections for three different air temperatures 50, 60 i 70 °C for insulated heater section

Sek. Tem.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
50°C	33.5	32.9	33.7	32.7	29.7	29.8	29.3	31.1	28.5	31.1	29.9	29.6	29.4	25.9	33.6
60°C	37.2	36.9	38.4	34.7	33.1	34.4	31.2	33.6	30.2	33.8	32.5	31.6	30.1	27.6	37.3
70°C	40.1	40.3	40.4	37.7	36.3	34.9	32.9	36.3	31.7	35.0	34.5	33.7	32.4	28.5	41.7

Poređenjem temperatara površina sekcijsa nakon postavljanja izolacije, može se zaključiti da je temperatura na površini sekcijsa grejača (sekcija 4) značajno manja u poređenju sa slučajem bez izolacije ove sekcijs. Takođe, temperatura površine sekcijsa grejača povećava se srazmerno sa povećanjem temperature vazduha koji cirkuliše kroz sušaru. Ovo je prikazano na dijagramu na slici 4.



Slika. 4. Zbirni dijagram temperatara po sekcijsama za tri temperature vazduha u sušari sa izolovanom sekcijsom grejača

Figure 4. Diagram of the heater section for three different air temperatures, for insulated heater section

Nakon postavljanja izolacije toplotni gubici na sekcijsi grejača značajno su smanjeni, dok se toplotni gubici ostalih sekcijs mogu smatrati nepromenjenim. U tabeli 4 dat je pregled toplotnih gubitaka, kao i razlika temperatura sekcijsa za slučaj posle izolovanja sekcijsa grejača. Poređenjem temperatura površina sekcijsa nakon postavljanja izolacije, može se

zaključiti da je temperatura na površini sekcije grejača (sekcija 4) značajno manja u poređenju sa slučajem bez izolacije ove sekcije. Takođe, temperatura površine sekcije grejača povećava se srazmerno sa povećanjem temperature vazduha koji cirkuliše kroz sušaru. Ovo je prikazano na dijagramu na slici 4.

Tabela 4. Toplotni gubici za režime 50, 60 i 70 °C i izolovanu sekciju grejača  
Table 4. Heat losses for air temperatures 50, 60 i 70 °C for insulated heater section

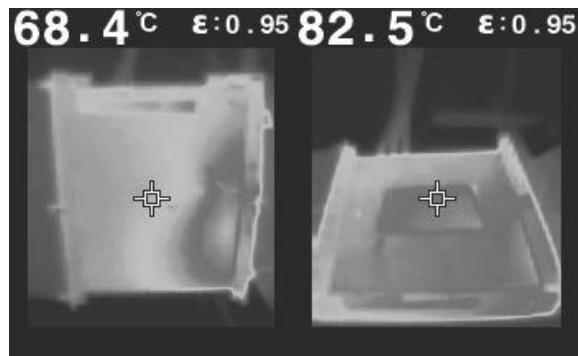
Sekcija	Površina [m <sup>2</sup> ]	ΔT - 50	Toplotni gubici [W]	Spec. toplotni gubici [W/m <sup>2</sup> ]	ΔT - 60	Toplotni gubici [W]	Spec. toplotni gubici [W/m <sup>2</sup> ]	ΔT - 70	Toplotni gubici [W]	Spec. toplotni gubici [W/m <sup>2</sup> ]
1	0.6	10.0	30.0	50.0	13.7	41.0	68.4	16.6	49.9	83.1
2	0.15	9.3	7.0	46.8	13.4	10.0	66.8	16.8	12.6	84.0
3	0.26	10.2	13.2	50.9	14.9	19.3	74.3	16.9	21.9	84.3
4	0.54	9.2	25.0	46.2	11.2	30.2	55.9	14.2	38.4	71.1
5	0.7	6.2	21.6	30.9	9.6	33.6	48.0	12.8	44.7	63.9
6	0.87	6.3	27.5	31.6	10.9	47.3	54.4	11.4	49.7	57.1
7	0.7	5.8	20.1	28.8	7.7	27.0	38.5	9.4	32.9	47.0
8	0.7	7.6	26.7	38.1	10.1	35.2	50.3	12.8	44.9	64.1
9	0.79	5.0	19.8	25.0	6.7	26.5	33.5	8.2	32.4	41.0
10	1.04	7.6	39.3	37.8	10.3	53.6	51.5	11.5	59.6	57.3
11	0.79	6.4	25.2	31.9	9.0	35.5	44.9	11.0	43.3	54.8
12	0.82	6.1	24.9	30.4	8.1	33.1	40.4	10.2	41.8	51.0
13	2.075	5.9	60.9	29.3	6.6	68.8	33.2	8.9	91.8	44.3
14	0.4	2.4	4.8	12.0	4.1	8.3	20.6	5.0	9.9	24.8
15	1.24	10.1	62.5	50.4	13.8	85.3	68.8	18.2	113.1	91.2

Postavljanjem izolacije na sekciju grejača smanjeni su gubici toplote, a takođe je ostvarena i ušteda energije. Ušteda u toplotnoj snazi nakon postavljanja izolacije na sekciju grejača iznosi od 11,72% do 16,33%, što je prikazano u tabeli 5.

Tabela 5. Ušteda u toplotnoj snazi kada se izoluje sekcija grejača sušare za režime 50, 60 i 70 °C  
Table 5. Savings in heat power with insulation of heater section for air temperatures 50, 60 and 70 °C

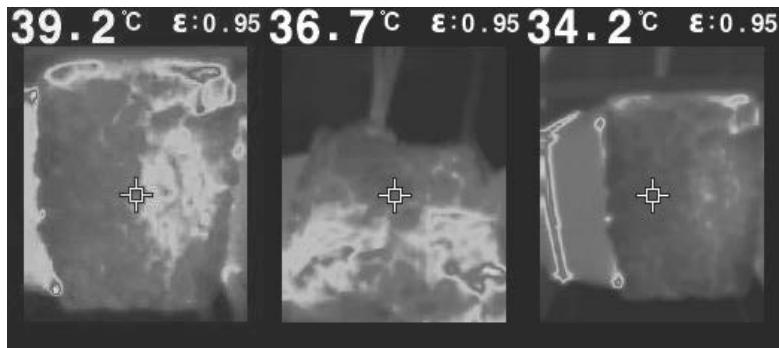
Režim	Ukupni toplotni gubici na instalaciji [W]		
	Bez izolacije sekcije grejača	Sa izolovanom sekcijom grejača	Procentualno smanjenje toplotnih gubitaka [%]
70	820,9	686,8	16,33%
60	628,1	554,5	11,72%
50	465,8	408,5	12,32%

Za što optimalniji odabir mernih mesta sekcije grejača (zbog nehomogenosti temperaturskog polja na površini grejača), kao i za proveru rezultata merenja korišćen je infracrveni termometar FLIR TG165 sa ekransom. Primeri prikaza termovizijskim termometrom dati su za neizolovanu i izolovanu sekciju grejača na slikama 5 i 6.



Slika. 5. Grejač (sekcija 4) za režim 70°C - prikaz termovizijskim termometrom– bez izolacije

*Figure 5. The heater section for air temperature of 70°C, for insulated heater section*



Slika. 4. Grejač (sekcija 4) za režim 70°C - prikaz termovizijskim termometrom– sa izolacijom

*Figure 4. The heater section for air temperature of 70°C, for uninsulated heater section*

## ZAKLJUČAK

Izolovanjem sekcije grejača dovedeno je do značajnih smanjenja gubitaka toplove na eksperimentalnoj instalaciji - sušari. U skladu sa rezultatima merenja temperatura po sekcijama, može se zaključiti da su najveći specifični gubici toplove na sekciji grejača (sekcija 4). Izolovana je sekcija grejača i pri tome je dovedeno do smanjenja gubitaka toplove do 16,33%. Primećeno je da sekcija 15 (crevo) takođe ima potencijala za smanjenje gubitaka toplove, pa je u planu izolovanje i te sekcije sušare.

## LITERATURA

- [1] Dincer, I., Zamfirescu, C., *Drying Phenomena - Theory and Application*, John Wiley & Sons, Ltd., 2016
- [2] Yunus A. Çengel, Afshin J. Ghajar, *Heat and Mass Transfer, Fundamentals and Applications*, McGraw-Hill Education, 2015.
- [3] Kozić, Đ., Vasiljević, B., Bekavac, V., *Priručnik za Termodinamiku u Jedinicama SI, petnaesto izdanje*, Mašinski fakultet Beograd, 2008.

# EKPLOATACIONI PARAMETRI KOMBAJNA CLAAS LEXION 430 U USLOVIMA UBIRANJA SOJE

Rajko M. Miodragović<sup>1</sup>, Zoran I. Mileusnić<sup>1</sup>,  
Nebojša M. Balac<sup>1\*</sup>, Marija Milovanović<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet-student master akademskih studija

## SAŽETAK

Soja spada u najvažnije ratarske biljke. Od nje se dobijaju proizvodi za ishranu ljudi i domaćih životinja i za preradu u industriji. Ona je važan izvor belančevina i ulja. Seme soje sadrži više proteina (35- 50%) i masti (17- 24%), a manje ugljenih hidrata od ostalih mahunastih biljaka.

Nakon istraživanja, kombajn Claas Lexion 430 u žetvi merkantilne soje imao je gubitke u neodreznim mahunama u svim merenjima iznad tolerantnih 2%. Ovi gubici su bili u granicama od 2,46 % - 2,94 %.

Na vršalici gubici u slobodnom zrnu su varirali od 0,18 % - 0,34 % u proseku 0,26%, što je zadovoljavajuće u odnosu na zadatih 0,3 %. Prosečni gubici u neovršenim mahunama su 0,35 %, što je više od projektovanog nivoa, ali se za uslove ubiranja mogu prihvati kao zadovoljavajući, iz razloga značajno zakorovljenosti parcele.

*Ključne reči:* kombajn, soja, gubici, produktivnost.

## RESEARCH OF CLAAS LEXION 430 HARVESTER EXPLOITATION IN SOYA HARVEST

Rajko M. Miodragović<sup>1</sup>, Zoran I. Mileusnić<sup>1</sup>,  
Nebojša M. Balać<sup>1</sup>, Marija Milovanović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun,

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun, student of Master academic studies

## ABSTRACT

Soya is one of the most important crop plant. It produces products for human and domestic animals and processing industry. It is an important protein and oil plant. The soybean seeds contain more proteins and (35-50%) and fats (17-24%) and fewer carbohydrates than other leguminous plants.

Research of the Claas Lexion 430 combine harvester in a mercantile soybeans harvest shown that losses in uncut pods were in all measurements above tolerant 2% and ranged from 2.46% to 2.94%.

---

\* Kontakt autor. E-mail adresa:[nebojsa.balac@agrif.bg.ac.rs](mailto:nebojsa.balac@agrif.bg.ac.rs).

Losses on the thresher in the free grain were ranged from 0.18% - 0.34% on average to 0.26%, which is satisfactory in relation to the given 0.3%. The proximal losses in the unthreshed pods are 0.35%, which is more than the projected level, but for the conditions of harvesting it can be accepted as satisfactory, due to the large percentage of weeds in the field.

**Key words:** harvester, soya, losses, productivity.

## UVOD

Soja je specifičan usev čije se najniže mahune, u zavisnosti od sorte, nalaze na visini od 0-8 ili 8-21 cm nad zemljom. Pri ubiranju kombajnima sorata sa niskim mahunama, gubici se mogu kretati i do 20% prinosa. Kod sorata sa visokim mahunama ovi gubici se kreću oko 6%, od čega oko  $\frac{1}{2}$  odlazi na heder, a  $\frac{1}{2}$  na vršalicu.

Kod sorti sa većom količinom biljne mase povećavaju se gubici na vršalicu, pa je preporučljivo da se usev prethodno tretira sredstvima za brže sušenje. Gubici na hederu uglavnom nastaju radom vitla, kao i u odrezanim i neodrezanim mahunama.[4]

Na osnovu nezvaničnih podataka poslovnog udruženja "Industrijsko bilje", površina soje u Srbiji iznosila je 230.000 ha u 2017. godini, sa prosečnim prinosom od 1,5 t / ha [1].

Žetva soje se obavlja u tehnološkoj ili tehničkoj zrelosti koja nastaje uobičajeno 7-14 dana posle fiziološke zrelosti. Sušenje mahuna soje je pasivan proces, jer je biljka već odumrla, i brzina sušenja prvenstveno zavisi od vremenskih uslova, odnosno temperature i padavina. Zbog slabljenja veze između biljke i semena, tokom sušenja dolazi do gubitaka semena u polju, a takođe se oni povećavaju i u momentu žetve, što se posebno potencira pri kašnjenju sa žetvom. Znači da ostvareni prinos u polju može biti znatno umanjen zbog žetvenih gubitaka koji dostižu i do 20 % od biološkog pronašta, pa je žetva veoma važna mera u procesu proizvodnje soje. Sa žetvom treba početi kada je sadržaj vode u semenu 13-14%, mada može i ranije, no tada je neophodno dosušivanje, dok se pri kasnijoj žetvi povećavaju gubici i smanjuje kvalitet semena soje. Žetveni gubici i oštećenje semena su minimalni pri vlazi od 12-15%[3].

Pravilnim izborom odgovarajuće brzine kretanja mogu se postići značajne uštede goriva i energije [2].

Povećanjem brzine kretanja u radu do određene granice koja je limitirana snagom /kombajna, povećava se časovna potrošnja goriva, ali se postiže veći učinak, pa je ukupna potrošnja goriva i energije po jedinici površine manja, a postiže se i ušteda u efektivnom vremenu rada [5].

## MATERIJAL I METODE RADA

Ogled je izведен 2017.godine na parcelama Instituta za kukuruz "Zemun Polje" Zemun polje - Beograd. Proizvodne parcele VII i VIII na kojima je urađeno istraživanje nalaze se u blizini ekonomskog dvorišta Instituta. Temperatura vazduha u toku ispitivanja kretala se od 12°C (jutarnji sati) do 16°C u toku dana. Vlažnost vazduha se kretala od 88% (jutarnji sati) do 77% u toku dana.

Ispitivanje kombajna je izvršeno u merkantilnoj soji, pri čemu su evidentirani pokazatelji koji su od bitnog značaja za proces ubiranja:

- sorta soje - Laura ( hibrid – Zemun Polje)
- sklop biljaka u žetvi - 392000 biljaka/ha

- međuredno rastojanje - 50 cm
- rastojanje u redu - prosečno - 5,1 cm
- prinos zrna - prosečno – 1.556 kg/ha
- vlažnost zrna - prosečno 16,15%
- broj mahuna po biljci - 48 kom
- visina biljaka - 92 cm
- stabiljike uspravne

U vreme ogleda kombajn "Claas Lexion 430" je radio sa parametrima :

- brzina kretanja kombajna: 6 km/h
- broj obrtaja motora kombajna: 2100 o/min
- broj obrtaja bubenja: 410 o/min
- zazor podbubnja na ulazu: 25 mm
- broj obrtaja ventilatora: 1300 o/min
- sita, gornja otvorenost: 15 mm
- sita, donja otvorenost: 10 mm

U ispitivanjima su korišćeni: hronometar, merna traka, trasirke, merno platno, platneno crevo, koš i vaga . Za svaki ispitivani parametar uzeti su odgovarajući uzorci u tri ili više ponavljanja.

Da bi se mogla dati ocena o uspešnosti ubiranja soje definisati su svi gubici i određena je maksimalna vrednost istih u datim uslovima. Predhodno su prvo utvrđeni gubici, koji čine gubitke u slobodnom (opalom) zrnu i gubitke zrna u otpalim mahunama.

Gubici na hederu utvrđuju se sakupljanjem otpalih, odrezanih i uzorci iz neovršenih mahuna zrna sa  $1m^2$ .

Utvrđivanje gubitaka na vršalici i slamotresu vrši se metodom „brzog utvrđivanja gubitaka“ pomoću specijalnih sudova. Posuda se postavlja između prednjih i zadnjih točkova kombajna. U nju upadaju svi žetveni ostaci koji pređu preko sita i slamotresa. Merenjem dobijene mase utvrđuje se visina gubitaka na  $1m^2$ , a množenjem sa 10.000 količina gubitaka na 1ha.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Gubici hedera utvrđeni su u 3 ponavljanja, u različitim vremenskim intervalima u toku dana u 11 h, 14 h i 16 h, uzimanjem slobodnog zrna, zrna iz odrezanih mahuna i zrna iz neodrezanih mahuna. Zabeleženi gubici na hederu prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Gubici na hederu  
*Table 1. Header losses*

Gubici Losses	I	II	III	% Gubitaka % Losses
Slobodno zrno Free grain	0,18	0,22	0,16	0,19
Zrno iz odrezanih a palih mahuna Grain from cuted and droped pods	0,24	0,26	0,22	0,24
Zrno iz neodrezanih mahuna Grain from uncuted pods	2,46	2,82	2,94	2,72
Uupno Total	2,88	3,30	3,32	/

Gubici na vršalici i slamotresu određeni su zbirnom metodom „brzog utvrđivanja“. Uzorci su su uzimani u više navrata u toku radnog dana.

Zbog specifičnosti (oblik i masa zrna soje) ovi gubici su znatno niži od gubitaka u ubiranju strnih kultura, ali ipak postoje.

Tabela 2. Gubici na vršalici i slamotresu  
Table 2. Threshing system and straw walker losses

Gubici Losses	I	II	III	IV	V	% gubitaka % losses
Slobodno zrno Free grain	0,20	0,24	0,16	0,18	0,34	0,26
Zrna iz neovršenih mahuna Grains from unthreshed pods	0,42	0,38	0,26	0,26	0,42	0,35
Ukupno Total	0,62	0,62	0,42	0,44	0,76	0,57

Sa aspekta oštećenja i čistoće zrna iz većeg broja uzoraka i analizom dobijeni su rezultati:

- Cela zrna 94 - 98,2 %
- Napukla zrna 0,6 - 1,4 %
- Polomljena zrna 0,8 - 3,2 %
- Biološke nečistoće 1,1 - 3,1 %
- Mehaničke nečistoće 0,1 - 0,4 %

Snimanjem i praćenjem rada na parceli ustanovljeno je:

- Koeficijent iskorišćenja širine radnog zahvata iznosio je 0,78. Uzrok ovome je neadekvatno određivanje širine zagona, pa se dešavalo da u zadnjem prohodu kombajn zahvati 40% širine zahvata hedera;
- Koeficijent punjenja bunkera iznosio je 0,86%, a razlog je neujednačen prinos soje i zakoravljenost, te se kombajn morao prazniti i sa 80% napunjениm bunkerom;
- Vreme pražnjenja bunkera od 3,8 min. u odnosu na projektovanih 3 min. je nastalo usled nepravilno raspoređenih transportnih sredstava;
- Zbog zakoravljenosti varirala je i brzina kretanja kombajna od 3,5 km/h do 8,6 km/h;
- 24 min. utrošeno je na odgušivanje elevatora i aparata za vršidbu.
- Kombajn „Claas Lexion 430“ utrošio je 15,2 l/ha pogonskog goriva.

Na dan ispitivanja nije ostvaren projektovani dnevni učinak od 17 ha, već učinak od 14,20 ha, što je utvrđeno na kraju radnog vremena merenjem požnjevene površine.

Upoređivanjem ostvarenih rezultata sa projektovanim može se zaključiti da postavljeni zadaci nisu izvršeni u potpunosti u pogledu visine gubitaka, kvaliteta ovršenog zrna i eksploracionih pokazatelja. Ovome je doprinelo veliko prisustvo korova na parceli.

Gubici hedera izraženi u slobodnom zrnu i zrnu iz otpalih mahuna bili u okviru zadatih granica, dok sugubici u neodrezanim mahunama u svim merenjima bili iznad tolerantnih 2%, a kretali su se u granicama od 2,46 % - 2,94 %.

Gubici na vršalici u slobodnom zrnu su varirali od 0,18% - 0,34 % u proseku 0,26 %, što je zadovoljavajuće u odnosu na zadatih 0,3 %. Prosečni gubici u neovršenim mahunama su 0,35 %, što je više od projektovanog nivoa, ali se za uslove ubiranja mogu prihvatiti kao zadovoljavajući.

## ZAKLJUČAK

Upoređivanjem ostvarenih rezultata sa projektovanim zadatkom može se zaključiti da postavljeni zadaci nisu izvršeni u potpunosti u pogledu visine gubitaka, kvaliteta ovršenog zrna i eksplotacionih pokazatelja. Ovome je doprinelo veliko prisustvo korova na parceli.

Gubici hedera izraženi u slobodnom zrnu i zrnu iz otpalih mahuna bili su u okviru zadatih granica. Gubici u neodrezanim mahunama su u svim merenjima bili iznad tolerantnih 2%, gde se za uzročnik problema može potražiti u žitnom hederu kombajna, koji nije imao mogućnost prilagođavanja terenu (fleksibilni hederski sto) te je stoga visina reza biljaka bila nešto veća, a samim tim mahune koje su se nalazile niže na biljeći nisu bile odrezane.

Eksplotaciono podešavanje vršidbenih organa je bilo zadovoljavajuće, pa su gubici u slobodnom zrnu varirali od 0,18 % - 0,34 %, u proseku 0,26 %.

Gubici u neovršenim mahunama su bili 0,35 %, što je više od projektovanog nivoa, ali usled veće koncentracije korovske vegetacije u usevu soje, mogu se prihvati kao zadovoljavajući.

Opšte mišljenje je da na mestima gde je korov bio prisutniji, kvalitet rada kombajna u svakom pogledu je bio lošiji uz manji eksplatacionali učinak.

## LITERATURA

- [1] Đukić, V., Miladinov, Zlatica, Balešević-Tubić, Svetlana, Miladinović, J., Đorđević, V., Valan, Dragana, Petrović, Kristina (2018): Critical moments in soybean production, Proceedings of the 52nd Conference of Agronomists and Farmers of Serbia (SAPS) and 1. Counseling of Agronomists of the Republic of Serbia and the Republic of Srpska, Zlatibor, 21-27. January 2018. Publisher Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, 34-44. ISBN:978-86-80417-78-3
- [2] Filipović, D., Piria, I. (1987). Mogućnosti uštede energije u obradi tla. Zbornik radova sa savetovanja- Aktuelni zadaci mehanizacije poljoprivrede, 2. deo, Zadar, 457-461.
- [3] Miladinović, J. (2012). Vodič za organsku proizvodnju soje, GIZ-Nemačka organizacija za internacionalnu saradnju GmbH ; Novi Sad : Institut za ratarstvo i povrtarstvo,
- [4] Milovanović, M. (2018). Eksplotacioni parametri kombajna Claas Lexion 430 u uslovima ubiranja soje, diplomski rad, Zemun - Beograd.
- [5] Pajić, M., Miodragović, R., Mileusnić, Z., Gligorević, K., Dražić, M., Balać, N., Pajić, M., Ožegović, M. (2016). Eksploataciona istraživanja rada kombajna New Holland CR8070 u žetvi merkantilnog kukuruza. Zbornik radova, 18. naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem „Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede“. Poljoprivredni fakultet Beograd, 102-107. ISBN: 978-86-7834-262-2

# **VERTIKALNE FARME - BUDUĆNOST SISTEMA PROIZVODNJE POLJOPRIVREDNIH KULTURA ZA POTREBE MEGA GRADOVA**

**Mićo V. Oljača<sup>\*1</sup>, Snežana I. Oljača<sup>1</sup>, Kosta Gligorević<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>,  
Aleksandra Dimitrijević<sup>1</sup>, Jasmina M. Oljača<sup>1</sup>, Milan Dražić<sup>1</sup>, László Mágó<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet Beograd-Zemun*

<sup>2</sup> *Szent István Univerzitét, Mašinski Fakultet, Gödöllő, R.Mađarska*

## **SAŽETAK**

Neprekidni trendovi povećanja broja stanovnika u Svetu, urbanizacija, stalno smanjenje količina kvalitetne vode i kontinuirane klimatske promene, doprineli su smanjenju površina obradivog zemljišta po osobi. Kako se smanjuju resursi za poljoprivredu, kreatori društvenih kretanja i politike se suočavaju sa izazovom održivosti i ishranom brzo rastućeg svetskog stanovništva, koji se projektuje na približno 9,70 milijardi ljudi u 2050. godini.

Jedno od rešenja za poboljšanje proizvodnje poljoprivrednih proizvoda i hrane u budućnosti (količina, obim, raznovrsnost, vreme isporuke, transport i slično) je moguće u urbanim sredinama (mega gradovi) sistemom vertikalne poljoprivrede koja uključuje mnogo veće korišćenje tehnologije i automatskih procesa u optimizaciji korišćenja jedne površine zemljišta. Strategija sistema vertikalne farme ima za cilj da značajno poveća produktivnost i smanji uticaj na životnu sredinu u okviru urbanih sredina, zatvorenih zgrada u nekim delovima Svetog. Istraživanja i literatura, potvrđuju da takvi objekti nude mnoge potencijalne prednosti kao čist i zeleni izvor hrane, uz biološku sigurnost, manje i kontrolisane pojave štetočina, suše i smanjenu upotrebu transporta i fosilnih goriva. Danas su aktuelna istraživanja fenomena vertikalne poljoprivrede. Studije i ažuriranja ove teme dolaze u više oblika: akademski naučni radovi, profesionalni izveštaje, članci, vesti, i www lokacije, što je prikazano referencama. U ovom radu, prikazane su procene osnovnih osobina vertikalnih farmi sa potencijalnim prednostima i nedostacima.

**Ključne reči:** *vertikalna poljoprivreda, urbana poljoprivreda, prednosti, nedostaci, optimizacija.*

## **VERTICAL FARMING - THE FUTURE OF THE SYSTEM OF PRODUCTION AGRICULTURAL CULTURE FOR THE NEEDS OF MEGA CITIES**

**Mićo V. Oljača<sup>1</sup>, Snežana I. Oljača<sup>1</sup>, Kosta Gligorević<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>,  
Aleksandra Dimitrijević<sup>1</sup>, Jasmina M. Oljača<sup>1</sup>, Milan Dražić<sup>1</sup>, László Mágó<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun, R. Serbia*

<sup>2</sup> *Szent István University, Faculty of Mechanical Engineering, Gödöllő, Hungary*

\* Kontakt autor. E-mail adresa: [omico@agrif.bg.ac.rs](mailto:omico@agrif.bg.ac.rs). Rezultati istraživanja u ovom radu su deo projekta TR 310 51: *Unapređenje biotehnoloških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda*, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Republika Srbija.

## ABSTRACT

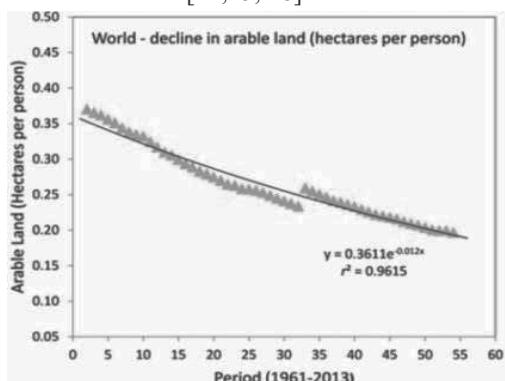
Continuous trends in the increase in the number of inhabitants in the World, urbanization, continuous reduction of quality water and continuous climate change, contributed to the reduction of arable land per person. As resources are reduced for agriculture, the creators of social movements and politics face the challenge of sustainability and nutrition of the fast-growing world population, projected to approximately 9,70 billion people in 2050.

One of the solutions for improving the production of agricultural products and food in the future (quantity, volume, diversity, delivery time, transport and the like) are possible in urban areas (mega cities) with a vertical farming system that involves much greater use of technology and automated processes in optimizing the use of one area of land. The strategy of vertical farming systems aims to significantly increase productivity and reduce environmental impacts within urban, closed buildings in some parts of the world. Research and references confirm that such facilities offer many potential advantages as a clean and green food source, with biological safety, less and controlled pest, drought and reduced use of transport and fossil fuels. Today there are ongoing research on the phenomenon of vertical agriculture. Studies and updates on this topic come in a variety of forms, academic science papers, professional reports, articles, news, and www sites, as shown by references. In this paper, estimates are presented with the potential basic properties advantages and disadvantages of vertical farms.

**Keywords:** vertical agriculture, urban agriculture, optimization.

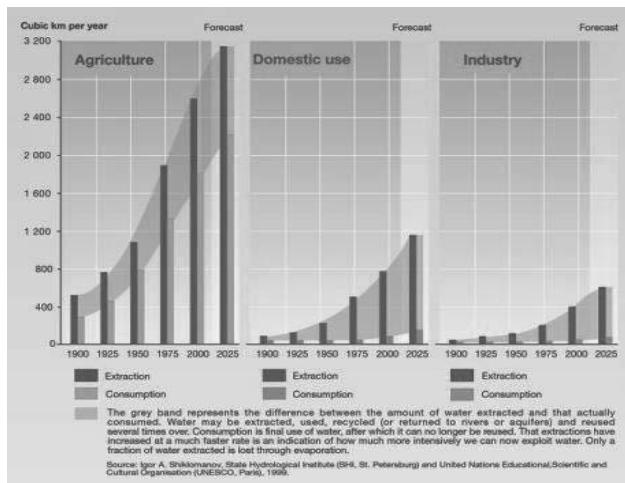
## UVOD

Demografi duži vremenski period predviđaju masivnu urbanizaciju metropola u Svetu. Prema podacima OUN, do 2050. godine, 80% stanovništva će živeti u urbanim sredinama, a gradovi približne veličine kao New York City, USA gradiće se svake godine, do 2050. [5,6,7]. Prema mnogim Autorima [1-31] postojeći globalni problem je dugoročno smanjenje površina poljoprivrednog zemljišta po glavi stanovnika u Svetu. Statistički izveštaji [9, 10] o budućem rastu svetske populacije (OUN/FAO, 2016) pokazuju da se površina obradivog zemljišta po osobi konstantno smanjuje idući prema 2050. godini. To je danas samo 1/3 iznosa površina zemljišta dostupnih poljoprivredi iz 1970. godine, prema podacima FAO iz 2016. godine [14,15]. Predviđeno je da smanjenje obradivih površina zemljišta bude nastavljeno usled efekata klimatskih promena, sve većeg geografskog obima pojave suvih zemljišta (nedostatak vode), smanjenja snabdevanja vodama dobrog kvaliteta i porasta broja stanovnika Sveta [14,15, 18].



Slika 1. Trend promene zaliha površina obradivog zemljišta (ha/osoba) u Svetu, [14, 15].

Figure 1. Trend line of change in the area of Arable Land (ha /person) and the amount in the World, [14, 15].



Slika 2. Promene zaliha količina potrošene vode  $\text{km}^3/\text{godini}$  (poljoprivreda, domaćinstva, industrija, ) u Svetu, [14, 15].

Figure 2. Changes amount of water consumed in the World (agriculture, households, industry,  $\text{km}^3 / \text{year}$ ), [14, 15].

Trend linija (slika 1.) pokazuje i znači da planeta Zemlja nema dovoljno poljoprivrednih površina da proizvede hranu (poljoprivredne sirovine) za sve veći broj ljudi [14, 15]. A slična je situacija i sa vodom [14, 15]. Lista istaknutih opasnosti i pretnji budućem pristupačnom obradivom zemljištu, takođe uključuje: klimatske promene, opadanje proizvodnje u ribarstvu (sa izazivanjem većeg obima potražnje hrane iz poljoprivrede), povećanje procesa urbanizacije, povećanje troškova agrobiznisa (npr. đubriva, goriva, pesticida), brzo povećanje broja stanovnika, smanjenje poljoprivrednih i degradacija površina zemljišta zbog preterane proizvodnje i loše proizvodne prakse u poljoprivredi, i povećanje potrošnje kvalitetne vode (slike 1. i 2.). Interesovanje za vertikalno uzgajanje poljoprivrednih kultura (eng. *vertical farming*) dobilo je na značaju posle objavljivanja knjige: *Vertikalne farme: Ishrana Sveta u XXI veku*, gde Autor [11], tvrdi da se prednosti gajanja biljaka u staklenicima u velikoj meri mogu povećati izgradnjom visokih zgrada (velike vertikalne površine) u urbanim sredinama (mega gradovi).

Procenjuje se da će do 2050. godine približno 33 % stanovnika Zemlje živeti u gradovima, odnosno kako će sadašnja populacija biti povećana za skoro 3 milijarde ljudi. Da bi se omogućio što brži i efikasniji proizvodnja, kao i transport većih količina hrane do potrošača, naučnici rešenje vide u vertikalnim farmama.

Savremeni koncept vertikalnih farmi potiče od mikrobiologa Prof. dr Dickson Despommier [11,12,13], koji je razmišljajući o mogućem rešenju za nerazumnu eksploraciju plodnog zemljišta i prekomerno krčenje šuma došao do ideje: da se hrana gaji u urbanim sredinama, u/na zgradama, i to bez korišćenja zemljišta kao podloge

U kategoriji proizvodnje hrane ovakve pilot farme danas su u raznim oblicima postavljene u gradovima Sveta: Singapur, London, New York, Toronto, i Tokio. Konkretno, Kina, Japan i Izrael danas posvećuju ozbiljne resurse poljoprivredi u zatvorenom prostoru zbog pitanja koja se odnose na klimu, zagađenje i oštećenje zemljišta, vodeći urbanizaciju. U Svetu ima mnogo institucija koje imaju postavljene vertikalne farme za proizvodnju različitih proizvoda namenjenih tržištu. Pregled ovakvih farmi nalazi se na <https://www.verticalfarming.com/appendix/>

Takođe je poznat noviji projekat vertikalne farme Plantagon Internacional u Švedskoj, čija realizacija je u toku, sa početkom rada 2025. godine .

Prednosti i nedostaci pristupa vertikalnom gajenju određenih biljaka su predmet stalnih analiza na nivou industrije, ali je potrebna veća pažnja u pogledu planiranja, politike i ekonomije gde se predlože [11] jedan pristup u rešavanju budućeg trenda problema smanjenja poljoprivrednih resursa pre svega površina zemljišta i kvalitetnih voda, promene klime i drugih faktora, koji uključuju pojавu koncepta vertikalne poljoprivrede.

Ovaj pristup zahteva i karakteriše urbano okruženje, potpuno zatvoren objekat tipa visokogradnje, kao klimatizovana fabrika sa obnovljivom energijom i reciklažom svih tipova otpada, a naročito otpadnih voda . Takve fabrike-farme su predviđene u populacijskim centrima velikih (mega) gradova ili nekih regionalnih centara. Vertikalna poljoprivreda ima potencijal za proizvodnju poljoprivrednih useva tokom cele godine u jedinstvenom klimatizovanom objektu, eliminisanjući troškove značajnog udela transporta poljoprivrednih proizvoda, uz veću kontrolu sanitарне i biološke sigurnosti hrane, kao i značajno smanjene ulaznih količina u pogledu snabdevanja vodom, pesticidima, herbicidima i đubrívima.

U ovom radu opisana je situacija, potencijali i ograničenja i nedostaci sistema vertikalne poljoprivrede i sličnih modela proizvodnje hrane koja već postoji u Svetu . Prikazane su mogućnosti vertikalne poljoprivredne proizvodnje i nekih njenih proizvoda u Svetu, sa procenom implikacije, mogućnosti i informacija za eventualnu buduću vertikalnu proizvodnju poljoprivrednih proizvoda i u drugim delovima Sveta, pa i u Srbiji u nekoj bližoj budućnosti .

## **VERTIKALNA POLJOPRIVREDA**

Vertikalna poljoprivreda (farmerstvo) [11,12,13] je opisana u kontekstu pitanja:

1. Istorija vertikalnog farmerstva u poljoprivredi,
2. Faktori – pokretači inovacija u poljoprivredi ,
3. Potencijalne prednosti i nedostaci vertikalne poljoprivrede,
4. Tehničko-tehnološki problemi u realizaciji vertikalnih farmi

### **1. Istorija vertikalnog farmerstva u poljoprivredi**

Ideja vertikalnog gajenja biljaka nije sasvim nova. Primeri toga mogu se naći u istoriji od drevne ere u Hanging Gardens of Babylon (Viseći vrtovi, Vavilon), jednoj od Filonovih sedam čuda Drevnog sveta, izgrađenog oko 600.godine pne.

Godine 1915. Gilbert Ellis Bailei je upotrebio termin "vertikalna poljoprivreda" i napisao knjigu pod naslovom "Vertikalno farmerstvo". Äke Olsson, švedski ekološki farmer, 1980. godine je predložio vertikalno farmerstvo kao sredstvo za proizvodnju povrće u gradovima. Ovaj autor je konstruisao spiralani stub za vertikalno gajenje biljaka [5,11,12,13].

Dr Dickson Despommier, profesor mikrobiologije je temu vertikalnog farmerstva ponovo izneo u javnost 1999. godine u radu sa studentima medicinske ekologije [11,12,13], iako je ideja vertikalnih farmi već postojala odavno. On je tvrdio da farma na 30 spratova na jednom gradskom bloku može proizvesti hranu za 50.000 ljudi, uključujući povrće, voće, jaja i meso, gde se hidropsiske kulture mogu gajiti na gornjim spratovima, dok su niži spratovi bili pogodni za druge vrste proizvodnja. Profesor dr Despommier opisuje prostornu efikasnost vertikalnih farmi, gde zgrada od 30 spratova (visine 100 m) sa baznom površinom od 2,02 ha može da proizvede prinos kao sa 971,2 ha konvencionalnog horizontalnog gajenja biljaka. To znači, da bi proizvodnja jedne vertikalne farme bila ekvivalentna proizvodnji 480

farmi sa konvencionalnom poljoprivredom [12,13]. Iako su ovi predlozi bili problematični sa aspekta zaštite životne sredine i inženjerskih rešenja, Profesor Despommier je uspešno promovisao svoju ideju da se proizvodnja hrane može transformisati sa konvencionalne poljoprivrede na vertikalni sistem proizvodnje . Bilo je logično pitanje : *Zašto vertikalne farme ?*.

Demografi predviđaju da će se gradska populacija dramatično povećati u narednim decenijama. Istovremeno, stručnjaci za zemljište i vodu (npr. agronomi, geolozi i ekolozi) upozoravaju na sve veći nedostatak poljoprivrednih površina [11,12,13].

Iz ovih razloga, potražnja za hranom može eksponencijalno nadmašiti snabdevanje, što dovodi do globalne gladi. Ujedinjene nacije (UN - FAO) procenjuju da će u Svetu biti preko 9 milijardi ljudi do 2050. godine [14,15]. OUN predviđa se da će do 2050. godine trebati 70% više hrane da bi se zadovoljile potrebe 3 milijarde više stanovnika širom sveta [14,15]. Cene hrane su već u poslednjih nekoliko decenija porasle, a poljoprivrednici predviđaju da će se cene dalje povećavati, obzirom na povećanje troškova eksploatacije nafte i smanjenje količina vode, energije i poljoprivrednih resursa [16, 19]. Prigradski razvoj nastavlja da smanjuje upotrebljive poljoprivredne površine. Sa druge strane, urbana poljoprivreda se suočava sa problemima zbog nedostatka zemljišta i visokih troškova proizvodnje. Zato su potrebna nova primenljiva rešenja za borbu protiv ovog ogromnog globalnog izazova [14, 19, 22].

Logika vertikalne poljoprivrede je jednostavna: proizvoditi više hrane na manjoj površini zemljišta ili neke podlove [6,16,]. Zagovornici vertikalne farme tvrde da će stvoriti kompaktne i samoodržive ekosisteme koji pokrivaju više funkcija, od proizvodnje hrane do upravljanja svi otpadnim materijama u procesu proizvodnje. Vertikalna poljoprivreda može omogućiti proizvodnju hrane na efikasan i održiv način, mnogo uštedeti vode i energije, poboljšati ekonomiju, smanjiti zagađenje zemljišta i vazduha, obezbediti nove mogućnosti za zapošljavanje, obnoviti ekosisteme i obezbediti siguran pristup zdravoj hrani. U potpuno kontrolisanom okruženju, usevi će biti manje podložni uticaju klime, promenljivom ciklusu hranljivih materija, rotaciji useva, odvoda zagađene vode, uticaju pesticida i prašine [16]. Kao takvo, poljoprivreda u zatvorenom prostoru ili vertikalna poljoprivreda bi mogla ponuditi zdravije okruženje za uzgoj hrane [12,13]. Pošto poljoprivreda u zatvorenom funkcioniše tokom cele godine i nezavisna je od vremenskih uslova, ona bi takođe mogla obezbediti veće prinose i veći prihod [17]. Pored navedenog, poljoprivreda u zatvorenom obezbeđuje sistem sa niskim uticajem na druge faktore, koji mogu znatno smanjiti putne troškove, emisije štetnih gasova, smanjujući putne distance između udaljenih farmi i lokalnog tržišta [13,15]. Takođe, vertikalno uzgajanje bi moglo pomoći lokalne ekonomije tako što će u urbanim područjima obezbijediti znatan broj potrebnih radnih mesta [5,13].

Najvažnije je to, da vertikalne farme mogu pomoći u rešavanju problema nedostatka poljoprivrednih površina [12, 22,]. Prema podacima OUN –FAO na Zemlji je bilo 1961. godine 0,42 ha/osobi obradivog zemljišta. Do 2002. godine, zbog porasta stanovništva i urbanizacije, taj broj je opao za skoro 50 %, na 0,23 ha [14, 15]. OUN su 2011. godine završile globalnu procenu zemljишnih resursa planete Zemlje, utvrđujući da je 25 % svih obradivih površina veoma degradirana, i time loša za poljoprivredu . Od 1960. godine 1 milion poljoprivrednika u USA odustalo je od konvencionalne poljoprivrede [5, 11,12, 27]. Prof.dr Dickson Despommier objašnjava da će trenutna, današnja poljoprivredna ponuda uskoro postati uglavnom neadekvatna. Zato što je u proseku svakom čoveku potrebno 1500 Kcal dnevno (ishrana) , a da se zadovolji ta potražnja, treba dodati postojećem fondu poljoprivrednog zemljištu Svetu, područje veličine teritorije Brazila [13].

Kritičari ideja Profesora dr D. Despommier-a, tvrde da bi dodatna energija potrebna za veštačko osvetljenje, grejanje i ventilaciju i druge operacije prevazišla dobrobit blizina zgrade sa vertikalnom poljoprivredom u područjima potrošnje kao što su veliki gradovi. Despommier je prvo bitno osporio svoju ideju da proizvodi hranu sve stanovnike dela NYC

(Manhattan, oko 2.000.000 stanovnika) koristeći samo 5 ha krovnih površina zgrada, sto je kasnije povećano na 12 ha . Ipak, nezadovoljan rezultatima, Despommier je napravio posebnu novu zgradu za grupu biljka koje rastu u zatvorenom prostoru, vertikalno po spratovima. Godine 2001., potpuno je počela da funkcioniše vertikalna farma sa mnogobrojnim funkcijama: svaki sprat ima sopstvene sisteme za navodnjavanje i ishranu sa senzorima za svaku pojedinačnu biljku, gde senzor prati koliko i koje vrste hranljivih sastojaka apsorbuje biljka.

Ugrađeni su sistemi za praćenje bolesti biljke primenom tehnologija DNK čipova koji otkrivaju prisustvo biljnih patogena jednostavnim uzorkovanjem vazduha i delova biljke. Od 2014. godine, Vertical Fresh Farms posluje u gradu Buffalu (država NY), i ima specijalizovanu proizvodnju zelene salate, začina i spanaća [22].

2014. godine je otvorena najveća vertikalna farma Green Spirit Farms (GSF) u mestu Scranton, Pennsylvania, USA. Ova farma se nalazi u jednoj zgradi i pokriva 3,25 ha, sa stubovima i šest spratova sa 17 miliona biljaka. Na farmi se godišnje proizvede 14 salatnih kultura, kao i spanać, kelj, paradajz, paprika, bosiljak i jagode.

2015. godine na farmama se koriste jeftini LED reflektori koji omogućavaju različite talasne dužine sunčeve svetlosti za biljke, smanjujući troškove energije [21].

## 2. Faktori - pokretači inovacija u poljoprivredi

Istraživanja [4], su izvestila da u odsustvu promene u planiranju politike razvoja nekog društva, prehrambena sigurnost za regiju grada Melburn (Australija), može dramatično opasti, jer se urbano stanovništvo naglo udvostručuje za 7 do 8 miliona do 2050. godine . U studiji [4], se navodi da okolina gradova trenutno obezbeđuje približno 41% ukupne hrane za neki grad, ali to bi se moglo smanjiti na 18%, zbog značajnih klimatskih promena, porasta broja stanovnika i smanjenja zaliha obradivog zemljišta i vode u okolini gradova .

Postoji mnogo faktora u planiranju proizvodnje urbane hrane. Morgan, [42, 43] navodi da je proizvodnja hrane multifunkcionalna i ima široko rasprostranjene efekte na javno zdravlje, vodu, zemljište i ekonomski razvoj neke zajednice. Prema ovom autoru, nova jednačina pribavljanja (proizvodnje) hrane se odnosi na kombinaciju novih događaja (1-4) koji su opisani:

**Prvo:** porast cena hrane u Svetu u 2007/2008. godini, kada se udvostručila međunarodna cena pšenice i promenila cena piroća, povećala je sigurnost nabavke hrane za dve milijarde ljudi i izazvala nerede zbog hrane u nekim delovima sveta. Globalna recesija oko 1991. godine ogleda se u iznenadnom poremećajima u tranzicinim procesima prema godišnjim podacima Svetske zdravstvene organizacije (SZO) za obradivo zemljište po osobi, što je naglasilo važnost ekonomije u odnosu na trend dostupnosti obradivog zemljišta (slika 1, deo zemljište ).

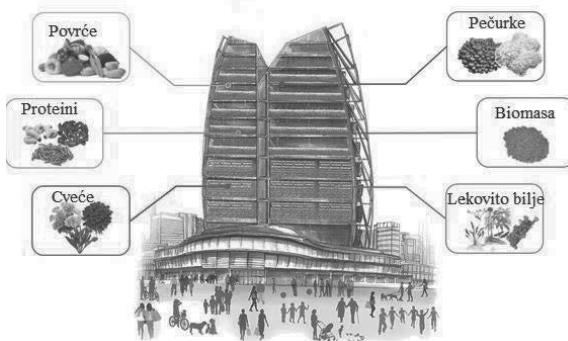
**Drugo:** klimatske promene intenziviraju toplotni stres, suše i oštećenja ekosistema. Ovo je posebno važno u zemljama u razvoju gde su cene hrane već pod pritiskom u interakciji količina hrane – broj stanovnika . Klimatske promene doprinele su smanjenju površina obradivog zemljišta. Uticaj poplava, uragana, oluja i suša, vredno poljoprivredno zemljište je drastično smanjuje, čime se nanosi generalna šteta svetskoj ekonomiji [13,14,18].

**Treće:** zemljišni sporovi i društvena kretanja (napetosti) povećavaju se kada lokalno zemljište (npr Srbija, PKB) kupuju investitorji sa sredstvima iz Azije ili Bliskog istoka, koji često dovode do mogućih nezadovoljstava građana i spiralnih cena nekretnina, pre svega resursa obradivog zemljišta. Ova kupovina može biti nerealna, ne za neposrednu dobit i iznad tržišnih cena, uz izbegavanje domaćih propisa o tipovima useva koji su potrebni lokalnom stanovništvu (na primer: potrošnja vode u područjima sa sušnim periodima i restrikcija vode na određenim lokitetima, slika 1.).

**Četvrt:** ubrzana urbanizacija dovodi do nezadovoljstva i nepredvidivih nedostataka hrane u nekim delovima Sveta, pre svega Azije i Afrike, zbog depopulacije ruralnih regija od strane ljudi koji traže posao i povećanja urbane osetljivosti na značajne promene i variranje u lancu snabdevanja prehrambenim proizvodima zbog nestabilne raspoloživosti radne snage.

### 3.Potencijalne prednosti i nedostaci vertikalne poljoprivrede

Vertikalni model poljoprivrede (slika 3.) je predložen sa ciljem povećanja površine podlove za poljoprivredne kulture na jednom mestu, "izgradnjom prema gore", vertikalno prema nebu. Drugim rečima, obradiva površina za neke poljoprivredne useve može se povećati izgradnjom specijalnih objekata visokogradnje sa više nivoa na samo jednoj određenoj površini zemljišta [12, 13]. Autor navodi da je vertikalna farma mogućnost sigurnije ishrane Sveta u XXI veku .



Slika 3 . Ideja postavke vertikane proizvodnje različitih poljoprivrednih useva, [12].

Figure 3 . The idea of vertical production of various agricultural crops, [12].

Jedan od načina da se opisano realizuje, je da se za vertikalno farmerstvo upotrebi sistem ili dizajn visoke staklene bašte-građevine sa mnogobrojnim regalima (spratovima) za useve koji su smešteni vertikalno (slika 3.). To je ustvari veliko proširenje modela gajanja useva u staklenicima i rešava obavezne probleme povezane za korištenjem samo jedne ograničene horizontalne površine zemljišta, obaveznih zahteva za zaštitu useva, i prihranjuvanje. Troškovi transporta proizvoda mogu se eliminisati usled blizine potrošača (grad), proizvodnja tokom cele godine može se programirati na osnovu potražnje (potrošnje po periodima). Uslovi za uzgoj useva mogu biti optimizovani kako bi se maksimalno povećao prinos pomoću precizne kontrole temperature, vlažnosti i osvetljenja.

Proizvodnja poljoprivrednih kultura u zatvorenom u kontrolisanom okruženju zahteva i mnogo manju potrošnju vode od farmi na otvorenom polju, jer postoji sistem recikliranja iskorisćene vode i manje pojave isparavanja. Zbog ovih karakteristika, verovatno će vertikalna poljoprivreda kao ideja (slika 3.) najviše biti primenjena u pustinjskim predelima i regionima sa sušama, kao što su neka područja na Bliskom istoku i Africi, ili u visoko urbanizovanim državama kao što su Izrael, Japan ili Holandija i Švedska (Plantagon – futuristički projekat vertikalne farme koja počinje sa radom 2025. godine ). Vertikalna poljoprivreda je takođe atraktivna tamo gde postoji velika potražnja za hranom tipa CGG (eng. Clean, Green, and Gourmet (food) koja znači posebne uslove proizvodnje hrane u pogledu kvaliteta, naročito u državama koje već imaju evidentna zagađenja i smanjenja nekih površina zemljišta za poljoprivredne kulture.

#### **4. Tehničko-tehnološki problemi u realizaciji vertikalnih farmi**

Vertikalni model farme je u suštini farma u zatvorenom prostoru zasnovana na visokogradnji višenamenskog fabričkog dizajna (slika 3.). Tipične karakteristike ovakve konstrukcije uključuju: inovativnu upotrebu reciklirane vode sa dopunom atmosferskim vodama (iz rezervoara) ili vodom iz postrojenja za desalinizaciju, automatsku regulaciju temperature i vlažnosti vazduha, osvetljenje sa solarnih panela sa podesivim LED osvetljenjem (24 h). Postavljena LED oprema se može kontrolisati tokom sezone tako da emituje programiran spektar talasnih dužina svetlosti koji je optimalan za fotosintezu različitih vrsta prisutnih gajenih kultura i useva. Znači da je jedna od najvažnijih komponenti uspešne vertikalne poljoprivrede, potrebno osvetljenje. Dostupne LED tehnologije obezbeđuju samo 28% efikasnosti, stepen efikasnosti koji bi trebalo da bude povećan na oko 50-60%, kako bi se postigli ekonomičniji načini proizvodnje u zatvorenom [35].

Holandski inženjeri za rasvete kompanije Philips su konstruisali LED osvetljenje sa 68% efikasnosti. Takođe, holandska grupa PlantLab nedavno je predložila tehnologiju osvetljenja koja bi mogla da pomogne bolju proizvodnju biljaka na maloj površini. Ovaj pronađazak zamenuje sunčevu svetlost sa LED tehnologijom koja proizvode različite optimalne talasne dužinu svetlosti za rast biljke.

Problem osvetljenosti (LED tehnologija) za biljke u vertikalnoj poljoprivredi je fokus mnogobrojnih istraživanja u osvjetljavanju staklenika [30, 35]. Mnogo niži energetski zahtevi LED osvetljenja u kombinaciji sa fotonaponskom tehnikom rezultirali su brzim primenama u rešenjima osvetljenja objekata za vertikalnu poljoprivrednu. Fotoreceptori u biljkama apsorbuju energiju svetlosti zbog fotosinteze i utiču na talasnu dužinu i intenzitet svetlosti. Utvrđeno je da spektralni sadržaj osvetljenja, kao što je plava talasna dužina LED osvetljenja, povećava sadržaj nutritivno važnih metabolita u nekim biljkama. Konkretno, odgovor biljaka na različite talasne dužine svetlosti iz LED izvora govori o mogućim značajnim poboljšanjima u produktivnosti poljoprivrednih kultura u ovakvim uslovima. Spektralna osetljivost može se proširiti i izvan vidljivih talasnih dužina i ultraljubičastih i infracrvenih opsega sa potencijalnim efektima na rast biljaka.

Tokom vegetativne sezone, sunce sija prema vertikalnoj površini pod ekstremnim uglom, tako da je mnogo manje svetlosti dostupno za useve na policama, nego kada su oni formirani na ravnoj podlozi. Zato je potrebno dopunsko svetlo u sistemima vertikalne poljoprivrede. Literatura o očuvanju životne sredine [33] prikazuje proračun povećanja troška obezbeđivanja dovoljnog dodatnog svetla, u slučaju gajanje pšenice za hleb, iznosi oko 15 \$/toni.

Kada je u pitanju kombinacija regulisanja temperature i vlage, u objektu, efekti uticaja sezonskih faktora ovih parametara mogu se minimizirati ili čak eliminisati kod vertikalnih farmi, ili se mogu primeniti određeni rezultati istraživanja klasičnih staklenika [6,7,8, 9 10]. Vertikalnoj farmi neće trebati prava poljoprivredna podloga (zemljište) kada se koristi tehniku hidroponike. Ova tehniku gajenja podrazumeva rast biljaka u podlozi (bez zemljišta) samo sa hranjivim sastojcima koji se dodaju kulturama koje se gaje. Koren biljke je u nekom medijumu, kao što su kamena vuna ili perlit, a podloge su obezbeđene i doziraju se hranjivim materijama ili se koreni biljaka direktno nalaze u hranljivoj tečnosti koristeći tehniku hranjivih filmova [27], ili sličnih podloga .

Varijanta hidroponike je tehniku aeroponike koja uključuje snabdevanje korena biljaka atomizovanim hranjivim rastvorima ili specijalnim distributerima koji raspršuju (tehnika zamagljivanja) potrebne sastojke elementarno ili kompleksno [28]. U tom slučaju postoji smanjena potreba za đubrivicima, herbicidima i pesticidima ako postoji efikasna izolacija od spoljnih uslova , jer gradjevina predstavlja solidnu barijeru u funkciji prvenstveno zaštitite. Takva fabrika bi u suštini eliminisala zajednička ograničenja i rizike za produktivnost,

uključujući toplotu i sušu, štetočine, sezonske i transportne troškove sa udaljenih lokacija. Potreba na tržištima može se rešiti jer se proizvodnja poljoprivrednih kultura može planirati prema potražnji.

Klimatizacija objekta obezbeđuje konstantan protok vazduha u koji po potrebi može biti dodat CO<sub>2</sub>, kako bi se unapredio rast i razvoj biljka. Bilo koji hranljivi sastoјci i voda koji nisu distribuirani (utrošeni) od korena mogu se reciklirati i nikada se ne izgub u ovom složenom sistemu.

Pristup je u skladu sa proizvodnjom hrane CGG (posebni uslovi higijene podloge). Može se koristiti za uzgoj širokog spektra useva (slika 3), različite namene, pa i lekovitih biljaka. Vertikalne farme su napredna verzija staklenika, pa tako imaju slične prednosti kao i staklenici:

- a) *Zaštićenost biljaka koje se gaje od vremenskih uslova.* Pošto se hrana gaji u zatvorenoj sredini i ima veštačko navodnjavanje, poplave, suše i mraz ne mogu da joj naškode. Ipak, vertikalne farme nisu zaštićene od jakih zemljotresa, tornada i cunamija, naročito u delovima Sveta koje podležu ovakvim uticajima .
- b) *Veća produktivnost.* Biljne kulture i njihovi sorte se mogu gajiti bez obzira na to koje je godišnje doba. Kada ima dovoljno sunčeve svetlosti, uzgajivači se oslanjamaju na sunce. Kada dođe zima, onda se koristi veštačko osvetljenje (danas LED tipa) i naravno neophodna je toplota. Na manjem prostoru je lakše vršiti merenje, što doprinosi većoj efikasnosti - sađenje i berba se vrši brže. Pojedine voćne sorte, kao što su recimo jagode, mogu imati višestruko veći godišnji prinos od klasične metode, jer brzo rastu i sazrevaju kad su uslovi povoljni. Na primer u vertikalnoj proizvodnji povrća, MiRai&Co, Japan, u sezoni 2016. kod prinosa salate i sličnog povrća [22] ima impresivne rezultate: na površini od 25.000 m<sup>2</sup> gde proizvodi oko 10.000 glavica salate dnevno (100 puta više po m<sup>2</sup> od tradicionalnih metoda) sa 40% manje energije, 80% manje hrane i 99% manje upotrebe vode od spoljašnjih površina .
- c) *Organska hrana.* Kontrolisana sredina omogućava mnogo bolju zaštitu od štetočina, pa korišćenje herbicida i pesticida može da se značajno smanji ili potpuno prestane da se koristi. Proizvodnja organske hrane na vertikalnim farmama je strategija koja se prirodno nameće.
- d) *Manji troškovi prevoza hrane i viša samoodrživost sistema.* Poznato je da se poljoprivredni proizvodi i hrana (jogurt) često prevoze nekoliko stotina, pa i hiljada kilometara (slika 4), pre nego što dođu do potrošača.



Slika 4. Transportni putevi komponenti za voćni jogurt, [12].  
Figure 4. Transport routes of fruit yoghurt components, [12].

Potrošnja pogonskih goriva u transportu ovakvih proizvoda je ogromna, što takođe utiče na porast cena hrane. Vertikalne farme su prvenstveno predviđene za visoko urbane sredine ili mesta bez obradivih površina. Takva naseljena mesta više ne bi zavisila od

trgovaca i uvoznika, već bi imala svoju proizvodnju hrane, kupovina bi se odvijala u blizini farme ili direktno na farmi. U slučajevima kada je vertikalna farma velika i proizvodi mnogo, hranom bi mogla da se snabdevaju i udaljenija naselja, ali bi troškovi transporta opet bili manji. Manje oslanjanje na transportne operacije i prevoznike, znači manju potrošnju fosilnih goriva, a samim tim i manje zagađenje od izduvnih gasova okoline i gradova.

e) *Manja potrošnja vode*. Voda se koristi planski i efikasno sistemom mikoririgacije koji kontroliše PC računar po programu i planu za svaku biljnu kulturu. Tačno se zna potrebna količina za određenu sortu i površinu koju zauzima. Na velikim obradivim površinama potrošnja vode je obično mnogo veća, bez obzira na primenjenu tehnologiju.

f) *Energija*. Organski otpad od biljaka se može iskoristiti za proizvodnju biogasa. Iako je u pitanju mala količina, ta energija može da se upotrebi za proizvodnju električne energije koja je potrebna vertikalnim farmama.

g) *Inovacije i obrazovanje*

U okviru vertikalne farme zaposlena je visoko obrazovana radna snaga: agronomi, biolozi, inženjeri. Svaka farma ima posebnu zgradu u kojoj se čuva seme i obavljuju naučna istraživanja. Rad u ovakvoj sredini i sama zamisao zgrade je takva da će brzo doneti neka nova naučna otkrića u oblasti agrara i nekim granama biologije. Pod kontrolom naučnika, sve loše ili dobre promene bi bile zabeležene.

Korist je višestruka: uspešnije sorte, povećanje baze znanja, sam rad na farmi je u stvari naučna praksa i istraživanje, pored toga što je i ekomska delatnost. Stečena znanja se posle mogu upotrebiti i u klasičnoj poljoprivredi kod daljih istraživanja primene staklenika i zaštićenih objekata [6, 7].

Nedostaci vertikalne poljoprivrede, koji napominju određeni Autori [19, 36], su u okviru faktora :

a) *Ekomska isplativost*. Studije, dizajn, kompleksne instalacije, te nabavka semena, naučne opreme i uređaja, unajmljivanje visoko obrazovane radne snage, sve je to, uz uobičajene troškove za neophodni materijal i građevinske radnike, jako skupo. Dodatno stvar pogoršava činjenica da je vertikalna farma relativno nov koncept i da postoji samo jedan prototip vertikalne farme u svetu. Nije blizu trenutak kad će vertikalne farme moći da se grade masovno i jeftino. Sigurno ima grešaka, izazova, dosad nepredviđenih problema i troškova prilikom izgradnje. Ali poznato je, tako je bilo nekada i sa oblakoderima, a danas se izgradnja oblakodera višestruko isplati. Protivnici ideje o vertikalnim farmama, dovode u pitanje potencijalnu profitabilnost vertikalne poljoprivrede. Autori [30, 31, 32] navode da se ekomske i ekološke prednosti vertikalnih farmi delimično zasnivaju na konceptu minimiziranja prehrambenih udaljenosti koju hrana prelazi od farme do potrošača. Međutim, nedavna analiza sugerira da je transport samo mali doprinos ekomskim i ekološkim troškovima snabdevanja hrane gradskim populacijama. Analiza [30, 32, 33, ] ima zaključak da su "manje prehrambene milje, u najboljem slučaju, marketinski trik".

b) *Ekologija*. Da bi vertikalna farma uistinu bila 'zelena tehnologija', treba da se napaja iz obnovljivih izvora energije. Solarni kolektori bi samo delimično rešili ovaj problem, jer je svetlost biljkama potrebna tokom cele godine, a solarni kolektori skupe mnogo manje energije kad nema direktnе svetlosti. Predviđanje ekonomista je da vertikalna farma mora da ima i moćniji, eksterni izvor energije (struja iz hidro ili termo-elektrana) da bi radila u punom kapacitetu. To bi onda negiralo sve već stečene prednosti o smanjenju zagađenja i otpada, jer su i hidro i termo elektrane zagađivači.

c) *Svetlosno zagadženje okoline*. Jaka i konstantna svetlost objekta vertikalne poljoprivrede u okruženju sa drugim stambenim zgradama ima problem izazivanja optičkih smetnji kod ljudi u blizini. Jaka, noćna, veštačka svetlost u velikim gradovima izaziva brojne zdravstvene i psihološke probleme: migrene i poremećaje sna. U urbanim sredinama ovakav problem postoji i bez vertikalnih farmi, a dodatno bi se povećao njihovom izgradnjom. Pošto je originalna zamisao da vertikalne farme budu blizu stambenih naselja ili u samim kvartovima, jako osvetljenje neophodno za biljake bi verovatno smetalo stanarima okolnih zgrada. Sa druge strane, na vertikalnoj farmi bi se moglo gajiti sorte koje ne iziskuju veliku količinu svetlosti, kao što su neke vrste povrća. To bi u startu bilo rešenje ili makar umanjilo ovaj problem.

e) *Gubitak radnih mesta*

Veliko smanjenje ili nepostojanje transporta znači gubitak radnih mesta za neke učesnike. A kao što je to često slučaj sa svakim napretkom u tehnologiji, nove tehnologije otvore manje radnih mesta nego što zatvore. Bez jasnog plana o premeštaju radnika na nova radna mesta i njihovom usavršavanju za možda drugaćiji posao, sa masovnjom izgradnjom vertikalnih farmi uopšte ne treba započinjati.

f) *Potpuna zaštićenost od štetočina nije ostvarena*. U objektima vertikalne poljoprivrede iako su u veštačkim uslovima biljke zaštićenije od štetočina i bolesti, epidemije i infekcije ni u izolovanim prostorima nisu retkost. Iskustva biologa i farmera u proizvodnji hrane u staklenicima takvu situaciju često potvrđuju.

g ) *Opravdanost koncepta*. Iako sa sobom nosi brojne povoljnosti, koncept vertikalnih farmi nikada ne može da u potpunosti zameni masovnost proizvodnje na velikim obradivim površinama. Veći prinos po površini i niže cene – DA, ali ukupan prinos i adekvatnu snabdevenost za celokupno društvo – NE.

Zato, vertikalne farme treba shvatiti kao ispomoć za velike (mega) gradove, ne i zamenu za tradicionalnu proizvodnju.

### **Najvažnije osobine vertikalnih farmi**

Navedene tehnologije i osobine redefinišu vertikalnu farmu kao revolucionarni pristup za proizvodnju visokih količina hranljive i kvalitetne sveže hrane tokom čitave godine, bez oslanjanja na kvalifikovanu radnu snagu, povoljno vreme, visoku plodnost zemljišta ili veliku potrošnju vode [19, 22]. Novi sistemi/ideje koji daju prednosti ili nedostatke vertikalnoj poljoprivredi, sumirani su tabelom 1.

Tabela 1. Neke najvažnije prednosti (i nedostaci) visoko-tehnoloških sistema vertikalne poljoprivrede [19, 22].

*Table 1. Some important advantages (and deficiency) of high-tech vertical farming systems [19, 22].*

<b>1. Pouzdan prinos useva</b>	Kontrolisana proizvodnja i nezavisna od spoljnih uticaja
<i>Mala potrošnja električne energije</i>	Upotreba tehnologije LED osvetljenja obezbeđuje minimalnu potrošnju električne energije za maksimalan rast biljaka. PC računar upravlja generisanjem fotosintetičkih talasnih dužina, u skladu sa fazom rasta useva, dodatno smanjuje korišćenje energije uz obezbeđivanje optimalnih prinosa useva.
<i>Niski troškovi rada</i>	Potpuno automatizovani sistemi sa biljkama sa automatskim SMS tekstualnim porukama za intervencije zahtevaju manuelni rad samo kod sadnje, ubiranja i pakovanja biljaka.
<i>Mala potrošnja vode</i>	Vertikalne farme koriste oko 10% vode potrebne za tradicionalno navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta.
<i>Higijenske procedure</i>	Vertikalne farme imaju stroge procedure za biološku bezbednost i eliminaciju štetočina i bolesti.
<i>Mali troškovi transporta</i>	Posicioniranje objekata vertikalne poljoprivrede blizu potrošača i prodajnog mesta dramatično smanjuje vreme isporuke, smanjujući troškove hlađenja, skladištenja i transporta u procesu isporuke proizvoda.
<b>2. Porast područja snabdevanja</b>	Vertikalne farme snabdevaju skoro 10 puta veće područje od tradicionalnih farmi.
<b>3. Najveći prinosi kultura</b>	Bez obzira na spoljašnje uslove, vertikalne farme mogu osigurati više rotacije useva u godini nego poljoprivreda otvorenog polja. Ciklusi useva su takođe brži zbog kontrolisane temperature, vлаге, svetlosti itd.
<b>4. Širok spektar gajenih useva</b>	Vertikalna farma pruža širok spektar gajenja useva (i do 80 vrsta)
<b>5. Potpuno integrisana tehnologija</b>	Vertikalna farma je u potpuno nadgledana, kontrolisana i automatizovana.
<i>Optimalni kvalitet vazduha</i>	Vrednosti temperature, CO <sub>2</sub> , vlažnosti vazduha su optimizovane u svakom vremenskom trenutku.
<i>Optimalni kvalitet hranljivih sastojaka i minarala</i>	Vertikalna farma koristi posebno formulisane, biološki aktivne hranljive materije, organske minerale i enzime u svim ciklusima razvoja useva, kako bi se obezbedio zdrav rast biljaka.
<i>Optimalni kvalitet vode</i>	Svi zagađivači sveže vode se uklone prije ulaska u sistem za navodnjavanje vertikalne farme.
<i>Optimlni kvalitet svetlosti</i>	Specijalno kontrolisano LED osvetljenje visokog intenziteta
<b>6. Ekonomski osobine</b>	Pored svih prednosti jako skupa tehnologija. Nedostupna zemljama u razvoju. Ekonomski prednosti ograničene na transportne i ekološke parametre .
<b>7. Energetski parametri</b>	Solarni kolektori za velike vertikalne objekte nisu dovoljni . Potreban sopstveni generator za električnu energiju
<b>8. Pojave u okruženju objekta</b>	Svetlosno opterećenje i zagadenje okoline zbog 24 h osvetljenja
<b>9. Zaštita od bolesti i štetočina</b>	Nije 100 % i ako je vertikalna poljoprivreda organizovana u zatvorenom kontrolisanom objektu
<b>10. Opravданost koncepta</b>	Nije univerzalno primenljiv i za sada ne može da zameni sa 100 % klasičnu poljoprivredu .Veći prinos DA, a potpuna snabdevenost svim poljoprivrednim proizvodima NE.

## KOMERCIJALNA REŠENJA VERTIKALNIH FARMI U SVETU

Danas postoje značajni komercijalni primeri urbane poljoprivredne proizvodnje na više nivoa (vertikalna poljoprivreda). Zajedničke karakteristike ovakvih objekata (Tabela 2.) su više funkcionalne police i potpuno klimatski kontrolisani delovi ambijenta i zgrade, sa veoma visokom produktivnošću, bezbednošću hrane i znatno manjim korišćenjem jedne površine zemljišta, količina vode i energije.

Tabela 2. Projekti vertikalnih farmi (u funkciji i predlog) u Svetu [2].

Table 2. Vertical farm projects (in function and proposal) in the World [2].

	Vertikalna Farma	Lokacija	Tip	Status
1.	Sky Greens	Singapore	LR	Izgrađen - u funkciji
2.	Nuvege	Kyoto, Japan	LR	Izgrađen - u funkciji
3.	PlantLab	Den Bosch, Holland	LR	Izgrađen - u funkciji
4.	Green Spirit Farms	New Buffalo, Michigan, USA	LR	Izgrađen - u funkciji
5.	Valcent Company	Vancouver, Canada	RT	Izgrađen - u funkciji
6.	The Plant	Chicago, Illinois, USA	LR	Izgrađen - u funkciji
7.	Green Girls Produce	Memphis, Tennessee, USA	LR	Izgrađen - u funkciji
8.	Brooklyn Grange	Brooklyn, New York, USA	RT	Izgrađen - u funkciji
9.	Gotham Greens	Brooklyn, New York, USA	RT	Izgrađen - u funkciji
10.	Plantagon	Sweden	HR	Projekat - predlog
11.	La Tour Vivante	France	HR	Projekat - predlog
12.	Harvest Green Tower	Vancouver, Canada	HR	Projekat - predlog
13.	Skyfarm	Toronto, Canada	HR	Projekat - predlog
14.	Pyramid Farm	NA	HR	Projekat - predlog
15.	TBD	Philippine	HR	Projekat - predlog

LR = Low Rise (Niskogradnja) ; HR = High Rise (Visokogradnja) ; RT = Rooftop (na krovu)

### 1. Sky Greens (Singapur)

U Singapuru, tehnologija Sky Greens sistem A-Go-Gro zasnovan je na kulama u obliku slova A, visokih 6 m, koji se sastoje 26 polica raspoređenih po visini (slika 5). A-kule rotiraju pokretane hidrauličkim motorima oko svoje ose sa malom brzinom od  $1 \text{ min}^{-1}$ , kako bi se obezbedilo ravnometerno prirodno osvetljenje (sunce) [25]. Osnovna površina A tornja-sistema je samo  $6 \text{ m}^2$ , što je idealno za urbana okruženja. SkyGreen je u blizini centralnog poslovnog centra u Singapuru, ima postavljeno 120 A-kula, a planirano je dodatnih 300 za podršku dnevne proizvodnje 2000 kg različitog povrća.



Slika 5. Vertikalna farma Sky Greens, Singapur: Police sa povrćem i osnovna jedinica A-toranj [25].

Figure 5. Vertical farms Sky Greens, Singapur: Basic unit with vegetables A-tower, [25].

Interesantno, prema podacima iz literature [25], cena povrća proizvedenih u ovom vertikalnom sistemu oko 10% je veća od uvoznog istog proizvoda. Sistem SkyGreens danas isporučuje 10% povrća za tržiste u Singapuru.

Kompanija Sky Urban Solutions u Singapuru trenutno zauzima 3,65 ha poljoprivrednog zemljišta u oblasti Lim Chu Kangu (250 ha upupno Singapur ima za poljoprivrednu), sa centralnim staklenikom sa 1000 A-tornjeva sistema A-Go-Gro za vertikalnu proizvodnju [25, 37]. Tornjevi A-Go-Gro su konstruisani od aluminijuma (slika 5). Svaki toranj zauzima 5,5 m<sup>2</sup> prostora i proizvodi 50 do 100 kg povrća za svaki 28-dnevni ciklus proizvodnje, što daje ukupno 1t dnevno [25, 37]. Sistem je sposoban da koristi energiju sunca. Tornjevi A-Go-Gro su unutar staklenika kako bi se smanjila potrošnja energije za veštačko osvetljenje pomoći LED svetla. A-kula (slika 5.) ima instaliran kontrolisan sistem za navodnjavanje koji istovremeno snabdeva biljke rastvorljivim hranljivim materijama. Voda u sistemu se reciklira. Povrće (salata, spanać, kineski kupus, tropsko povrće) koje se gaji, stalno je izlaženo promenama atmosferskih uslova tokom rotacije A-tornjeva, tako su više okoline temperature na vrhu a hladnije stanje u sredini rotirajućih polica. Biljke u ovom sistemu se gaje na 4 sprata, i na površinama različite veličine.

Ipak, SkyGreens proizvodi 5 puta više poljoprivrednih proizvoda po m<sup>2</sup> u odnosu na tradicionalni sistem proizvodnje i 10 puta je produktivniji od klasične proizvodnje [25, 37]. Korišćenje sistema preciznih mikro rasprskivača za navodnjavanje povrća uštedi više od 95 % vode, a tradicionalna poljoprivreda zahteva 400 l/kg proizведенog povrća [25, 37]. Jedan toranj sistema A-Go-Gro ima cenu od 8.000 \$ USD, što ukupno za farmu od 2000 A-tornjeva iznosi oko 15 miliona USA\$. Farma ima godišnji prinos od skoro 800 t/ha povrća ili preko 1 t povrća dnevno .

Ovo je 5 do 10 puta produktivniji sistem od tradicionalne poljoprivrede [25]. Svaka A-kula troši dnevno svega 40 do 60W električne energije. Drugim rečima, za proizvodnju 1 kg povrća, kula sa sistemom A-Go-Gro zahteva samo 0.20 \$USD električne energije i 12 lit vode [25, 37]. Zbog toga, A-Go-Gro sistem je visoko automatizovan i kontrolisan PC programima. Sistem A-Go-Gro zauzima samo 5,6 m<sup>2</sup> i približno je deset puta efikasnij od konvencionalne proizvodnje [25,37]. Ipak, na kraju, ovakvi proizvodi vertikalne poljoprivrede koštaju 5 do 10% više od sličnih iz tradicionalne poljoprivrede.

## 2. Green Spirit Farms (GSF)

Green Spirit Farms (GSF) je osnovana 2014. godine, i nalazi se u gradu New Buffalo, USA [21, 34]. Jedna od najvećih vertikalnih farmi u USA, nalazi se u adaptiranoj bivšoj fabriči (napuštena 12 godina) plastične ambalaže. Farma sada ima korisnu površinu približno 11 ha, gde se unutra u objektu, nalaze postavljene police različitih tipova (klasične i rotacione, slika 6). Klasične police su dimenzija 9x4 m = 36 m<sup>2</sup>, gde može biti postavljeno 1016 glavica zelene salate ili strukova bosiljka u turnusu od 21 do 30 dana. Rotacione police (slika 6) su posebne konstrukcije polica, kao rotacionih bubnjeva, koji zauzimaju dimenziono manji prostor, a imaju veću površinu za razmeštaj biljka, pa tu može biti postavljeno 1200 glavica salate. (slika 6).

Poseban sistem recikliranja vode primaran je u funkcijonisanju tehničkog sistema navodnjavanja GSF vertikalne farme [21, 34] i potroši samo 1,13 lit/biljka vode u jednom ciklusu proizvodnje. Ako se uporedi sa potrošnjom vode (uslovi za državu Arizonu) na otvorenom polju za istu kulturu to iznosi 94,50 l/biljka, što prikazuje[21, 34]. Ova vertikalna farma posluje sa devizom: Znaš svog farmera, znaš svoju hranu .



Slika 6. Vertikalna farma Green Spirit Farms [21, 34].

*Figure 6. Green Spirit vertical farms [21, 34].*

Green Spirit Farms (GSF) [21, 34], ima nekoliko novih tehnologija vertikalne poljoprivrede za proizvodnju povrća: Rotari Vertical Groving Station (RVGS), i višenamenski sistem kaseti, Vertical Groving Station (VGS).

Kompanija GSF je podigla i novi objekat (uloženo 27 miliona \$) za vertikalnu poljoprivredu sa 1715 vertikalnih jedinica gde će proizvoditi razno povrće, što je ekvivalentno 81 ha obradivih poljoprivrednih površina tokom cele godine. To omogućuje tehnički sistem vertikalne farme GSF, koji koristi 98 % manje vode, 96 % manje zemljišta i 40 % manje energije, nego tradicionalna poljoprivreda [21, 34].

Interesantno je da kompanija Green Spirit Farms zbog svoje blizine velikim lokalnim tržištima, većinom svoje proizvod prodaje na prosečnoj udaljenosti do 90 km od farme [21, 34].

### 3. Valcent Company

Kompanija Valcent Products, Vancouver, Kanada ima posebnu tehnologiju sistem VertiCrop™, koja je primenjena u sistemu vertikalne poljoprivrede, i danas je potpuno u funkciji. Sistem proizvodnje se obavlja u plastičnim kasetama (slika 8) koje se nalaze na više nivoa na rotirajućoj centralnoj konzoli u staklenom objektu sa potpunom kontrolom klimatskih parametara.

Stalci sa rotirajućim policama (slika 7) omogućuju biljkama dobru i promenljivu po potrebi izloženost svjetlosti ili suncu.



Slika 7. Okruženje i vertikalna farma Valcent, Kanada [29, 41].

*Figure 7. Environment and vertical farm Valcent , Kanada [29, 41].*

Za razliku od tradicionalne farme, sistemi vertikalne farme VertiCrop zahtevaju samo 8% vode i 5% potrebne površine primenjene u tradicionalnoj poljoprivrednoj proizvodnji. Nema štetnih dejstava herbicida ili pesticida. Tri osobe kontrolisu  $4.000 \text{ m}^2$  biljka i  $2.000 \text{ m}^2$  prostora za klijanje i pakovanje, a mogu pripremiti do 10.000 biljaka u ciklusu od samo 3

dana [41]. To je ekivalent površine zemljišta na otvorenom od 16 ha [41]. Ovu površinu obezbeđuje raspored 120 rotacionih regala-polica sa 16 ili 24 tacne sa biljkama u svakoj ravni (slika 7). Ovakva tehnologija [29, 41] proizvodnje je razvijena za život u urbanim sredinama i predstavlja promenu klasične proizvodnje u poljoprivredi i proizvodnji hrane, što to obezbeđuje do 20 puta veće prinose od poljskih kultura, uz korišćenje samo 8% vode uobičajene potrošnje vode u klasičnoj proizvodnji.

Sistem VertiCrop [29, 41], ima još ove odlike:

- Nalazi se u stakleniku na ravnom krovu zgade u Vanuveru, Kanada od 2012. godine
- Obezbeđuje veći kvalitet proizvoda u pogledu svežine i sadržaja vitamina
- Visok nivo bezbednosti proizvoda zbog zatvorenog ciklusa proizvodnje
- Nema potrebe za upotrebom herbicida ili pesticida
- Koristi sistem za recikliranje vode u navodnjavanju biljaka
- Značajno smanjena transportna distanca u distribuciji dobijenih proizvoda, čime se smanjuju troškovi, proizvodnje, utrošena energija, i % CO<sub>2</sub> u okruženju
- Koristi posebne podloge za biljke na pokretnom transportnom sistemu VertiCrop™, i time pruža optimalnu izloženost bilo prirodnom ili veštačkom svetlu zajedno sa precizno izmerenim hranjivim sastojcima za svaku biljku.
- U sistemu VertiCrop™ moguće je gajiti istovremeno ili odvojeno preko 60 do 80 varijeteta biljaka.

#### 4. Plantagon

Kompanija Plantagon 2012. godine je predložila ideju PlantScaper kao rešenje posebnog oblakodera (visina 60 m) čija izgradnja je u toku, grad Linköping, Švedska (200 km južno od Stockholma). Predviđen završetak objekta i početak rada je 2020. godine. Ovaj objekat (slika 8.) je istovremeno i vertikalna farma (staklenik) za proizvodnju hrane i delimično stambeni prostor [23].

Oblakoder ima 16 spratova i staklene rotirajuće bašte kao posebne detalje u kojima treba da se gaje određene biljke u sistemu vertikalne poljoprivrede za potrebe stanara ovog mega objekta.

PlantScaper je objekat futurističke forme (slika 8), koji u svojoj unutrašnjosti na određenim pozicijama (spratovima) sadrži velike obrtne staklene bašte zatvorenog tipa koje su odvojene od stambeno-poslovnih prostorija. Kako bi proizvodnja potrebnih biljnih kultura bez zemljišta neometano funkcionala, čitav proces je kontrolisan: primena vode sa hranljivim sastojcima, količina i tip sunčeve svetlosti, temperatura i kvalitet vazduha – sve je strogo balansirano i nadgledano kroz precizni PC autonomni kontrolno-tehnički sistem.

Izgradnja objekta PlantScaper treba da košta 40 miliona US \$, međutim treba imati u vidu budući doprinos društvu, jer ovakav objekat može da obezbedi hranu za 5.000 ljudi na godišnjem nivou.

Zbog svega, kompanija Plantagon kao ideju predstavlja PlantScaper futuristički održivo rešenje razvoja velikih gradskih sredina koje stanovništvu može obezrediti nepohodnu hranu, život, i stanovanje u jednom prostoru.



Slika 8. Futuristički oblakoder PlantScaper sa planiranim delovima okretne vertikalne farme [23].

Figure 8. Futuristic of tower PlantScaper with the planned rotated parts of vertical farm, [23].

Ideja kompanije Plantagon, oblakoder PlantScaper, ima inovativnu organizacionu strukturu, koju nazivaju terminom "kompanizacija", koja kombinuje dve legalno povezane jedinice: profitabilnu kompaniju pod nazivom Plantagon International AB, i neprofitno udruženje nazvano Plantagon neprofitna asocijacija [23].

Plantagon ideja je takođe povezana sa sveobuhvatne etičke okvire koje pruža "Globalni sporazum UN" i "Povelja o Zemlji" prema pozitivnim statutima ovih institucija .

Očekuje se da će u tornju PlantScaper od 16 spratova biti dnevno proizvedeno 550 t povrća ( ukus proizvoda poboljšan korišćenjem hidroponske tehnike u kombinaciji sa poroznom vulkanskom stenom kao podloge) , što je dovoljno za ishranu oko 5.500 ljudi svake godine [23]. U poređenju sa otvorenom farmom iste veličine, PlantScaper proizvodi više hrane uz korišćenje manje površine za proizvodnju , i manje vode . Postoji procena [23]. da vertikalna poljoprivreda PlantScaper godišnje ima manju emisiju od 1.100 t CO<sub>2</sub> i manju potrošnju vode za 13 miliona litara. Mnoge poslove na farmi Plantagon obavljaće roboti, zbog čega će operativni troškovi biti niži.

Zgrada PlantScaper je planirana da ima 2/3 kancelarije i prostorije za stanovanje, a ostatak je namenjen prostoru za vertikalnu farmu.

Plantagon ideja, prema planovima, kao projekat treba da bude realizovan do 2030. godine u Šangaju i Singapuru

## ZAKLJUČAK

Globalni trend povećanja broja stanovnika, urbanizacija i promena klime, smanjenja količina pristupačne vode, doprineli su značajnom smanjenju površina obradivog zemljišta po osobi u Svetu. Pod ovim okolnostima, održivost tradicionalnog poljoprivrednog modela zasnovanog na velikim ruralnim farmama verovatno je pod znakom pitanja i dilema u narednim decenijama.

Jedan pristup za moguće rešavanje ovog izazovnog problema je vertikalna poljoprivreda koja se zasniva na poljoprivredi sa visoko kontrolisanim okruženjem i dizajnu vertikalnih staklenika pogodnim za urbane uslove, pre svega ubrzanu pojavu mega gradova u Svetu.

Vertikalna poljoprivreda u ovom pregledu je prikazana na postojećim modelima na pilot i proizvodnom nivou koji ima potencijalne prednosti u pogledu ruralne poljoprivrede, uključujući i upotrebu hidroponske i aeroponske tehnike gajenja poljoprivrednih kultura ili useva. Sa ovom tehnikom/načinom gajenja poljoprivrednih kultura/useva, produktivnost se povećava .

Mnoge od pratećih tehnologija su istražene u dosadašnjim varijantama uzbujanja u staklenoj bašti, sada se integrišu u komercijalno održive sisteme zbog brzog svakodnevnog napretka u: elektronici, inženjerstvu, solarnoj energiji, vetroenergetici, LED osvetljenju, recikliranju vode i IT tehnologijama.

Potencijalne koristi vertikalne poljoprivrede uključuju održivi model proizvodnje hrane sa proizvodnjom raznih useva, mnogo većim prinosima nezavisno od pojave od suša, poplava i štetočina, biljnih bolesti. Pristup je moguć sa recikliranjem vode, restauracijom ekosistema, smanjenjem patogena, proizvodnjom energije iz metana (komposta), efikasno smanjenom upotreboi fosilnih goriva (bez traktora, mnogobrojnih poljoprivrednih mašina, transportnih lanaca), otvaranjem novih radnih mesta.

Trenutni problem vertikalne poljoprivrede su veoma visoki troškovi pokretanja ovog načina proizvodnje poljoprivrednih kultura, zbog cena zemljišta u urbanim područjima u nekim globalnim gradovima (primer Sky Greens, Singapur). Ova situacija se može poboljšati promenom namene starih zgrada, napuštenih fabrika ili korišćenjem neiskorišćenih lokacija (krovovi zgrada) na gradskim rubovima i oko regionalnih gradova (primer Green Spirit Farms –GSF, New Buffalo, USA).

U razvoju i primeni vertikalne poljoprivrede ostala je još jedna ozbiljna prepreka; sve veće populacije stanovnika zemalja u razvoju. Ove zemlje su uglavnom siromašne. *Da li je moguće izgraditi vertikalne farme pristupačne za siromašne?*

Mnoge od siromašnih populacija (Afrika, Azija) žive u teško pristupačnim delovima, u pustinjama. *Kako onda napraviti vertikalne farme dostupnim i ovim populacijama?*

Ipak, postoji napomena, efikasnost vertikalne poljoprivrede mnogo zavisi od različitih lokalnih faktora, uključujući i potražnju isnabdevanje hranom, kakva je urbana populacija i njihova broj, tehnološki razvoj, kultura i navike u ishrani, snabdevanje vodom i energijom, kao i aktuelne vremenske prilike. Zato buduća istraživanja trebaju ispitati pitanje pristupačnosti napredne opreme i vertikalne poljoprivredne proizvodnje za zemlje u razvoju. Istraživači treba da unaprede i dalje razvijaju lokalne tehnike poljoprivrede kako bi napravili vertikalne projekte farmi izvodljive u ovim zemljama.

Možda u budućnosti postoji mogućnost razvoja potpuno automatizovanih vertikalnih farmi. Hipotetički, ako bi vertikalne farme bile integrisane u mega grad, one mogu snabdevati potrebnom hranom celokupno stanovništvo grada. Međutim, i dalje postoji potreba za daljim razvojem koji tako uvećava projekte da se ekomska i komercijalna izvodljivost i povraćaj ulaganja ponudi na najbolji mogući način. Kao takva, postoji potreba za istraživanjem koje precizno procjenjuje ulaganja za različite tipove i veličine vertikalnih farmi. Postoji potreba da se istraži potpuna analiza životnog ciklusa vertikalnih farmi i broj godina da postignu finansijski paritet sa tradicionalnom farmom.

## LITERATURA

- [1] Al-Kodmany, K. *Eco-Towers: Sustainable Cities in the Sky*; WIT Press: Southampton, UK, 2015.
- [2] Al-Kodmany, K. *The Vertical Farm: A Review of Developments and Implications for the Vertical City*: Buildings 2018. 8(2) 24 doi:10.3390/buildings8020024
- [3] Corvalan, C.; Hales, S.; McMichael, A.J. *Ecosystems and Human Well-Being: Health Synthesis*; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2005. [[Google Scholar](#)]
- [4] Cox, S. 2016. “Enough with the Vertical Farming Fantasies: There are Still Too Many Unanswered Questions About the Trendy Practice.” *Alternet*, 4 October. [http://www.salon.com/2016/02/17/enough\\_with\\_the\\_vertical\\_farming\\_partner](http://www.salon.com/2016/02/17/enough_with_the_vertical_farming_partner)
- [5] Thomaier, S.; Specht, K.; Henckel, D.; Dierich, A.; Siebert, R.; Freisinger, U.B.; Sawicka, M. Farming in and on Urban Buildings: Present Practice and Specific Novelties of Zero-Acreage Farming (ZFarming). *Renew. Agric. Food Syst.* **2015**, *30*, 43–54. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

- [6] Dimitrijević Aleksandra, Đević M. 2007. Potrošnja energije u objektima zaštićenog prostora, Savremena poljoprivredna tehnika No33 (3-4):179-186.
- [7] Dimitrijević Aleksandra, Blažin Slobodan, Blažin, Dragan, Miodragović Rajko, Mileusnić Zoran.2011. Proizvodnja povrća u zaštićenom prostoru na malom posedu. Poljoprivredna tehnika No2. pp.23-32
- [8] Dimitrijević Aleksandra, Đević M., Blažin, S., Blažin, D.. 2010. Energetski bilans proizvodnje salate u objektima zaštićenog prostora različite konstrukcije. Poljoprivredna tehnika, 35 (2), pp. 97 – 106.
- [9] Djevic, M., Dimitrijevic Aleksandra. 2009b. Energy consumption for different greenhouse construction. Energy. No34. 9: 1325-1331.
- [10] Djevic, M., Dimitrijevic Aleksandra. 2006. Energy consumption for plastic Covered Greenhouse Structures. Poljoprivredna tehnika, 31 (3), pp.65 – 71.
- [11] Despommier, D. *The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century*; Thomas Dunne Books: New York, NY, USA, 2010. [Google Scholar]
- [12] Despommier, D. Farming up the city: The rise of urban vertical farms. *Trends Biotechnol.* **2013**, *31*, 388–389. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
- [13] Despommier, D. *Encyclopedia of Food and Agricultural Ethics (Vertical Farms in Horticulture)*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2014. [Google Scholar]
- [14] The United Nations. *World Population Prospects: The 2017 Revision*; UN:NY, USA, 2017. [Google Scholar]
- [15] <http://www.fao.org/statistics/databases/en/>
- [16] Kalantari, F.; Tahir, O.M.; Lahijani, A.; Kalantari, S. A Review of Vertical Farming Technology: A Guide for Implementation of Building Integrated Agriculture in Cities. *Adv. Eng. Forum* **2017**, *24*, 76–91, ISSN 2234-991X. [Google Scholar] [CrossRef]
- [17] Food and Agriculture Organization (FAO). *Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops: Principles for Mediterranean Climate Areas*; FAO: Roma, Italy, 2013; Chapter 15. [Google Scholar]
- [18] Wood, S.; Sebastian, K.; Scherr, S.J. *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Agroecosystems*; International Food Policy Research Institute and World Resources Institute: Washington, DC, USA, 2001; p. 110. Available online: <http://www.wri.org/publication/pilot-analysis-global-ecosystems-agroecosystems>(accessed on 15 July 2017).
- [19] Kalantari, F.; Tahir, O.M.; Lahijani, A.; Kalantari, S. A Review of Vertical Farming Technology: A Guide for Implementation of Building Integrated Agriculture in Cities. *Adv. Eng. Forum* **2017**, *24*, 76–91, ISSN 2234-991X. [Google Scholar] [CrossRef]
- [20] Harris, D. *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower*, 2nd ed.; New Holland Publishing: London, UK, 1992. [Google Scholar]
- [21] 30Green Spirit Farms. Sustainable Vertical Farming. Available online: <http://www.greenspiritfarms.com/in-the-news> (accessed 15 July 2017).
- [22] Advantages of Vertical Farming. Vertical Farming Systems. 2017. Available online: <http://www.verticalfarms.com.au/advantages-vertical-farming> (accessed on 15 July 2017).
- [23] Plantagon. Available online: <http://plantagon.com/> (accessed on 15 July 2017).
- [24] Geddes, T. The Future of Vertical Farming in 5 Inspiring Examples. *Dispatch Weekly*, 12 October 2016. Available online: <http://dispatchweekly.com/2016/10/future-vertical-farming-5-inspiring-examples/> (accessed on 15 July 2017). [Google Scholar]

- [25] Sky Greens. Available online: <https://www.skygreens.com/> (accessed on 15 July 2017).
- [26] 77Safikhani, T.; Abdullah, A.M.; Ossen, D.R.; Baharvand, M. A review of energy characteristic of vertical greenery systems. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2014**, *40*, 450–462. [Google Scholar] [CrossRef]
- [27] 79Lehmann, S. *The Principles of Green Urbanism: Transforming the City for Sustainability*; Earthscan: London, UK, 2010. [Google Scholar]
- [28] Voss, P.M. Vertical Farming: An agricultural revolution on the rise. Master's Thesis, Halmstad University, Halmstad, Sweden, 2013. [Google Scholar]
- [29] <http://www.verticrop.com/index.html>
- [30] Fedoroff, N. 2015. “Food in a Future of 10 Billion.” *Agriculture & Food Security* **4**: 1.
- [31] Fletcher, M. 2013. “Thanet Earth: The Farm of the Future.” *The Telegraph*. Accessed 9 August 2017. <http://www.telegraph.co.uk/news/earth/agriculture/farming/10321390/Thanet-Earth-the-farm-of-the-future.html>
- [32] Frazier, I. 2017. “The Vertical Farm.” *The New Yorker*, 9 January.
- [33] Giroux, R., A. Berinstain, S. Braham, T. Graham, M. Bamsey, K. Boyd, and K. Cowing. 2006. “Greenhouses in Extreme Environments: The Arthur Clarke Mars Greenhouse Design and Operation Overview.” *Advances in Space Research* **38**: 1248–1259.
- [34] Smiechowski, J. Vertical Farming Venture Achieves Sustainability and Success in New Buffalo, Michigan. SeedStock, 10 June 2013. Available online: <http://seedstock.com/2013/06/10/vertical-farming-ventureachieves-sustainability-and-success-in-new-buffalo-michigan/> (accessed on 15 July 2017).
- [35] Yeh, N., and J. Chung. 2009. “High-brightness LEDs: Energy Efficient Lighting Sources and Their Potential in Indoor Plant Cultivation.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **13**: 2175–2180.
- [36] Bamsey, K. Boyd, and K. Cowing. 2006. “Greenhouses in Extreme Environments: The Arthur Clarke Mars Greenhouse Design and Operation Overview.” *Advances in Space Research* **38**: 1248–1259.
- [37] Krishnamurthy, R. 2014. “Vertical Farming: Singapore’s Solution to Feed the Local Urban Population. University of Arizona. Permaculture Res. Institute. Accessed 2 February 2017. [http://permaculturenews.org/2014/07/25/verticalfarming\\_singapore -solution-feed-local-urbanpopulation/](http://permaculturenews.org/2014/07/25/verticalfarming_singapore -solution-feed-local-urbanpopulation/)
- [38] Marks, P. Vertical Farms Sprouting All over the World. *New Scientist*, 16 January 2014. Available online: [http://www.newscientist.com/article/mg22129524.100-vertical-farms-sprouting-all-over-the-world.html#.U1yPU\\_RDuo](http://www.newscientist.com/article/mg22129524.100-vertical-farms-sprouting-all-over-the-world.html#.U1yPU_RDuo) (accessed on 15 July 2017). [Google Scholar]
- [39] Nebojša Momirović, Dejan Orlović, Mićo V. Oljača. 2005. The Specifics of Technical and Exploitation Properties of Micro-Irrigation Systems in Greenhouse Production. *Poljoprivredna tehnika* No1. pp.59-69, <http://arhiva.nara.ac.rs/handle/123456789/141>
- [40] Momirović N., Oljača, V.M., Doljanović Ž., Poštić D. 2010. Energetska efikasnost proizvodnje paprike u zaštićenom prostoru u funkciji primene različitih tipova polietilenskih folija (PE). *Poljoprivredna tehnika*, No 35 (3), pp. 1 – 13.
- [41] <https://biv.com/article/2015/05/city-vancouver-still-paying-failed-urban-farm>
- [42] Morgan, K. 2009. “Feeding the City: The Challenge of Urban Food Planning.” *International Planning Studies* **14**: 341–348. [Taylor & Francis Online]
- [43] Morgan, K., and R. Sonnino. 2010. “The Urban Foodscape: World Cities and the New Food Equation.” *Cambridge Journal of Regions, Economics, and Society* **3**: 209–224.

## EFEKTI PRIMENE PRECIZNE POLJOPRIVREDE U RATARSKOJ PROIZVODNJI – PRIMER DOBRE PRAKSE

Stanko Oparnica<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alrawafed Srbija doo, Bul. Mihajla Pupina 6, PC Ušće, Beograd

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

### SAŽETAK

U ovom radu je dat sažet prikaz primenjenih tehnika i tehnologija iz korpusa "precizna poljoprivreda" koja su našla primenu na jednom gazdinstvu koje se bavi ratarskom proizvodnjom. Prikazane su primenjene tehnologije, deo rezultata ostvarenih tokom eksploatacije pomenutih tehnologija, kao i uočeni problem koji su nastajali tokom same eksploatacije. Korišćenje različitih tehnologija ima svojih prednosti, ali i otežavajućih okolnosti prilikom same primene. Svaki poljoprivredni proizvođač treba da prepozna svoje potrebe, probleme za koje traži rešenja i da napravi kombinaciju tehnologija koje daju zadovoljavajuća rešenja. Proizvodnu parcelu treba podeliti na manje zone i sa svakom zonom upravljati posebno u smislu odbacivanja ustaljene prakse da kompletne površine tretiramo jednako sa inputima, što za posledicu ima efikasniju i ekonomičniju proizvodnju. Precizna poljoprivreda nam donosi brojne podatke sa parcele, što naše upravljačke odluke čini ispravnijim, sigurnijim i mnogo kvalitetnijim. Treba samo imati znanje i ideju kako iskoristiti te podatke i dostupnu tehnologiju.

**Ključne reči:** precizna poljoprivreda, navigacioni sistem, senzori, prikupljanje podataka, softver, daljinska detekcija.

## EFFECTS OF THE APPLICATION OF PRECISION AGRICULTURE IN CROP PRODUCTION - EXAMPLES OF GOOD PRACTICE

Stanko Oparnica<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alrawafed Serbia doo, Bul. Mihajla Pupina 6, PC Usce, Belgrade

<sup>2</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun, R. Serbia

### ABSTRACT

In this paper, a brief overview of the applied techniques and technologies from the corpus "precise agriculture" that was applied to one farm dealing with crop production. The applied technologies, part of the results achieved during the exploitation of the mentioned technologies, as well as the observed problem that were created during the exploitation itself are shown. The use of different technologies has its advantages, but also the aggravating circumstances of the application itself. Every agricultural producer needs to recognize his needs, the problem for which the solution is seeking for, and to make a combination of technologies that provide satisfactory solutions. The production field should be divided into smaller zones and managed each zone separately in terms of discarding the established practice to treat the entire surface equally with inputs, which results in more efficient and

<sup>1</sup> Stanko Oparnica, inženjer precizne poljoprivrede: [stanko.oparnica@alrawafed-serbia.com](mailto:stanko.oparnica@alrawafed-serbia.com)

economic production. Precision farming brings us a lot of data from the fields, making our management decisions more correct, safer and more quality. It only needs to have the knowledge and idea of how to use this data and the available technology.

**Key words:** precise agriculture, navigation systems, sensors, data aquisition, software, remoute sensing.

## UVOD

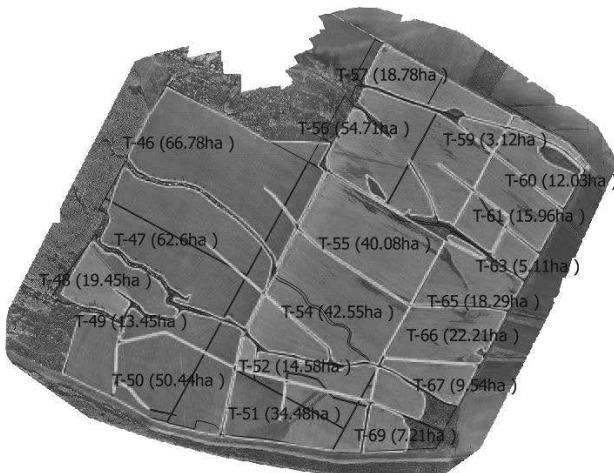
Proces primene precizne poljoprivrede je tekoć postepeno. Prvi korak je bio samo upotreba opreme za navigaciju na samohodnim mašinama. Brzo se uvidelo da navigacioni sistemi sakupljaju veliku količinu podataka o izvršenim operacijama i da je velika šteta ne koristiti tako dobijene podatke. Ti podaci su skladišteni u navigatoru i čekaju da se upotrebe za dalje analize. Zbog velikog broja mašina sa navigacionim sistemima bilo je nepraktično ići od mašine do mašine i preuzimati podatke. Zaključeno je da je potrebna veza između mašina i kancelarije preko koje će se prenos podataka obavljati u dva smera. Zato su sve samohodne mašine opremljene sa modemom i na taj način je kompletiran hardver. Da bi slanje/primanje podataka bilo moguće potrebna je upotreba softvera. Softverska aplikacija omogućava iscrtavanje parcela, organizaciju i sistematizaciju parcela, crtanje "AB" linija za vođenje mašina, označavanje prepreka na parceli, zona izuzeća itd. Slanje oblika parcali i "AB" linija, skraćuje vreme početka radova, postavlja sve mašine u jednu mrežu i omogućava brzu razmenu uočenih promena na parceli. Korišćenje istih "AB" linija jedne parcele ubrzavamo i olakšavamo izvođenje narednih radnih operacija na istoj parceli koje se izvode sa drugim mašinama, kako onim koje seju, rade medurednu kultivaciju, prskaju i dr.

Sva dalja primena dostupnih tehnologija vezanih za preciznu poljoprivredu omogućuju uštede proizvodnih inputa, manje korišćenje mehanizacije i ljudstva, brže i lakše obavljanje planiranih operacija, pravovremeno i efikasno donošenje odluka, i što je najvažnije, donošenje odluka na osnovu detektovanih i dokazivih informacija koje nam do sada nisu bili dostupni.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA – STUDIJA SLUČAJA

Prikupljanjem podataka o obavljenim operacijama i njihovim grafičkim prikazom u softveru, uočeno je da na velikom broju parcela dolazi do značajnog odstupanja od granica i oblika parcela po katastru i dobijenog zapisa o obavljenoj operaciji (pokrivenosti) iz mašina. Preklapanjem katastarskih i satelitskih snimaka, došlo se do zaključka da su podaci iz katastra netačni, da postoji drastična razlika na nekim parcelama, između stanja u katastru i stanja na parceli, i da kao takvi podaci iz katastra se ne mogu koristiti u navigacionim sistemima.

Uvidelo se da nemamo tačnu informaciju sa koliko hektara se zaista radi i kojeg su oblika parcele, odnosno koliki je tačan broj parcela. Treba napomenuti da je nabavka inputa potrebnih za proizvodnju obavljana prema netačnim informacijama dobijenih iz kataстра. Zaključak je bio da se na prvom mestu podaci o parcelama moraju srediti. Nametala su se dva rešenja: jedno klasično sa geometrom koji obilazi parcele i vrši merenje, i drugo modernije i efikasnije, je upotreba drona za snimanje ortofotografija. Odlučeno je da se upotrebni dron, jer je posao sa snimanjem, obradom fotografija i crtanjem granica parcela završen za 7 dana. Geometar bi morao da prepešači 80 km kako bi obišao sve parcele i doble bi se crne linije na belom papiru na kojima se ne vide prirodne prepreke, vodoleži, žbunje, hidranti, bandere i sl. Na slici sl 1 je kao ilustracija, prikazana mapa na kojoj su katastarske granice parcela prikazane crnom linijom dok su realne granice parcela prikazane zelenom linijom dok je ortofotografija terena u pozadini.

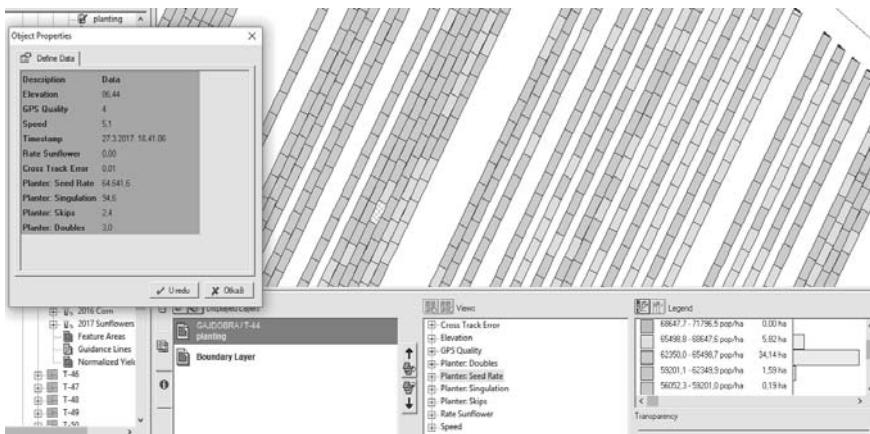


Slika 1. Razlika između katastraskih i relanih granica parcela

Setva je operacija u kojoj se najbolje vide prednosti navigacionih sistema. Setva izvedena po idealno pravoj liniji olakšava izvođenje narednih operacija i čini ih produktivnijim zbog moguće veće brzine kretanja i pravljenja manje štete na usevu. Korišćenjem kontrole sekcija sejalice, može se uticati na smanjenje upotrebe semena i do 5%. Što je oblik parcele nepravilniji, veće su i uštede. Sistem prepoznaće već posejano ili granicu parcele i isključuje pojedinačne sekcije. Kod širokoredih kultura, seme koje se poseje i iznikne u međurednom prostoru kasnije biva posećeno u međurednoj kultivaciji. Ako ostane, u tom delu postoji veća populacija biljaka i jedna drugo konkurišu za svetlost, hranivo i vodu.

Setva više setvenih agregata na jednoj parceli u toku dana je izazov, a u toku noći skoro nemoguće za realizaciju. Jednostavno, rukovaoci ne znaju i ne vide šta su posejale kolege. Ako je svaki setveni agregat na posebnoj parceli, često je potrebno da se obezbedi logistika na svakoj parceli jer su međusobno udaljene, što zahteva telehandler, pomoćnog radnika, transportni agregat za seme i đubrivo za svaku parselu. Ako jedan setveni agregat seje velike parcele, površine veće od 200 ha, njemu je potrebno 2 do 3 dana da završi setvu te parcele. Posledica takvog načina rada je neuјednačeno nicanje.

Upotrebom "Vehicle Sync" tehnologije, do 6 mašina može biti povezano na jednoj parseli koje razmenjuju podatke o urađenoj površini. Ova tehnologija nam je omogućila da 4 sejalice rade na jednoj parseli, a da ih opslužuje samo jedan telehandler, jedan pomoćni radnik i jedan transportni agregat. Osim toga, koeficijent iskorišćenja radnog vremena je od 80 do 85%, odnosno sejalice rade 20-21 h na dan. Sa manjim brojem sejalica i manjom logistikom uradi se veća površina i nije potrebno nabavljati veći broj setvenih agregata.



Slika 2. Mapa kvaliteta obavljene setve – ostvarene različite norme setve

Moderne sejalice su opremljene sa senzorima čiji je zadatak da prate isejanu populaciju semena i da alarmiraju probleme sa odstupanjem od norme. Uobičajeno je da nivo alarma bude 10 do 15% od postojeće norme. Teoretski postoji mogućnost da celu setvenu sezonu sejalica izbacuje 9% više/manje semena, a da se alarm ne upali. Kvalitet setve se proveravao otkopavanjem i brojanjem zrna na pojedinim sekcijama sejalice i na osnovu toga se izvodio zaključak o celokupnom kvalitetu setve. Povezivanjem sejalice sa navigatorom omogućava se mapiranje isejane populacije, utvrđivanje procenta duplih mesta, utvrđivanje procenta praznih mesta i populacije po celoj površini parcele (slika 2). Na osnovu podatka sa mape može se mnogo bolje zaključiti o kvalitetu izvedene setve kao i o stanju sejalice. Kada se posle žetve traži odgovor na pitanje o veličini prinosa, mapa setve može da pokaže uticaj kvaliteta setve na dobijeni prinos.

Kao i kod sejalice, kod prskalice se koristi kontrola sekcija. Osim uštede hemijskih sredstava zbog smanjenog preklopa, ova tehnologija ima i pozitivan uticaj na ekologiju jer se ne vrši prskanje van granica parcele. Takođe, podaci dobijeni od merača protoka prskalice se mapiraju. Na taj način se dobija mapa izbačene količine tečnosti odnosno mapa kvaliteta prskanja. U slučaju prskanja, bolje informacije se dobijaju u kancelariji nego kada se stoji na uvratinama. Teško je proceniti brzinu kretanja prskalice, a skoro nemoguće proceniti normu. Mapa nam daje uvid u raspored hemijskih sredstava, odnosno prikazuje odstupanje od zadate norme. Odgovarajući softver nam omogućava upotrebu tank mix-a, koji nam za napravljenu kombinaciju hemijskih sredstava odmah odredi cenu koštanja po litri mešavine za zadatu normu.

Preduslov za dobijanje ovih informacija je da je baza podataka napunjena sa informacijama o vrsti hemijskog sredstva, ceni, normi, karenici i napasti za čije uništavanje je namenjena. Osim stručnih informacija o usevu i hemijskom sredstvu, zaštitar sada ima ispred sebe i ekonomski faktor koji utiče na izbor hemijskih sredstava (slika 3).

Tank Mix Properties

Name *	Acanto mix1	
Form *	Liquid	
Carrier	water	
Default Rate	200.00 L/ha	
<input checked="" type="radio"/> Define mix as rates <input type="radio"/> Define mix as quantities		
Mix Rate *	220.00 L/ha	
Mix Cost	€0.13 / L	
<input type="button" value="+ ADD INGREDIENTS TO RECIPE"/>		

Slika 3. Primer tank mix-a sa cenama sastojaka

Vremenske prilike u značajnoj meri utiču na izvođenje operacija u poljoprivredi. Jedna od najosetljivijih operacija je hemijska zaštita, pa na njega utiče i temperature vazduha kao i brzina veta. Softver uparaje podatke za vremensku prognozu i daje predviđanje razvoja bolesti i napasti za određene kulture. Osim toga, svaki radni nalog se može povezati sa vremenskim uslovima koji su vladali na dатој парцели за vreme izvođenja operacije prskanja (slika 4). Dobijaju se informacije o tempraturi, brzini i pravcu vetra. To je vrlo važno za kontrolu osoblja kojem je povereno izvođenje operacije kao i za izvođenje zaključka o opštem kvalitetu hemijske zaštite. Nakon završene hemijske zaštite, mogu se kreirati različiti izveštaji, o hektarima, upotrebljenoj količini tečnosti i pojedinim hemijskim sredstvima, troškovima hemijske zaštite itd.

Product Application

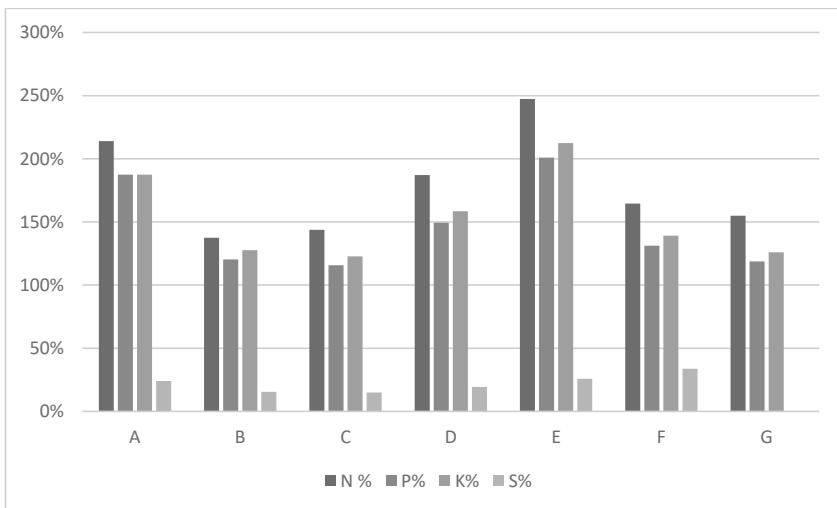
Application Type	Ground	Crop Stage								
Active Area	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes	Spray Volume								
Operator Name	Slavko 114	Applicator License No								
Comments										
Product	Cost/Unit	Rate	Cost/Hectare	Material	Comments	Target Pest	PHI	REI		
Alteoks mustang	0	194 l/ha	16395.79					hours		
Acanto mix	0	203 l/ha	17153.98					hours		
ID	Field Name	LLD	Date - Start	Date - End	Hectares	Weather	Temp	Wind Sp	Wind Dir	
120 T-606			5/17/2018	5/18/2018	84.15	Partly cloudy	10 °C	19 km/h	W	
<input type="button" value="Update"/> <input type="button" value="Delete"/> <input type="button" value="Close Window"/>					<input type="button" value="Get Weather Condition"/>					
LISMAN MIX					0.00 l	886.17 l/ha				

Slika 4. Dodavanje vremenskim prilikama u radni nalog za prskanje

Kombajni opremljeni sa senzorima temperature i prinosa omogućavaju mapiranje prinosa. Ideja nije u mapiranju prinosa sa preciznošću u kilogram, već je više u otkrivanju zona koje imaju različit prinos na jednoj parceli.

Preklapanjem sa mapama prethodno izvedenih operacija (setva, prskanje itd.) može se dobiti odgovor na pitanje o prinosu na pojedinim parcelama.

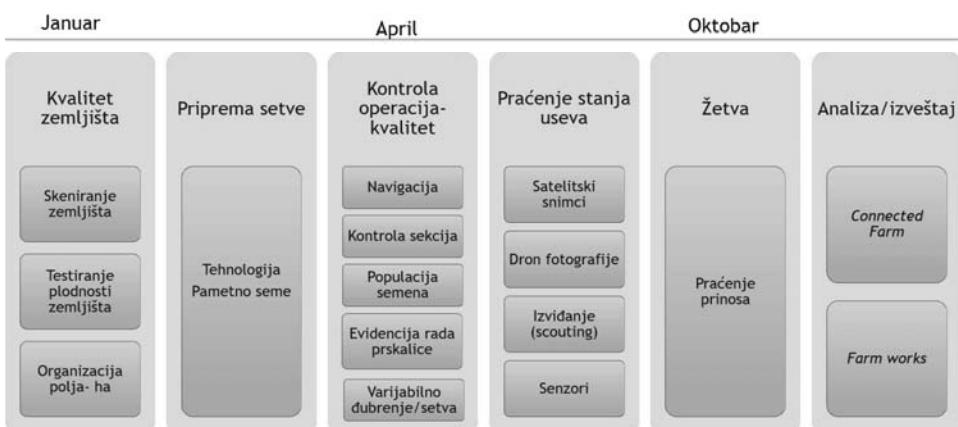
Na svim parcelama, najveći uticaj na prinos ima zemljište. Da bi se dobili odgovori o zemljištu koristi se tehnologija skeniranja zemljišta. Skeniranjem zemljišta dobijaju se mape strukture zemljišta, organske materije, nadmorske visine i pH zemljišta. Ukrštanjem ovih osnovnih mapa, mogu se dobiti mape sklonosti zemljišta ka ispiranju N ili mape za zonsko uzimanje uzorka zemljišta za analizu i sl. Umesto nasumičnog uzorkovanja, sada postoji mogućnost uzorkovanja po zonama i dobijanja podataka o potencijalu tih zona.



Slika 5. Poređenje upotrebljene količine hraniva i količine iznete prinosom

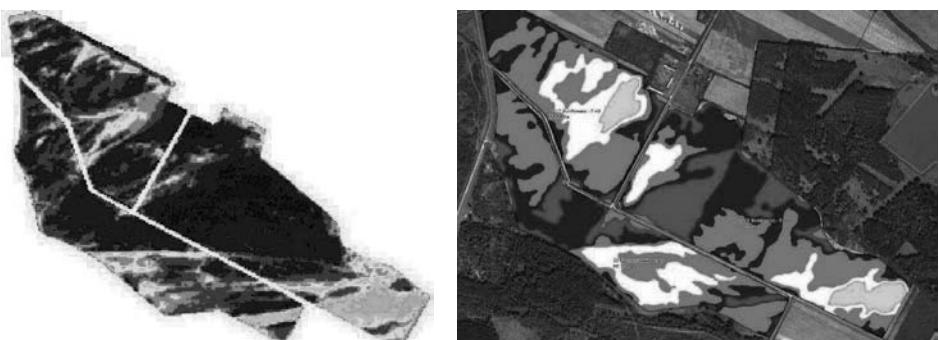
Na slici 5 je prikazano poređenje date aktivne materije i iznete aktivne materije sa dobijenim prinosom. Mera od 100% je potrebna količina aktivne materije za dobijeni prinos. Sve preko te linije je previse, a sve ispod te linije je premalo. Sa dijagrama se uočava da je upotreba NPK prekomerna i neekonomična, a da je limitirajući faktor prinosa bio S koji je dat u nedovoljnim količinama. Bolja strategija đubrenja bi bila umanjenje količine NPK, a da su ta sredstva uložena u dodavanje veće količine S.

Kada se sagledane primenjene tehnologije, čija je osnova navigacioni sistem, uočeno je da postoji velika količina informacija o operacijama na parcelli, ali istovremeno ne postoji informacija o stanju useva (Sl. 6). Povremeni nasumični obilasci parcela daju isto tako nasumične informacije o stanju useva. Fotografije i zapisi se prosleđuju e-mail-om i vremenom se zaborave jer nisu povezani sa ostalim podacima sa parcele. Nemoguće je peške obići sve parcele i sve delove jedne parcele ako posedujete velike površine zemlje.



Slika 6. Primene različitih tehnologija precizne poljoprivrede na primeru proizvodnje prolećnih kultura

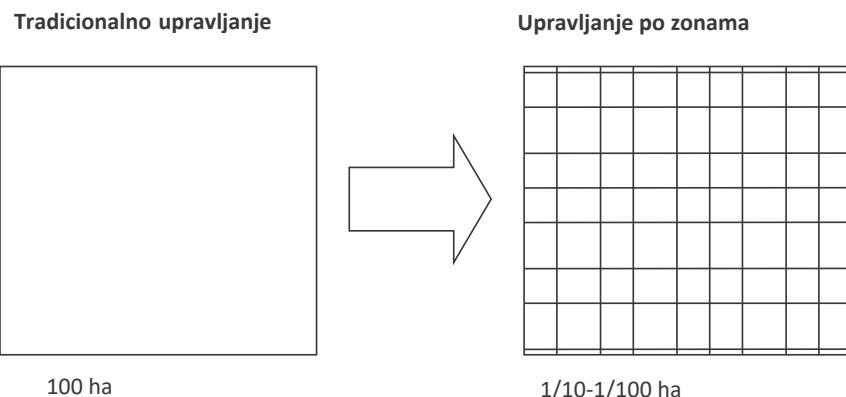
Tu nastupa tehnologija daljinske detekcije, bilo upotrebom satelita bilo dronova, a najbolji rezultati se dobijaju kombinacijom oba načina detekcije. Za opšte stanje useva/parcele posebno na velikim površinama pogodnija je upotreba satelitskih multispektralnih snimaka, dok za lokalno posmatranje, kada je već uočen problem na pojedinoj parcelli, upotreba drona sa multispektralnom kamerom ima bolje rezultate. Obradom multispektralnih slika dobijaju se informacije o delovima parcele gde su biljke pod stresom i do 2 nedelje pre nego što se može uočiti golim okom. Na taj način, obilazak polja je lokacijski definisan, tj. sa namerom se ide na određene delove parcele da bi se istražilo šta izaziva stres kod biljaka. Podaci dobijeni obilaskom polja sada imaju geo referencu i vezani su zaodređenu parcellu kao i vegetacioni indeksi. Dugogodišnja upotreba vegetacionih indeksa je pokazala veliku proporcionalnu korelaciju između indeksa, kao što je NDVI, i prinosa (slika 7).



Slika 7. Mapa NDVI (levo) i mape prinosa (desno)

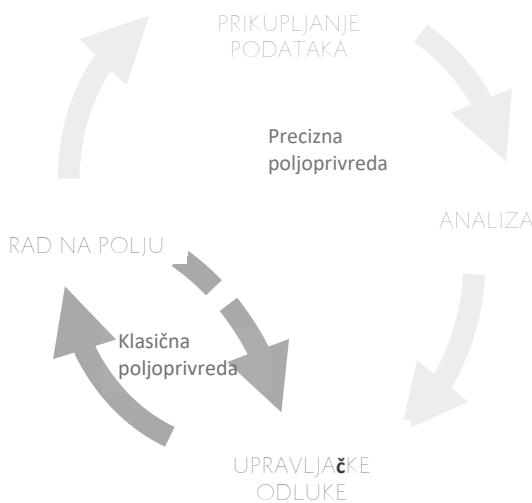
Da bi došli do pozitivnih efekata primene precizne poljoprivrede u ratarskoj proizvodnji moraju se zadovoljiti određeni preduslovi:

**Kombinovana upotreba različitih tehnologija.** Ne postoji idealno rešenje koje je primenljivo svuda i za svakoga. Svako treba da prepozna svoje potrebe, probleme za koje traži rešenja i sl. i da napravi kombinaciju tehnologija koje daju zadovoljavajuća rešenja (slika 4).



Slika 8. Različiti načini upravljanja parcelom

**Parcelu ne tretirati kao homogenu** celinu već uvažavati različitosti izazvane različitim prirodnim uticajima. Parcelu treba podeliti na manje zone i sa svakom zonom upravljati posebno (slika 8) u smislu upotrebljene količine mineralnog đubriva, posejane populacije itd. Ovo traži veliku posvećenost ljudi angažovanih na ovim poslovima kao i promenu stanja svesti. Iz ugla primenjene poljoprivredne mehanizacije precizna poljoprivreda zahteva upotrebu mašina koje imaju mogućnost varijabilne distribucije semena, hemijskih sredstava ili đubriva.



Slika 9. Klasična i precizna poljoprivreda – razlika u procesu primene

**Prikupljanje podataka** je u poljoprivredi veliki problem (slika 9). Još veći je što se i to malo prikupljenih podataka retko analizira. Sa druge strane, upotrebom precizne poljoprivrede, velike količine vrlo kvalitetnih podaka se prikupljaju po automatizmu pokretanjem neke operacije u navigaciji. Na osnovu tih podataka softver kreira mnogobrojne izveštaje, koji se mogu konvertovati u format koji nam je veoma dostupan (excel dokumenti). Treba samo imati ideju kako ih i iskoristiti i potrebno je verovati dobijenim podacima.

Moguće je ostaviti konekciju i povezivanje sa drugim programima namenjenim za upravljanje poljoprivrednom proizvodnjom. Upravljačke odluke donešene na osnovu više informacija su mnogo kvalitetnije. Kombinovanjem različitih mapa se dobija novi kvalitet.

**Stanje svesti radnika**, od rukovaoca mašine do menadžmenta, je od ogromne važnosti da bi primena precizne poljoprivrede imala efekta u praksi. Što više podataka postoji o operacijama i parcelli to zahteva veću posvećenost poslu. Velikim brojem podataka kojim upravljamo stičemo veće znanje koje je potrebno da bi se optimizovala upotreba mineralnih đubriva, semena, hemijskih sredstava, vode i sl. Svako danas može da proizvede 8 t/ha kukuruza prateći instrukcije proizvođača semena i đubriva. Ali proizvesti 15 t/ha i više, i to ekonomično sa velikim profitom, to je izazov u koji treba da se uloži puno truda i znanja.

## ZAKLJUČAK

Svi zaposleni u poljoprivredi smo svedoci novog kvantnog skoka u poljoprivredi, nazvanog Poljoprivrede 4.0. On je započeo pre nekoliko godina i sada se odvija tu pored nas, vrlo intenzivno. U prošlosti smo se vrlo kasno uključivali u prethodna 3 takva skoka iz opravdanih i neopravdanih razloga. Naša generacija danas ima šansu da se pravovremeno uključi u sva dešavanja samo treba da ima želju da to učini. Sredstva i tehnologije za priključivanje tehnološkom usponu postoje i nalaze se na dohvati ruke. Ako se ne uključimo sada niko nam neće biti kriv osim nas samih, a posledice mogu biti velike i dalekosežne.

Da bi se došlo do pozitivnih efekata primene precizne poljoprivrede moraju se savladati različiti izazovi kako materijalne prirode tako i psihološke prirode. Materijalni izazovi su vrlo definisani, veličina i oblik parcele, tip maštine koji će se koristiti, tehnologija obrade zemljišta i na kraju definisan trošak. Izazove psihološke prirode je najteže savladati. Ljudi teško menjaju navike i teško ih je pomeriti iz njihove zone komfora. Iako su prednosti primene novog koncepta vrlo jasne, stvara se iracionalni otpor kod ljudi koji treba da ih primenjuju u praksi. Kada bi se samo 10% energije koja se troši u dokazivanju da je neka tehnologija neprimenjiva, upotrebilo da se ta tehnologija brže primeni, ostvario bi se neverovatno brz napredak. U velikim poljoprivrednim firmama postoji više slojeva menadžmenta iznad neposrednog rukovaoca i svaki taj nivo predstavlja poseban izazov i drugačiji način pristupa da bi se ubedio da promeni dosadašnji način rada.

## LITERATURA

- [1] Trimble Ag software user guide, Version 2017. Revision A. 2017.
- [2] Oparnica S, Sar I. Primena precizne poljoprivrede u proizvodnji soje: Deo 1 – Efekat suše i dubrenja na prinos. Savremena polj. tehn. 2017;43(1):7–16.
- [3] Oparnica S, Sar I. Primena precizne poljoprivrede u proizvodnji soje: Deo 2 – Mapiranje polja i pokazatelji prinosa. Savremena polj. tehn. 2017;43(2):75–84.
- [4] Dave Franzen, Francis Casey. Yield Mapping and Use of Yield Map Data. NDSU Publication; 2008.
- [5] Osvaldo Guedes Filho, Sidney Rosa Vieira, Marcio Koiti Chiba, et al. Geostatistical analysis of crop yield maps in a long term no tillage system. Bragantia. 2010;69:9–18.
- [6] Oparnica S. Advanced use of crop yield maps and histograms. Adv Agr Environ Sci. (2018);1(2): 65–68. DOI: 10.30881/aaeoa.00012

# MAPIRANJE TRETMANA HEMIJSKE ZAŠTITE U RATARSKOJ PROIZVODNJI KORIŠĆENjem TEHNIKA PRECIZNE POLJOPRIVREDE

Miloš Pajić<sup>1</sup>, Stanko Oparnica<sup>2</sup>, Milica Bižić<sup>3</sup>,  
Kosta Gligorević<sup>1</sup>, Mićo Oljača<sup>1</sup>, Biljana Bošković<sup>4</sup>, Milan Dražić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Zemun-Beograd

<sup>2</sup>Alrawafed Srbija doo, Bul. Mihajla Pupina 6, PC Ušće, Beograd

<sup>3</sup> Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, student doktorskih studija

<sup>4</sup> Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, student master studija

## SAŽETAK

Hemiska zaštita je nezaobilazna agrotehnička mera u svim segmentima konvencionalne poljoprivredne proizvodnje. Značaj pravilnog izvođenja hemijske zaštite na kvalitet i prinos gajene kulture je veliki, isto kao i finansijski troškovi koja ova mera ima u strukturi ukupnih troškova. Ustaljena tehnika kontrole, praćenje kvaliteta rada i efikasnosti mašina za zaštitu bilja u ratarskoj proizvodnji ima brojne nedostatke. Različite tehnike precizne poljoprivrede nam omogućavaju evidentiranje i detekciju kritičnih tačaka u različitim proizvodnim procesima, pa se slične tehnike mogu primeniti i u kontroli hemijske zaštite ratarskih kultura.

U ovom radu je korišćena lokacijski notirana baza podataka ostvarenih protoka prskalica koje su radila hemijski tretmane u ječmu. Na parceli veličine 52 ha, odstupanje od zadate norme tretiranja, za više od 10%, je obavljen na 3,61 ha. Utvrđeno je da ostvarena norma tretiranja, prilikom korišćenja istog agregata, u značajnoj meri zavisi od samog rukovaoca, gde su odstupanja u pojedinim tretmanima i preko 100%. Utvrđena su značajna odstupanja u normama tretiranja koja značajno utiču na cenu koštanja utrošenih hemijskih sredstava, gde su u hemijskoj zaštiti ječma na preko 454 ha prekoračene zadate norme, što je povećalo troškove upotrebljenih hemijskih sredstava za 10,33%.

**Ključne reči:** norma tretiranja, tehnička ispravnost, merač protoka, mapa tretiranja, troškovi.

## MAPPING TREATMENTS OF CHEMICAL PROTECTION IN CROP PRODUCTION BY USING THE PRECISION AGRICULTURE TECHNOLOGY

Miloš Pajić<sup>1</sup>, Stanko Oparnica<sup>3</sup>, Milica Bižić<sup>3</sup>,  
Kosta Gligorević<sup>1</sup>, Mićo Oljača<sup>1</sup>, Biljana Bošković<sup>4</sup>, Milan Dražić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Zemun-Belgrade

<sup>2</sup>Alrawafed Serbia doo, Bul. Mihajla Pupina 6, PC Usce, Belgrade

<sup>1</sup> Kontakt osoba: prof. dr Miloš Pajić; e-mail: [paja@agrif.bg.ac.rs](mailto:paja@agrif.bg.ac.rs)

Rad je deo istraživanja na projektu TR 31051 finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

<sup>3</sup> University of Belgrade, Faculty of Agriculture, PhD student

<sup>4</sup> University of Belgrade, Faculty of Agriculture, MSc student

## ABSTRACT

Chemical protection is an indispensable agro-technical step in all segments of conventional agricultural production. The significance of proper chemical protection is large for the quality and yield of cultivated culture, as is the financial costs that this measure has in the structure of total costs. The established technique of control, monitoring the quality of work and the efficiency of plant protection machines in crop production has numerous shortcomings. Different techniques of precision agriculture enable us to record and detect critical points in various production processes, so similar techniques can be applied in the control of chemical protection of crop cultivars.

In this paper, a location database of actual flows of sprinklers that used chemical treatments in barley was used. On a plot of 52 ha, the deviation from the specified treatment rate by more than 10% was performed at 3.61 ha. It was found that the achieved norm of treatment when using the same aggregate, depends significantly on the operator itself, where the deviations in individual treatments and over 100%. Significant deviations in treatment standards have been identified that also significantly affect the cost of consumed chemicals, where the recommended standards have been exceeded in the chemical protection of barley production on over 454 ha, which increased the cost of used chemicals by 10.33%.

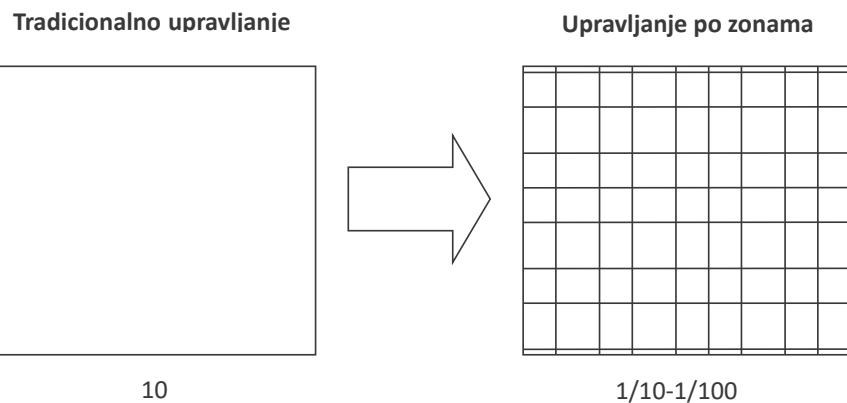
**Key words:** treatment norm, technical accuracy, flow meter, treatment map, costs.

## UVOD

Rastuća potreba za hranom, doveća je do razvoja poljoprivrede prevašodno se oslanjajući na primenu mehanizacije i hemijskih sredstava. Prekomerna, nekontrolisana i nestručna upotreba zaštitnih hemijskih sredstava (pesticida) u konvencionalnoj proizvodnji je vrlo čest slučaj. U nameri ostvarivanja što viših prinosa i profita, primenjuju se ne odgovarajuće norme tretiranja, ne poštuju se osnovna načela hemijske zaštite bilja, što za uzrok ima umanjenje kvalitet i plodnost zemljišta, pri čemu se zanemaruje uticaj takve prakse na kvalitet i bezbednost hrane po zdravlje ljudi i životinja [1], [3], [5].

Kao jedan od odgovora na ustaljenu praksu u oblasti hemijske zaštite bilja, precizna poljoprivreda je ponudila više različitih tehnika i tehnologija čijom se primenom mogu uspešno prevazići višedecenjski problemi. Precizna poljoprivreda kao koncept, temelji se na evidentiranju i selektivnom tretmanu manjih površina unutar nekog polja (slika 1). Precizna poljoprivreda se temelji na primeni informatičkih tehnologija, satelitske navigacije, sofisticiranih upravljačkih alata i mogućnosti uskladivanja poljoprivredne mehanizacije sa željenim pravcem menadžmenta proizvodnje. Pomoću različitih senzora se mogu u realnom vremenu utvrditi i evidentirati parametri proizvodnih procesa, na osnovu kojih se precizno mogu utvrditi razlozi efikasnog/neefikasnog delovanja [3], [5]. Prikupljene informacije se koriste za izradu karata (mapa) koje pokazuju varijacije posmatranih parametara poput prinosa, zakorovljenosti, plodnosti zemljišta, razvoja bolesti i sl. Cilj precizne poljoprivrede je

stvoriti optimalne uslove za rast i razvoj gajenih biljaka, na svakom od delova parcele pojedinačno. Takvim pristupom se pored podizanja proizvodnih rezultata utiče i na smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu od prekomerne upotrebe hemijskih sredstava [5].. Potpuni efekat primene precizne poljoprivrede vidljiv je kroz ekonomičnost proizvodnje, optimizaciji troškova angažovanih inputa u proizvodnji, i racionalizaciji angažovanja sredstava poljoprivredne mehanizacije i ljudske radne snage.



Slika 1. Različiti pristupi upravljanja parcelom

Hemijska zaštita bilja je jedna od veoma važnih, možda i presudnih agrotehničkih mera na kvalitet i kvantitet ratarskih kultura. Dobrom i pravilnom hemijskom zaštitom može se u značajnoj meri uticati na pojavu i intenzitet bolesti na gajenom usevu, pa time i na obim hemijske zaštite. Što je hemijska zaštita izvedena bolje i pravovremeno, manje su potrebe za dodatnim hemijskim merama, a sama zaštita je uspešnija. Hemiska zaštita ratarskih kultura daje dobre efekte ako favorizuje rast i razvoj gajenih biljaka, a ometa ili ne doprinosi razvoju korovskih biljaka, patogena, odnosno bolesti. Presudan faktor na efekat hemijske zaštite ratarskih kultura jeste odabir odgovarajućeg pesticida i njegova pravilna primena. Pri svemu ovome, potrebno je imati u vidu štetno dejstvo pesticide na životnu i radnu okolinu. Zbog svega iznetog, pesticide se moraju racionalno koristiti čime se eliminiše ili u znatnoj meri umanjuje njihovo štetno dejstvo. Racionalno korišćenje pesticida podrazumeva primenu u tačno zadatoj normi tretiranja.

Ustaljena praksa podešavanja i kontrolisanja prskalica prilikom hemijske zaštite ratarskih useva, podrazumeva odokativnu vizuelnu proveru ispravnosti svih rasprskivača, kao i podešavanje radnih parametara prskalice (izbor rasprskivača, radni pritisak, brzina kretanja agregata) prilikom započinjanja procesa hemijske zaštite. Vrlo često dolazi do odstupanja od željenih ili podešenih vrednosti koje pre svega zavise od: tehničke ispravnosti prskalice i odgovornosti rukovaoca traktorskog agregata. Upravo su u ovom radu analizirana ova dva uticajna faktora, gde su uz pomoć različitih tehnika merenja, sakupljanja i obrade podataka utvrđena određena odstupanja. Primenom različitih tehnika precizne pljoprivrede omogućeno je evidentiranje ovih anomalija u proizvodnom procesu, kao i preduzimanje mera za njegovo brzo i efikasno otklanjanje.

## MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanje je sprovedeno na proizvodnim poljima kompanije Alrawafed Srbija, gde su prikupljeni podaci dobijeni iz proizvodnje više ratarskih kultura, dok je reprezentativna

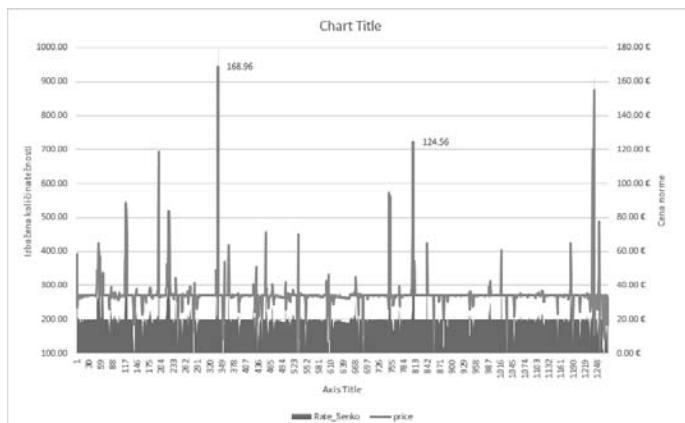
analiza rađena za proizvodnju ječma koja se obavljala na površini od 454 ha. U proizvodnim uslovima je korišćena savremena poljoprivredna mehanizacija, ne starija od 4 godine [2], [4]. Samohodne prskalice i traktorski agregati praćeni u ovom istraživanju su bili sa instaliranim navigacionim sistemima preciznosti 2,5 cm, koje su podržavale primenu tehnike "kontrola sekcija". Sva praćena sredstva poljoprivredne mehanizacije su opremljena modemima, kao standardnim delom navigacione opreme. Modem omogućava dvosmerna komunikaciju između mašine i centralnog računara, posredstvom oblaka podataka (cloud), na kome se kasnije vršila obrada i analiza prikupljenih podataka.

Zbog automatizovanog podešavanja norme prskanja, prskalice kao standardnu opremu imaju merač protoka ka diznama. Podaci koji se dobijaju od merača protoka se šalju u ECU prskalice. ECU prskalice je povezan sa monitorom navigacije, koji služi kako za upravljanje navigacijom tako i za kontrolu rada prskalice. Ovim povezivanjem, je omogućeno geografsko lociranje postignute norme na delovima parcele. Jedna "tačka" zapisa ostvarene norme je veličine 20 m dužine x radni zahvat prskalice. U slučaju samohodne prskalice to je 20 x 36 m, a u slučaju vučene prskalice 20 x 30 m. U istraživanju je korišćena prskalica Hardi Alfa radnog zahvata 36 m (prskalica A), i prskalica Hardi Commander radnog zahvata 30 m (prskalica B).

"Trimble Ag softvera", verzija desktop [6], izvršena je preliminarna analiza podataka, izvršeno je kreiranje mapa za svaku obrađenu parcelu, i pripremljen je grafički prikaz analiziranih podataka. Svi sakupljeni podaci su obrađeni statističkim metodama uz primenu softverskog paketa SPSS 17.0. Analiza troškova primenjene mešavine hemijskih sredstava je urađena u programu MS Excel.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Tehnička ispravnost prskalica ima presudan uticaj na pravilnu distribuciju i efikasnost hemijske zaštite gajenih useva. Praćenjem podataka je ustanovljeno da i pored kalibrisanja i provere tehničke ispravnosti prskalica, tokom eksplotacije dolazi do određenih promena protoka, a sa time i promene norme tretiranja. Ova odstupanja nisu izazvana ljudskim faktorom, već su čisto tehničke prirode, jer su praćeni višednevni podaci korišćenja oba tipa prskalice sa istim i različitim rukovaocima. Utvrđeno je da prskalica A ostvaruje veća odstupanja norme tretiranja od zadatih u odnosu na prskalicu B (slika 2 i 3).

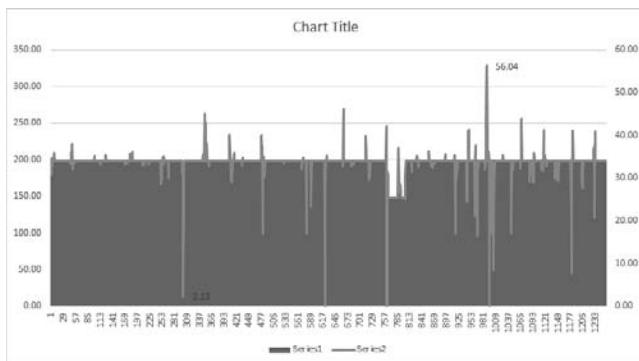


Slika 2. Distribucija norme tretiranja i troška korišćenog miksa pesticida kod prskalice A

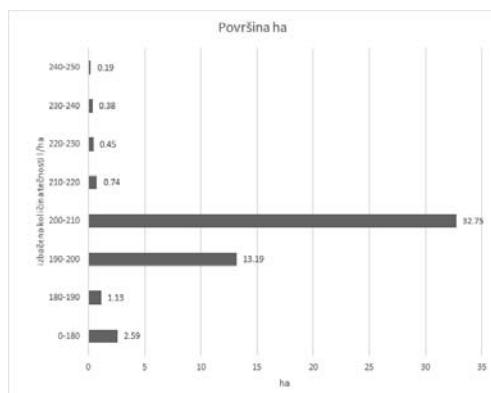
Ispitivane prskalice (A, B) radile su u identičnim uslovima i zadatim parametrima rada, na parceli veličine 52 ha. Zadata norma tretiranja je bila 200 l/ha, dok su tokom eksplotacije izmerena često manja, dok u pojedinim momentima značajno veća odstupanja. Ove oscilacije su više bile izražene kod prskalice A (slika 2).

Pored oscilacija u realizovanoj normi tretiranja, izračunate su i oscilacije troškova korišćenih pesticide u zadatom miksu. Naime, cena korišćene mešavine pesticide (tank mix-a) je iznosio 0,17 EUR/l zaštitne tečnosti, što je prema zadatoj normi tretiranja od 200 l/ha iznosilo 34 EUR/ha. Prateći oscilacije norme tretiranja, prskalica B je ostvarila značajno manje troškove hemijskih sredstava (slika 3). Kod prskalice B, oscilacije troškova tank mix-a se kretao u granicama od 0 - 56,04 EUR/l, dok su se kod prskalice A te osilacije kretale u rasponu od 0-168,96 EUR/l.

Prateći efikasnost nanošenja odabranog tank mix-a pomoću angažovanih prskalica, utvrđena je sledeća raspodela normi tretiranja na površini od 52 ha (slika 4). Uzveši u obzir dozvoljena odstupanja od zadate norme tretiranja, od 52 ha tretirane površine, 3,61 ha (7%) je tretiran sa nedovoljnom ili prekomernom normom.



Slika 3. Distribucija norme tretiranja i troška korišćenog miksa pesticida kod prskalice B

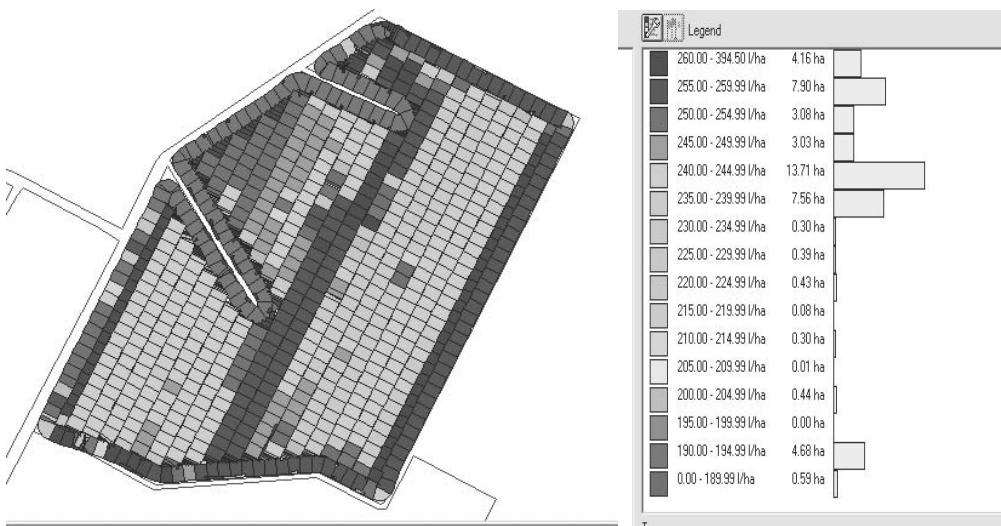


Slika 4. Histogram ostvarene distribucije norme tretiranja na parceli veličine 52 ha (zadata norma tretiranja 200 l/ha)

Tabela 1. Uticaj povećanja norme prskanja na povećanje troškova prskanja

Hem. sredstvo	Planirana norma [l/ha]	Planirana potrošnja [l]	Stvarna norma [l/ha]	Stvarna potrošnja [l]	Razlika [l]	Cena hem. sredstva [€/l]	Povećanje troška [€]
A	1.70	152.80	2.00	179.75	26.96	11.28	304.09 €
B	3.50	314.58	4.12	370.08	55.50	2.40	133.20 €
C	1.20	107.86	1.41	126.89	19.03	10.00	190.29 €
D	1.00	89.88	1.18	105.74	15.86	4.28	67.87 €
						Suma	695.45 €

U tabeli 1 je dat prikaz tretiranja na parceli površine 90 ha. Planirana norma je bila 150 l/ha i tank-mix se sastojao od 4 hemijska sredstva. Ostvarena prosečna norma je iznosila 176 l/ha. Za tretiranih 90 ha, povećanje utroška hemijskih sredstava je bilo 695.45 €. U hemijskoj zaštiti ječma na preko 454 ha prekoračene su zadate norme u 15 slučajeva od 22 tretiranja. Povećanje norme se kretalo od 2,5% do maksimalnih 29%, što je povećalo troškove upotrebljenih hemijskih sredstava za 10,33%.



Slika 5. Mapa norme prskanja ječma

Na slici 5 prikazana je mapa norme prskanja kao i histogram rasporeda normi po hektaru. Uočava se veliko odstupanje od zadate norme (200 l/ha) kao i velik broj ostvarenih različitih normi. Uzrok ovako lošeg rasporeda hemijskih sredstava može biti neispravnost prskalice, odnosno otkazivanje automatske kontrole norme prskanja ili pogrešno rukovanje. Uticaj rukovaoca na proces hemijske zaštite nije mali. U ovom istraživanju je utvrđeno da rukovaoci imaju različit odnos prema hemijskoj zaštiti, u istim proizvodnim i eksplotacionim uslovima. Rukovaoc agregatom A je u većini tretmana izbacivao veće norme tretiranja u odnosu na zadate, a samim tim trošio i više zaštitnih sredstava.

Rukovaoc agregatom B je u većini hemijskih tretmana izbacivao normu tretiranja koja je približna zadatoj normi i time racionalno trošio veoma skupa hemijska sredstva (tabela 2).

Tabela 2. Potrošnja hemijskih sredstava u zavisnosti od spretnosti rukovaoca

	Rukovaoc		Zadata norma
Tank MIX -1	A	B	
Pesticid X	0,23	0,17	0,2
Pesticid Y	0,70	0,52	0,6
Pesticid Z	1,40	1,04	1,2
	Rukovaoc		Zadata norma
Tank MIX - 2	A	B	
Pesticid O	3,07	1,67	1,50
Pesticid X	0,41	0,22	0,20
	Rukavaoc		Zadata norma
Tank MIX - 3	A	B	
Pesticid X	0,34	0,18	0,2
Pesticid K	1,02	0,84	0,8
Pesticid G	1,73	1,47	1,5

## ZAKLJUČAK

Savremena poljoprivredna proizvodnja se zasniva na nekoliko bitnih principa: racionalizacija troškova, maksimiziranje prinosa, efikasnost proizvodnje i visoka profitabilnost. Moderne prskalice su opremljene sa automaskim uređajima za održavanje zadate norme i njihovim povezivanjem sa navigacionim sistemom, čime je omogućeno mapiranje norme prskanja. Bilo je za očekivati da tehnička ispravnost ima veliki uticaj na normu prskanja, odnosno na povećanje utroška hemijskih sredstava, a samim tim i na troškove hemijske zaštite. Ta pretpostavka je potvrđena sa analizom prikupljenih podataka. Prikupljeni podaci za svako tretiranje, omogućili su da se kvantifikuje i uticaj svakog pojedinačnog rukovaoca prskalice, bio on pozitivan ili negativan.

Primena tehnologija precizne poljoprivrede u segmetu zaštite bilja nam omogućava kontrolu kvaliteta prskanja i kontrolu kvaliteta rada rukovaoca na način koji je do sada bio potpuno nov i nepoznat.

## LITERATURA

- [1] Donatelli, m., Magarey, R.D., Bregaglio, S., Willocquet, L., Whish, J.P.M., Savary, S. (2017): Modelling the impact of pests and diseases on agricultural systems. *Agric. Syst.* 15, 213-224.
- [2] Oparnica, S. (2018): Advanced use of crop yield maps and histograms. *Adv. Agr. Environ. Sci.* 1(2), 65–68.
- [3] Prashant, K.N., Balikai, R.A., Anusha, Ch. (2016): Pest management strategies in precision farming. *J.Exp.Zool.India*, 19(1), 1-8.
- [4] Stanković, V.S., Stanković, Z., Pajić, M., Pajić, V. (2016): Pregled potencijala primene IOT rešenja u poljoprivredi. 18. Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede”, Zbornik radova, ISBN 978-86-7834-262-2, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 9.12.2016., 163-171.
- [5] Strickland R.M., Ess, D.R., Parson, S.D. (1998): Precision farming and precision pest management: the power of new crop production technologies. *Journal of Nematology*, 30(4) 431-435.
- [6] Trimble Ag software user guide, Version 2017 Revision A. (2017).

# **MONITORING UPRAVLJANJA POVRŠINSKIM I OTPADNIM VODAMA U POLJOPRIVREDI SRBIJE**

**Marija Petrović<sup>1</sup>, Predrag Petrović<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institut za opštu fizičku hemiju, Studentski trg 12, 11000 Beograd*

<sup>2</sup>*Institut „Lola“, Kneza Višeslava 70 A, 11030 Beograd*

## **SAŽETAK**

Srbija poseduje značajne resurse površinskih voda, ali koje nisu u zadovoljavajućoj meri zaštićene i iskorišćenje, kako sa aspekta vodosnabdevanja, tako i primeni u poljoprivredi. Pre svega mogućnosti iskorišćenja površinskih voda u poljoprivredi, za navodnjavanje oranica, ali i u drugim segmentima privrede i vodosnabdevanja.

Stanovništvo koje živi u urbanim oblastima kao i privredni subjekti velikih ili srednjih sistema, korporiraju značajne količine otpadnih voda, koje se ne prerađuju u dovoljnoj meri, a kao takve, odvode u rečne tokove, zagađujući ne samo površinske i podzemne vode, već i vazduh i zemljiste, a ne tako retko, mnoge stajaće vode (močvare, ritovi, trstaci, stajaća voda u kanalima, zapuštena jezera i dr.), predstavljaju značajan ekološki problem.

Početak ovog veka, biće u svetu zapamćena po antiprirodnim pojавama, izazvane ekstremnim vremenskim, klimatskim, hidrološkim, tektonskim i drugim poremećajima, koji nisu mimošli ni Srbiju.

U ovom radu je dat kratak pregled monitoringa upravljanja površinskim i otpadnim vodama, kroz analizu stanja i mogućnosti njihove primene u poljoprivredi i drugim delatnostima u Srbiji.

**Ključne reči:** *poljoprivreda, vode, navodnjavanje, vodosnabdevanje, monitoring.*

## **MONITORING AND CONTROL SURFACE WASTEWATER IN AGRICULTURE SERBIAN**

**Marija Petrović<sup>1</sup>, Predrag Petrović<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of General Physical Chemistry, Student square str. 12, 11000 Belgrade, Serbia*

<sup>2</sup>*Institute "Lola", Kneza Višeslava str.70 A 11030, Serbia*

## **ABSTRAKT**

Serbia in principle, possesses significant resources of surface waters, but which are not satisfactorily protected and utilization, both in terms of water supply, and agricultural applications. First of all, the utilization of surface water in agriculture, irrigation of arable land, but also in other segments of the economy and water supply.

The population living in urban areas as well as businesses large or medium-sized systems, corporationy significant quantities of waste water, which is not processed sufficiently, and as such, they take in river streams, polluting not only the surface water and groundwater, but also air and land, but not so rare, many stagnant water (swamps, marshes,

cane, standing water in the canals, lakes and abandoned dr.), represent a significant environmental problem.

The start of this century, the world will be remembered for antiprirodnim phenomena, caused by extreme weather, climate, hydrological, tectonic and other events, which are not missed and Serbia.

This paper provides a brief overview of monitoring the management of surface and waste water, the analysis of the situation and the possibility of their use in agriculture and other activities in Serbia.

**Keywords:** *agriculture, water, irrigation, water supply, monitoring.*

## UVOD

Srbija poseduje značajne količine površinskih voda u vidu reka, prirodnih i veštačkih jezera i drugih vidova voda. Istraživanjem su utvrđeni značajni potencijali podzemnih voda, a smatra se da po proceni kompetentnih istraživača, na područjima koja još nisu istražena postoje značajne količine podzemnih voda. Površinske vode, su u velikom procentu, međunarodne vode, odnosno reke koje izviru u drugim zemljama, a prolaze kroz Srbiju, ili izviru u Srbiji, a ulivaju se u reke koje dalje prolaze kroz druge zemlje. Stanovništvo, mnogobrojni sektori privrede, vodoprivrede, poljoprivrede i mnogi drugi faktori su kroz svoje delatnosti, glavni zagađivači reka i životne sredine.

Intenzivna ekspanziona dostignuća savremenog doba ostavljaju izvesne posledice na planeti Zemlji, eksploatacijom nadzemnih i podzemnih sirovina koje direktno ili indirektno iniciraju probleme na globalnom, regionalnom i lokalnom nivou i time utiču na održivi razvoj planete. Pored ovakvog trenda, a uzimajući u obzir i demografski porast stanovništva na Planeti zemlji, doprinoseći još većim aktivnostima čoveka na urbanom razvoju planete, povećanju zagađenja okoline, prevelike eksploracije resursa (rude, nafta, ugalj, gas, šume, voda i dr.), značajno će uticati na monitoring svih vidova voda, odnosno na vodosnabdevanje stanovništva, ali ništa manje ni otpadnih voda [1, 2].

### Stanje površinskih voda Srbije

Godišnji nivo padavina u Srbiji varira od 550-650 mm u ravnicama, a do 800-1200 mm u planinskim područjima. Međutim, taj nivo može biti i ekstremno veći, kao što je bio 2006., a naročito u maju 2014., kada je iznosio 1600-1800mm, sa nezapamćenim poplavama koje su donele velike nedaće stanovništvu poplavljenih područja i uopšte državi Srbiji.

Reke Dunav, Sava, Tisa, Drina, Ibar i Velika Morava, čine glavne vodne resurse u zemlji. Sve reke u Srbiji pripadaju morskim slivovima: Crnomorskom, Jadranskom i Egejskom. Crnomorski sliv obuhvata  $176 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> vode, Jadranski obuhvata oko  $2 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>, dok sliv Egejskog mora iznosi oko  $0,5 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> vode. Oko 92% raspoloživih vodnih resursa izvire van Srbije, sa godišnjim tranzitnim dotokom vode oko  $162 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> [3].

Reka Dunav protiče kroz Srbiju u dužini od 588 km, od čega, 138km predstavlja dužinu granica sa Hrvatskom, a oko 213 km, sa Rumunijom. Najveće pritoke Dunavu su reke Sava, Drina, Tisa, Drava, koje se ulivaju na teritoriji Srbije, povećavajući njegov protok oko 2,6 puta. Druge veće pritoke koje se ulivaju u Dunav u Srbiji, su Velika Morava, Tamiš, koji izvire u Rumuniji i Timok koji čini manji deo srpsko-bugarske granice.

Potencijal površinskih voda znatno je poboljšan izgradnjom rečnih rezervoara/veštačkih jezera kojih u Srbiji trenutno ima 30-ak velikih, (skladišnog kapaciteta  $>10 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>), 31 srednje veličine (skladišni kapacitet  $>10^6$  m<sup>3</sup>) i oko 100 manjih [8].

Ukupna zapremina ovih rezervoara je oko  $6,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  [1].

Značajan resurs kada se govori o površinskim vodama predstavlja sistem Dunav-Tisa-Dunav, koji pokriva oko  $20.000 \text{ km}^2$  i predstavlja mrežu kanala čija ukupna dužina iznosi oko 700km. [3,16] .

### **Klasifikacija površinskih voda u Srbiji**

Uredbom o klasifikaciji voda iz 1968. (SG RS br.5/1968.) određena je klasifikacija površinskih voda u četiri klase kvaliteta:

I - veoma čista voda kojoj je dezinfekcija potrebna samo ako se koristi za vodosnabdevanje i za rekreativne aktivnosti.

II - blago zagađena voda kojoj je potreban odgovarajući tretman da bi mogla da se koristi za vodosnabdevanje.

III - podrazumeva zagadenu vodu kojoj je potreban odgovarajući tretman da bi mogla da se koristi kao industrijska voda (osim u prehrambenoj i tekstilnoj industriji).

IV - veoma zagađena voda.

Voda klase I i II/I je veoma retka u Srbiji, a može se pronaći u planinskim predelima, napr. Đetinja, Rzav, Studenica, Moravica, Mlava. Najzagađenije reke u Srbiji su: Stari plovni Begej, Toplica, Veliki Lug, Lugomir, Crni Timok, Bor, kanal Vrbas-Bečeј.

Generalno, kvalitet vode u Srbiji iz godine u godinu je sve lošiji i nije retkost da pojedine vode u pogledu kvaliteta opadaju iz više u nižu klasu. Kvalitet zavisi od eutrofikacije izazvane nutrientima i organskim zagađujućim materijama i teškim metalima. U velikim rekama je utvrđeno pojačano bakteriološko, fizičko i hemijsko zagađenje nizvodno u velikim gradovima i ispod 1/3 pripada kvalitetu II klase [4].

### **Monitoring površinskih voda u poljoprivredi Srbije**

Reke i kanali predstavljaju najveće izvore vode za navodnjavanje, dok je udeo podzemnih voda u te svrhe, relativno malo. Od ukupno oko  $4,7 \cdot 10^6 \text{ ha}$  obradive površine u Srbiji,  $3,6 \cdot 10^6 \text{ ha}$  je pogodno za navodnjavanje. Sistemi pokrivaju  $< 5\%$  ove površine ( $195 \cdot 10^3 \text{ ha}$ ), dok veći deo sistema radi ispod optimuma ili uopšte ne radi. Oko  $2,67 \cdot 10^6 \text{ ha}$  poljoprivrednog zemljišta u Srbiji, ili oko 52% ukupne površine zemlje ima loše drenažne sisteme. U ravnici je oko  $1,61 \cdot 10^6 \text{ ha}$ , što iznosi oko 90% poljoprivrednog zemljišta, koje je ugoženo lošom drenažom [5, 7].

U cilju rešavanja ovog problema i opasnosti od prezasićenosti tla vlagom, oko  $2,08 \cdot 10^6 \text{ ha}$  u oko 400 drenažnih oblasti opremljeno je instalacijama za drenažu, uključujući i 210 pumpnih stanica i 22.600 km drenažnih kanala. Više od 58.000 ha je opremljeno pod-drenažnim sistemima. Mnogi drenažni kanali su ugroženi nanosima i korovom, pa prateće strukture i pumpne stanice skoro da nisu u funkciji, što rezultira neadekvatnim funkcionisanjem drenažne mreže. Taj problem se manifestuje i kroz izuzetno veliki broj klizišta koja su zastupljena na celokupnoj teritoriji Srbije, sa preko 5.000 registrovanih, naročito u planinsko-brdskim područjima [6, 7].

### **Stanje navodnjavanja u Srbiji**

Bez navodnjavanja nema stabilne i visoko produktivne proizvodnje poljoprivrednih dobara, koju je svet odavno, shvatio i doveo do toga da se danas navodnjava oko jedne šestine obradivih površina.

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.

U centralnoj Srbiji pod sistemima za navodnjavanje nalazi se oko 20.000 ha, u Vojvodini oko 120.000 ha, na Kosovu 55.000 ha [7, 4].

Perspektiva intenzivnijeg navodnjavanja u Srbiji postoji, pa prema nekim stručnim procenama znatno veća površina, bi moglo da se navodnjava. Relativno brzo bi se moglo pristupiti izgradnji sistema uz neznatna ulaganja za uređenje zemljišta za navodnjavanje na 1.055.000 ha i to: u Vojvodini na 760.000 ha, centralnoj Srbiji 186.000 ha, i na Kosovu 105.000 ha [7, 11].

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.

U svetu je situacija sasvim drugačija, tako da od ukupne površine kopna na zemljinoj kugli, 24% površina izloženo je suši, odnosno visokim temperaturama [11].

U svetu se koristi oko  $1,5 \cdot 10^9$  ha obradivih površina, a pod sistemima za navodnjavanje nalazi se oko  $250 \cdot 10^6$  ha ili 17%, na čijim površinama se proizvode oko 40% ukupne svetske proizvodnje hrane [11, 9].

U globalnim razmerama, poljoprivreda u svetu troši 70% od ukupno zahvaćenih količina vode, dok je u Evropi to 30%, uglavnom u južnijim 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 (oko  $11.256 \cdot 10^3$  ha) [9].

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 (komjasacija i ukrupnjavanje poseda, čišćenje postojećih kanala i sl.), slaba materijalna osnova, nedostatak sistema za drenažu i navodnjavanje, neadekvatno održavanje postojećih sistema, velika zastupljenost tzv. međunarodnih voda i dr.

Prema nekim podacima u Srbiji se navodljava svega oko 3% poljoprivrednog zemljišta, dok je u svetu taj procenat znatno veći, kao što je već rečeno. Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku (RZS) u Srbiji, sistemima za navodnjavanje obuhvaćeno je 85.593 ha, od čega se navodnjava svega 53.086 ha, dok ostali deo sistema nije u funkciji.

Najzastupljeniji tip navodnjavanja je sa veštačkom kišom. Od ukupne navodnjavane površine, oršavanjem se navodnjava 93 %, površinski 1%, a kapanjem 6% [7]. Tokom 2013.godine ukupno je bilo zahvaćeno  $88,13 \cdot 10^9 \text{m}^3$  vode za navodnjavanje, od čega se 91% vode crpelo iz vodotokova, dok su preostale količine zahvaćene iz podzemnih voda, jezera, akumulacija i iz vodovodne mreže. U Srbiji postoji problem i zapuštenosti sistema za navodnjavanje, zbog čega voda ne stiže na površine kojima je navodnjavanje potrebno [7].

U nekadašnjoj Jugoslaviji na ovim površinama su bili stvorenii uslovi za navodnjavanje 180.000 ha, a dobar deo tih kanala i hidrosistema koji se nalaze u Srbiji danas je u korovu. Da bi rešila ove probleme Srbija mora prvo da u Parlamentu usvoji strategiju o razvoju

poljoprivrede, a zatim hitno da donese dugoročni plan borbe sa sušom i racionalan program navodnjavanja obradivih površina, ukoliko želi da ostane značajan proizvođač i izvoznik hrane. [5, 13].

### **Perspektive i značaj navodnjavanja u Srbiji**

I pored gore navedenih teškoća, predhodna Vlada Srbije je pokrenula inicijativu izrade projekta za navodnjavanje do  $1,1 \cdot 10^6$  ha obradivog zemljišta u narednih 5 godina. Međutim, veoma teško je realno očekivati realizaciju takvih projekata, pogotovo sa takvim troškovima u kratkim rokovima. U prilog tome ide i činjenica da je krajem 2011., naručena dokumentacija za navodnjavanje 270.000 ha novim hidrosistemima, sa rokom završetka čak i u prvoj polovini 2012., kao i izrada revitalizacije postojeće kanalske mreže na preko 130.000 ha. Međutim i ovaj korak nije realizovan do kraja, pa planirani rezultati nisu ostvareni.

Ostvareni prinosi u uslovima navodnjavanja mogu biti veći i do 50-100%, u odnosu na prinose bez navodnjavanja. Da bi se takvi prinosi ostvarili, potrebno je definisati sledeće prioritetne korake: obezbediti kontinuirano finansiranje, izvršiti rekonstrukciju i revitalizaciju postojećih sistema i zamenu starih rešenja novim, uvesti racionalizaciju rada u smislu manje potrošnje energije, izgraditi nove savremene sisteme sa težištem navodnjavanja manjih poseda u vlasništvu individualnih proizvođača, veće korišćenje tečnih stajnjaka, a smanjenja upotrebe mineralnih đubriva, zaštite čovekove okoline, regulisati komasaciono uređenje zemljišnog poseda i dr. Takvi uslovi bi obezbedili stabilnost proizvodnje i cena, sigurnost stanovništva u ishrani, povećanje izvoza, time i deviznih rezervi i bruto nacionalnog dohotka i dr.

Prema zvaničnim podacima meteorološkog zavoda Srbije, najmanje padavine su tamo gde su najpotrebnije, u Vojvodini (zemljište I i II klase), gde na oko dve trećine ukupne površine padne ispod 600 mm vode godišnje, a na preostaloj površini između 600-700 mm. Skoro identična 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.

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 [4, 5].

### **Kontrola poplava**

Zemljišne površine u dolinama velikih reka u Srbiji, podložna su potencijalnim poplavama. Procenjuje se da je takvih površina i do  $1,6 \cdot 10^6$  ha, od čega je  $1,45 \cdot 10^6$  ha u Vojvodini i u ravnicama jugozapadno od Beograda (područje majskega poplava, 2014., Obrenovac, Lazarevac, Ub, Šabac i dr.), dok ostale površine se odnose na centralnu i istočnu Srbiju (pre svega oko slivova tri Morave).

Ako bi se takve procene posmatrale u celini, značilo bi da se 500 velikih zajednica, 515 industrijskih postrojenja, 680 km železnice, 4.000 km puteva i oko 30% poljoprivrednog zemljišta, našlo u opasnosti velikog oštećenja. Postojeći sistem za odbranu od poplava obuhvata 3.434 km rečnih nasipa, 930 km kanala i 39 rezervoara i područja za zadržavanje [11,15].

Mere i aktivnosti za odbranu od poplava razvijene su i definisane generalnim operativnim planom na period od 5 godina, za područja koja su strukturno zaštićena objektima izgrađenim

u cilju odbrane od poplava. Međitim, nedovoljno održavanje i izgradnja novih odbrambenih struktura dovele su do smanjenja operativnog učinka i povećanja rizika od poplava. To se nažalost pokazalo najviše, 2002., 2005., 2006. i naročito 2014., kada su poplave donele katastrofalne posledice u Srbiji, sa procenjenom materijalnom štetom od oko  $1,5 \cdot 10^9$  evra. I pored sopstvenog hvaljenja u pogledu organizovanosti, sprečavanju, pomoći i solidarnosti u poplavama, ne može se zanemariti ljudski faktor i višedecenijska neaktivnost u izgradnji novih odbrambenih struktura, odnosno samo delimično rešavanje posledica, a ne i uzroka [6].

### **Otpadne vode iz industrijske i poljoprivredne proizvodnje**

Količina otpadnih voda proizvedena u industriji na dnevnom nivou, je po proceni veoma promenljiva, tako se procenjuje da je sa  $6,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  iz 2000., porasla na  $19 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , 2004., uz ukupno organsko opterećenje od  $7,5 \cdot 10^6$  ekvivalentne populacije. U 10, od 250 postojećih industrijskih postrojenja u Srbiji (2006.) proizvede se 75% neorganske otpadne vode.[1] Tu spadaju:

termoelektrane „Nikola Tesla“ i Kostolac, železara Smederevo, Bor, Kolubara, Zorka Šabac i dr.

Industrijska postrojenja locirana u urbanim područjima, otpadne vode ispuštaju u postojeći komunalni sistem, u protivnom koji su locirani van naselja, a pored vodotokova, otpadne vode ispuštaju u reke i to bez posebnog tretmana. Industrijski sektor ima 130 većih postrojenja za tretman otpadnih voda iz rudnika. To su uglavnom mali sistemi koji imaju minimalne mogućnosti tretmana, ali sa mogućnošću i takvog tretmana ispuštanja u kanalizacione sisteme. Od 2000., izgrađeno je 6 novih postrojenja za tretman otpadnih voda i još toliko je u izgradnji, a za 10-ak je projektna dokumentacija završena i čeka se realizacija [11].

### **Zagađenje vode usled poljoprivredne proizvodnje**

Najznačajniji izvor organskog zagađenja u Srbiji predstavlja oko 130 farmi svinja, što odgovara oko  $1,2 \cdot 10^6$  grla. Farme do 20.000 grla koriste kombinovani suvo-vlažni metod odlaganja životinjskog otpada, dok farme iznad 20.000 grla koriste vlažni metod. Oko 43 farme imaju kapacitet od preko 10.000 grla, od čega se 23 nalaze u Vojvodini. Procenjuje se da farme u basenu reke Dunav na teritoriji Srbije imaju organsko opterećenje od  $9 \cdot 10^6$  ekvivalenta populacije. Otpade vode se uglavnom ispuštaju u uvale ili prirodne kotline odakle se nakon 6 meseci, te otpadne vode koriste kao đubrivo za poljoprivredno zemljište. Izuzetno mali broj farmi ima postrojenje sa opremom za tretman tipa aeratora i separatora, ili opremom za proizvodnju biogasa, čak i ako ih ima, retko su u funkciji.

Ekoliški problem predstavlja i sama poljoprivredna proizvodnja koja zahteva primenu veštačkih i prirodnih đubriva. Sa njiva i drugih agroekosistema dospevaju u vodu đubriva koja su inače bogata fosfatima i nitratima (spirana kišom), čime se stvaraju uslovi za proces eutrofikacije.

Uz višak soli, biljke posebno alge, često počinju da bujaju. Tada se povećava i broj uginulih algi, koje tada razlažu saprofiti, pri čemu se troši kiseonik. Dolazi do prenamnoženosti vodenih biljaka najčešće algi, pri čemu dolazi do tzv. „cvetanja vode“, koje nastaje procesom eutrofikacije. Tako se smanjuje koncentracija kiseonika u vodi i samim tim dolazi do gušenja i masovnog pomora vodenih organizama biljnog i životinjskog sveta. Ovakvi slučajevi su posebno karakteristični za stajaće vode, kao što su zapušteni kanali za navodnjavanje, trstaci, močvare i slično [10,14].

Svetska banka je pokrenula projekte, za smanjenje zagađenja reke Dunav, pre svega, izazvanog eutrofikacijom i smanjenjem zagađenja nutrientima iz industrije, kao što su

postrojenja za proizvodnju i preradu đubriva i pivare, sa tendencijom da se isti proširi na klanice i farme.

### **Stanje vodotokova u Srbiji**

I pored mišljenja da je Srbija bogata vodom, situacija je sasvim drugačija, jer Srbiji preti ozbiljan nedostatak vode, ako se u narednom periodu 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 akumulacija voda otekne i nema je u mesecima kada je to najpotrebnije. Kao i u drugim, tako i u ovoj oblasti je urađeno 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. Taj problem se može rešiti samo izgradnjom brana i akumulacija.

Srbiji je zemlja u kojoj se uglavnom rešavaju posledice suša, poplava i sl., a ne i rešavanje uzroka sprečavanja, barem u domenu ljudskih i materijalnih mogućnosti. Priče o povećanju površina koje bi se navodnjavale spominju se godinama i decenijama, uz iznošenje dosta paušalnih podataka o nastalim posledicama ili u prinosu ili u nekoj valuti. U sredstvima javnog informisanja mogu se sresti veoma različiti paušalni podaci zvaničnika o nastalim posledicama, da je šteta, 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 treba da se zamisle i da samo na bazi podkrepljene studiozne analize izlaze u javnost sa podacima o nanetim štetama.

Problemi oko 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, a u stvarnosti na njima se veoma malo radi.

Prosečna brana košta između 70-80 miliona evra. Međutim finansiranje u vodoprivredi je 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 eliminisali ili barem smanjili, završava se 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  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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 [15].

## **Potencijali i izgradnja novih sistema za navodnjavanje u Srbiji.**

Potencijalne mogućnosti navodnjavanja poljoprivredne proizvodnje u Srbiji zasnivaju se na postojećem vodnom potencijalu koji može da se koristi za navodnjavanje.

Značajni vodni resursi (reke, kanali, jezera, akumulacije i dr.), koji mogu da se koriste za navodnjavanje nalaze se u Vojvodini i priobalnom delu većih reka, poput Dunava, Save, Tise, Drine, Velike Morave, Tamiša, Južne i Zapadne Morave, Ibra, Timoka, Peka, Mlave, Belog Drima i dr. Izgradnjom hidrosistema Dunav-Tisa-Dunav (sa mrežom magistralnih kanala) stvorena je mogućnost za navodnjavanje u Vojvodini na preko 500.000 ha.

Ozbiljnije razmatranje primene navodnjavanja počelo je posle suše 1950., a brz razvoj počinje tek nakon 1960. Tako da je krajem osamdesetih godina prošlog veka na području centralne Srbije bilo nekoliko hidrosistema za navodnjavanje oko 26.000 ha. Prvi sistemi su bili: Čačansko polje - 4.700 ha, Trstenik - 3.700 ha, Kruševačko polje - 1100 ha, i Bela Palanka-1.500 ha. Ti sistemi se na žalost, zbog nemarnosti korisnika i nadležnih organa, ne koriste [7].

Na Kosovu i Metohiji, pored postojećih sistema za navodnjavanje 45.000 ha, krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih, izgrađeni su sistemi Ibar-Lepenac i Radonjić (Dečani), na oko 30.000 ha.

Od većih sistema za navodnjavanje koji su izgrađeni posle 1980., su: Padinska skela 3.650 ha, Surčin-Donje polje - 1.490 ha, Dobanovci-1.470 ha, Paraćin-1.400 ha, Bogatić-800 ha, Smederevo 440 ha, Debrc-350 ha, Veliko Gradište-300 ha i dr. Na području Vojvodine, zahvaljujući sistemu Dunav-Tisa-Dunav, izgrađeni su sistemi za navodnjavanje oko 70.000 ha oranica. U prošlom veku u Srbiji je bilo izgrađeno sistema za navodnjavanje preko 200.000 ha, što je u odnosu na ukupno obradivo poljoprivredno zemljište od  $4,7 \cdot 10^6$  ha, oko 3,96% [7].

U Srbiji postoji vodni potencijal za navodnjavanje znatno većih površina u odnosu na površine koje se sada navodnjavaju. Najavljeni da će se u Vojvodini veoma brzo krenuti sa izgradnjom četiri sistema za navodnjavanje, od ukupno 11 predviđenih u čitavoj zemlji koji će se finansirati kreditom od 100 miliona dolara koji je Srbija uzela od Ujedinjenih Arapskih Emirata. Najpre na dvonamenskim sistemima Jankov most (Zrenjanin), Itebej i Međa (Žitište i Rečej (Kula). Dok bi se u ostalom delu Srbije krenulo u oblasti Save i Drine, zatim prostor oko Čačka, Smedereva i Aleksinca.

### **Proglas povodom svetskog dana voda**

Na Zemlji postoje veoma male količine pitke vode, pa pojedine zemlje imaju trajni nedostatak vode za piće. Po rezervama zdrave i pitke vode u svetu, Ujedinjene nacije rangirale su Srbiju na 47. mesto, što je veoma značajna činjenica ako se imaju u vidu očekivanja da će se u skorijoj budućnosti voditi žestoke borbe za izvorišta vode. Neki pokazatelji govore da Srbija ima više od 400 izvorišta zdrave pitke vode najvišeg kvaliteta, od čega se eksplatiše manje od 20%. Prema podacima Instituta za javno zdravlje "Batut" od 155 kontrolisanih vodovoda, oko 44% ne uspeva da obezbedi hemijski i mikrobiološki ispravnu vodu za piće [12].

Povodom svetskog dana voda (22.03.) Ujedinjene nacije upozoravaju da je svet na korak od nestošice pijače vode. Već 2030., čovečanstvo se može suočiti sa deficitom vode od 40% ukoliko s mesta ne počne da unapređuje održavanje i korišćenje dragocenih izvora, smatraju UN.

Svetски ekonomski forum, smatra da je vodosnabdevanje jedno od vodećih globalnih rizika u predstojećoj deceniji zbog složenog ukrštanja raznorodnih faktora: demografske

eksplozije, porasta siromaštva, čudljivih klimatskih promena, ekonomskog posustajanja, političke nesuglasice...

Današnji pokazatelji oskudice vode, već su alarmantni, od severoistočne Kine, indijskog potkontinenta i Persionskog zaliva do Sahare i Podsahare, juga Evrope i juga Australije...

Kad je u pitanju navodnjavanje, za svaku zemlju koja posede poljoprivrednu proizvodnju, navodnjavanje ima izuzetan značaj. Povećava se obim proizvodnje kultura, intenzivira stočarsku i prehrambenu proizvodnju, povećava assortiman biljaka, povećava broj zaposlenih radnika, optimizira način obrade zemljišta, stabilizuje cene finalnih proizvoda, povećava izvoz, a time utiče na povećanje deviznih rezervi i bruto nacionalnog dohotka i mnoge druge prednosti. U tom cilju, Srbija mora da intenzivira razvoj projekata za navodnjavanje 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.

## ZAKLJUČAK

Od vremena izrade prvog Pregleda stanja životne sredine UN-a, (2002.), Srbija je napravila značajne korake u integralnom korporativnom upravljanju vodama i otpadnim vodama. Međutim, postoji rizik pasivizacije, ako se ostane na ovom nivou, a još veći rizik, je eventualno smanjenje iznosa finansiranja, pa mnoge predviđene aktivnosti neće moći da se realizuju.

Zagadenje reke Dunav u Srbiji je pod velikom prizmom članica i potpisnika ugovora o zaštiti voda Dunava, pogotovo u pogledu smanjenja nutrienata, koji bi u najskorije vreme trebali da se prošire na industriju i stočarstvo.

S obzirom na mnoge različite globalne stavove o klimatskim promenama, a time i pojava sve češćih i dužih sušnih perioda, možda je rešenje u novim genetskim biljnim vrstama koje će zahtevati manje vode, za istu ili približnu količinu suvih materija ploda, a istovremeno biti otpornije na očekivane ekstremno visoke temperature, odnosno sušne periode. Istovremeno bi se posvetila pažnja, koja vrsta navodnjavanja bi najviše odgovarala takvim biljnim vrstama.

S obzirom da Srbija gravitira članstvu EU, ona mora da implementira mnoge direktive EU o upravljanju površinskih i otpadnih voda, kako u poljoprivredi, tako i u svim drugim delatnostima koje se susreću sa vodom u bilo kijem vidu. Te aktivnosti se moraju odigravati sa kompetentnim Ministarstvima, koja moraju tačno da definišu programe kako ne bi dolazilo do preklapanja ili izostanka zaduženja i obaveza.

U tom smislu, a u cilju rešavanja globalnih ekoloških problema, postoji jedinstvena saradnja članica Ekonomskog komisije Ujedinjenih nacija za Evropu (UNECE), sa regionalnim međuvladinim organizacijama za životnu sredinu na poboljšanju i održivom razvoju biodiverziteta u Evropi, uključujući i sve vidove vodotokova. Srbija poseduje set nacionalnih zakona i u tom pogledu i ulaže velike napore ka približavanju zakonodavstvu Evropske unije.

## LITERATURA

- [1] ECE „Republika Srbija“, 2007.,„Pregled stanja životne sredine“, 2 deo, Ekonomski komisija U N za Evropu, Njujork i Ženeva.
- [2] Petrović P. 2007."Životna sredina Srbije: pregled stanja, demografija, izrada programske politike, planiranje, edukacija, finansije i implementacija", (Simpozijum IIPP, Mašinski fakultet, Beograd, str.45-51).
- [3] Petrović P., 2008. Izvodi iz beogradske deklaracije sa šeste ministarske konferencije "Životna sredina za Evropu" (Naučno-stručni časopis "ECOLOGICA", br. 51, Beograd, god. XV, str.65-70.
- [4] Obradović D., Teofanović Ž., Petrović P., Petrović Marija, 2012. „Značaj i uticaj navodnjavanja na naturalni i ekonomski efekat poljoprivrednih prinosova“, (Časopis JUMTO-a „Traktori i pogonske mašine“, Vol.17, No.5, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, str.46-53.
- [5] Petrović M., Petrović P., Obradović D. 2012.“Stanje, perspektive i značaj navodnjavanja obradivog poljoprivrednog zemljišta u Srbiji“, (16-ti Naučno stručni skup „Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede“, Poljoprivredni fakultet, Beograd, str.138-146).
- [6] Petrović Marija, Petrović P., 2014. „Klimatske promene i predikcija vodosnabdevanja na planeti zemlji“, 43 konferencija „VODA 2014“, Tara, str.13-20.
- [7] Ministarstvo poljoprivrede, trgovine, šumarstva i vodoprivrede Srbije. 2012. „Projekat razvoja navodnjavanja u Republici Srbiji“, Beograd.
- [8] Antonić D., Teofanović Ž., Stanković V. 2010. „Mogućnosti izgradnje mini sistema za navodnjavanje na robnim zemljoradničkim gazdinstvima“, Naučno stručni skup „Vode Srbije“, Novi Sad.
- [9] Izvori Ujedinjenih Nacija, 2014. godine, Njujork.
- [10] Petrović P.: „Beogradska deklaracija ministarske konferencije "Životna sredina za Evropu", 2008., (Časopis JUMTO-a „Traktori i pogonske mašine“, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, str. 72-79.
- [11] Petrović Marija, Petrović P. 2011.: „Indikatori održivog razvoja životne sredine i biodiverziteta Srbije“, I. konferencija o dostignućima u održivom razvoju (ICASUS) „Održivi razvoj i očuvanje biodiverziteta, B. Luka, Univ.APEIRON.
- [12] Petrović P. 2016. „Mataruška Banja-sećanje i zaborav“, Monografija.
- [13] Petrović P., Obradović D., Marija Petrović: „Kako unaprediti poljoprivrednu proizvodnju u Srbiji“, 2016., Naučni skup „Pravci razvoja traktora i obnovljivih izvora energije“, Novi Sad, br.5., Vol.21, 47-53.
- [14] Petrović P., Obradović D., Marija Petrović. 2016. “Potencijali Srbije u svetskoj tržišnoj konkurenciji proizvodnje poljoprivrednih proizvoda“, 18. Naučno stručni skup „Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede“, Poljoprivredni fakultet Zemun, str.108-118.
- [15] Petrović P., Komatin M., Petrović Marija, Snežana Komatin: 2015.,“Hidrogeologija i sanitarna zaštita vodosnabdevanja i balneologije Mataruške Banje“, Stručno-naučni skup „Vodovod i kanalizacija 15“, Vršac, 53-60.
- [16] Statistički kalendar Republike Srbije, 2018., Republički zavod za statistiku-RZS, Beograd.

# KARAKTERISTIKE OBJEKATA ZA SMEŠTAJ SVINJA U SRBIJI

Dušan Radivojević<sup>1</sup>, Biljana Veljković<sup>2</sup>, Ranko Koprivica<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu Poljoprivredni fakultet,

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet Čačak

## SAŽETAK

U Srbiji, na osnovu podataka popisa 2012 godine za smeštaj svinja svih kategorija (krmače, prasad, nazimice i tovna grla) ima 507.031 objekat za smeštaj svinja svih kategorija. I to u objektima na punom, delimično rešetkastom i rešetkastom podu. Smeštajni kapacitet svih tih objekata je 7.025.648 mesta ili prosečno 14 mesta po jednom objektu. Procenat iskorišćenosti kapaciteta objekata za smeštaj svinja svih kategorija u Republici Srbiji je nizak tek 46%.

**Ključne reči:** *svinje, objekti, podovi, regioni.*

## CHARACTERISTICS OF BUILDINGS FOR PIGS BREEDING IN SERBIA

Dušan Radivojević<sup>1</sup>, Biljana Veljković<sup>2</sup>, Ranko Koprivica<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agriculture, Čačak

## SUMMARY

According to Serbian Agriculture in 2012, there were 507.031 facilities for hog and pig breeding production in all production categories. Based on Census there are buildings with grid floor and partially grid floor. There were 7.025.648 accommodation places or 14 places per 1 building. Percentage of total facilities capacity usages is low, in total of 46%.

**Key words:** *hogs, pigs, facilities, bedding, regions.*

## UVOD

Popisom Poljoprivrede 2012. godine, pored ostalog obuhvaćeni su i objekti za uzgoj svinja svih kategorija [4]. Popisani su svi objekti u kojima se gaje svinje. Upitnikom je predviđeno da se definisu tipovi objekata u kojima se svinje drže kod nas kao i njihov smeštajni kapacitet, ali i stepen iskorišćenja tog kapaciteta. Uočene su grupe objekata sa punim podom sa i bez prostirke, sa delimično rešetkastm podom i sa potpuno rešetkastim

---

<sup>1</sup> Kontakt Autor Email : rdusan@agrif.bg.ac.rs

podom. Broj objekata, tipovi objekata i kapaciteti po vrstama podova su razmatrani po regionima u Srbiji.

Od ukupnog broja objekata za smeštaj svinja 80% su objekti koji ne odgovaraju savremenim tehnološkim rešenjima, ili se ne uklapaju u popisne grupe prema upitniku po kojem je rađen popis. To znači da se svinje u Srbiji drže u neadekvatnim objektima koji ne zadovoljavaju tehničko - tehnološki minimum. Smeštajni kapacitet tih neuslovnih objekata je za čak 4,2 miliona mesta.

Dobijeni pokazatelji jasno ilustruju stanje u svinjarstvu u Srbiji, kako po brojnosti, tako i po uslovima gajenja i daju podlogu za donošenje važnih odluka na nivou Države oko usmeravanja fondova na razvoj poljoprivrede, pre svega tehničko tehnoloških rešenja u ovoj grani stočarstva pod uslovima i standardima koje ima EU. Što je moguće pre !.

## MATERIJAL I METOD RADA

RSZ [4], je u toku 2012 godine uradio popis "Poljoprivreda 2012" koji između ostalog obuhvata i objekte za uzgoj svinja u uslovima koje ima Srbija. Za prikupljanje podataka korišćeni su upitnici koje je sačinio investitor, odnosno EU. Dobijeni podaci su sistematizovani i svrstani u grupe objekata koji dominiraju u Srbiji, kako po tipu tako i po tehničko tehnološkim karakteristikama, ali i po stepenu iskorишćenja smeštajnog kapaciteta. Popisom i analizom podataka u oblasti objekata u svinjarstvu obuhvaćeni su svi Regioni u Srbiji.

## ANALIZA REZULTATA

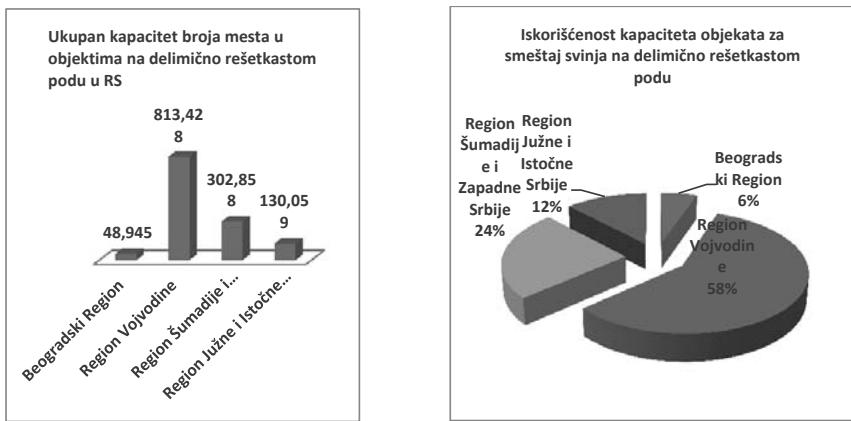
### Objekti za smeštaj svinja na delimično rešetkastom podu

Od ukupnog broja objekata u Republici Srbiji, koji su se koristili za smeštaj svinja (507.031), u 14.959 popisanih objekata svinje su se držale na delimično rešetkastom podu [4]. U poređenju sa ukupnim brojem objekata za smeštaj svinja zastupljenost ovakvog načina držanja je 3%. Ukupan kapacitet (broj mesta) u ovim objektima je 1.295.290 mesta. Od ukupnog smeštajnog kapaciteta u godini popisa koristilo se 627.762 mesta ili 48%. U godini popisa 1.442 postojeća objekta za svinje ovog tipa su se koristili u druge svrhe ili 10% od ukupnog broja objekata ovoga tipa u Republici Srbiji.

Tabela 1. Objekti za smeštaj svinja na delimično rešetkastom podu [4].

Table 1. Facilities for hog accommodation on partially grid floor [4].

	Broj objekata	Ukupan kapacitet (broj mesta)	Korišćeni kapacitet objekata (broj mesta)	Objekti korišćeni u druge svrhe
Republika Srbija	14.959	1.295.290	627.762	1.442
Beogradski Region	855	48.945	33.609	137
Region Vojvodine	4.427	813.428	365.299	323
Region Šumadije i Zapadne Srbije	6.303	302.858	152.628	616
Region Južne i Istočne Srbije	3.374	130.059	76.226	366



Grafikon 1. Ukupan kapacitet i iskorišćenost objekata za smeštaj svinja na delimično rešetkastom podu.

*Graph 1. Total capacity of facilities for pig accommodation on partially grid floor*

Najveći broj objekata ovoga tipa za smeštaj svinja zastupljen je u Regionu Šumadije i Zapadne Srbije 6.303 ili 42%, a najmanji u Regionu Beograda 855 ili 6 %. Iskorišćenost raspoloživog kapaciteta je ovog tipa objekata najveća u Regionu Vojvodine 58%, a najmanja u Regionu Beograda 6% u odnosu na korišćene kapacitete u godini popisa.

### Objekti za smeštaj svinja na potpuno rešetkastom podu

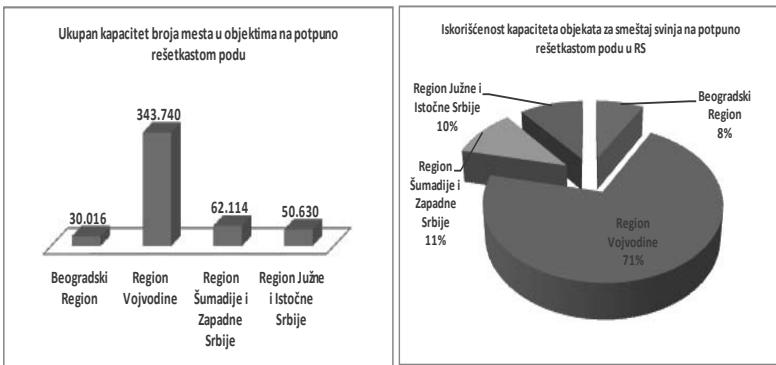
Od ukupnog broja objekata u Republici Srbiji, koji su se koristili za smeštaj svinja, u 1.700 popisanih objekata svinje su na potpuno rešetkastom podu. U poređenju sa ukupnim brojem objekata za smeštaj svinja zastupljenost ovakvog načina držanja je 0,3%. Ukupan kapacitet (broj mesta) u ovim objektima je 486.500 mesta. Od ukupnog smeštajnog kapaciteta u godini popisa koristilo se 329.190 mesta ili 68%.

Tabela 2. Objekti za smeštaj svinja na rešetkastom podu [4].

*Table 2. Facilities for hog accommodation on grid floor [4].*

	Broj objekata	Ukupan kapacitet (broj mesta)	Korišćeni kapacitet objekata (broj mesta)	Objekti korišćeni u druge svrhe
Republika Srbija	1.700	486.500	329.190	99
Beogradski Region	76	30.016	26.014	3
Region Vojvodine	729	343.740	232.758	24
Region Šumadije i Zapadne Srbije	651	62.114	35.599	46
Region Južne i Istočne Srbije	244	50.630	34.819	26

Najveći broj objekata ovoga tipa za smeštaj svinja zastupljen je u Regionu Vojvodine 729 ili 43%, a najmanji u regionu Beograda 76 objekata ili 4%. Najveće iskorišćenje smeštajnog kapaciteta ovog tipa objekata u odnosu na ukupni smeštani kapacitet za ovaj tip objekata je zabeležen u Regionu Vojvodine 71%, a najmanji u Regionu Beograda 8 %.



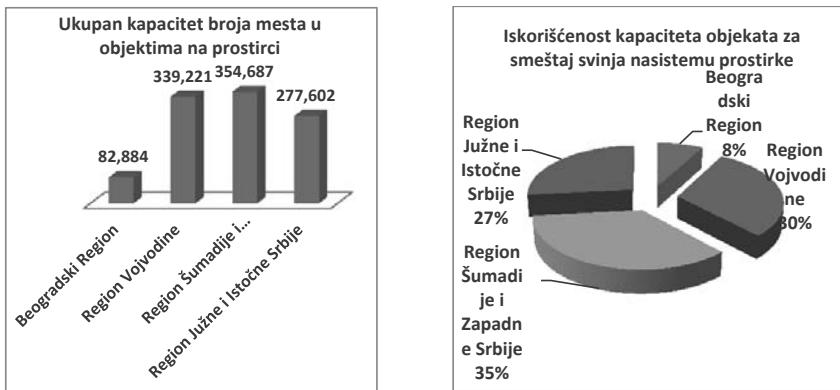
Grafikon 2. Ukupan kapacitet i iskorišćenost objekata za smeštaj svinja na rešetkastom podu  
*Graph 2. Total capacity of facilities for pig accommodation on grid floor*

### Objekti za smeštaj svinja na prostirci od slame

Od ukupnog broja objekata u Republici Srbiji, koji su se koristili za smeštaj svinja (507.031), 86.484 popisanih objekata je za smeštaj na prostirci. U poređenju sa ukupnim brojem objekata za smeštaj svinja zastupljenost ovakvog načina držanja je 17%. Ukupan kapacitet (broj mesta) u ovim objektima je 1.054.394 mesta. Od ukupnog smeštajnog kapaciteta u godini popisa koristilo se 475.430 mesta ili 45%. U godini popisa 8.150 postojeća objekta za svinje ovog tipa su se koristili u druge svrhe ili 9 % od ukupnog broja objekata ovoga tipa u Republici Srbiji.

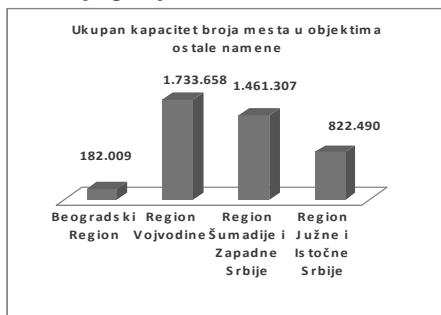
Tabela 3 Objekti za smeštaj svinja na prostirci od slame [4].  
*Chart 3. Facilities for pig accommodation with straw bedding floors [4].*

	Broj objekata	Ukupan kapacitet (broj mesta)	Korišćeni kapacitet objekata (broj mesta)	Objekti korišćeni u druge svrhe
REPUBLIKA SRBIJA	86.484	1.054.394	475.430	8.150
Beogradski region	6.087	82.884	37.783	912
Region Vojvodine	22.960	339.221	142.784	2.260
Region Šumadije i Zapadne Srbije	26.990	354.687	168.248	2.693
Region Južne i Istočne Srbije	30.447	277.602	126.615	2.285



Grafikon 3. Ukupan kapacitet i iskorišćenost objekata za smeštaj svinja na prostirci  
Graph 3. Total capacities and usage of facilities for pig accommodation with straw bedding floors

Najveći broj objekata ovoga tipa za smeštaj svinja zastupljen je u Regionu Južne i Istočne Srbije ili 35%, a najmanji u regionu Beograda 6.087 objekata ili 7 %. Najveće iskorišćenje smeštajnog kapaciteta objekata ovog tipa je zabeleženo u Regionu Šumadije i Zapadne Srbije 35%, a najmanje u Regionu Beograda 8% u odnosu na ukupno korišćene kapacitete u godini popisa za ovaj tip objekata.



Grafikon 4. Objekti za smeštaj svinja u ostalim tipovima objekata  
Graph 4. Facilities for pig accommodation in different types of buildings

Svinje se drže i u 403.888 popisanih objekata koji nisu u kategoriji predhodnih i koji su definisani kao "ostali". U poređenju sa ukupnim brojem objekata za smeštaj svinja zastupljenost ovakvog načina držanja je 80%. Ukupan kapacitet (broj mesta) u ovim objektima je 4,199.464 mesta. Od ukupnog smeštajnog kapaciteta u godini popisa koristilo se 1,801.908 mesta ili 43%. U godini popisa 43.707 postojeća objekata za svinje ovog tipa su se koristili u druge svrhe ili 9 % od ukupnog broja objekata ovoga tipa u Republici Srbiji.



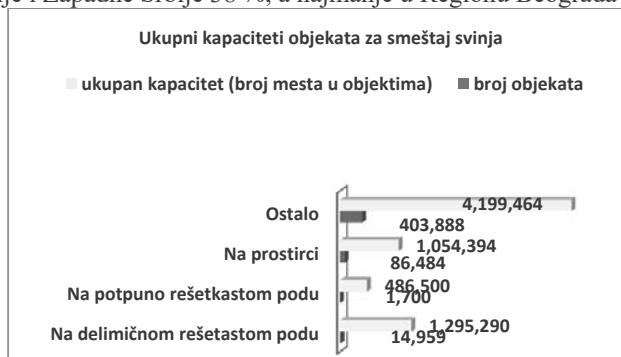
Grafikon 5. Ukupan kapacitet i iskorišćenost objekata ostalih namena za smeštaj svinja po Regionima

*Grafikon 5. Total capacity and usage of facilities for pig accommodation with different purpose*

Tabela 4. Objekti za smeštaj svinja u ostalim tipovima objekata [4].  
Tab 4. Facilities for pig accommodation in other types of buildings [4].

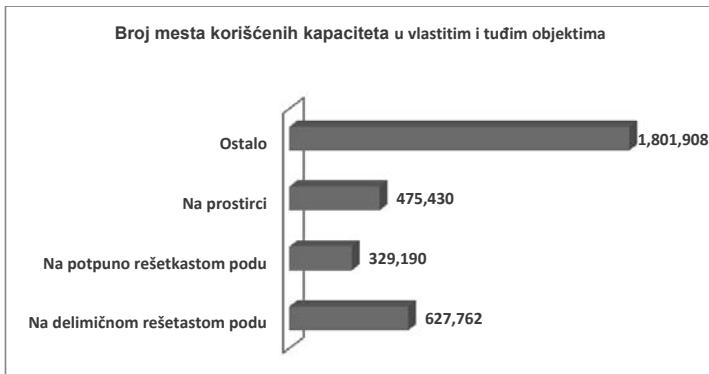
	Broj objekata	Ukupan kapacitet (broj mesta)	Korišćeni kapacitet objekata (broj mesta)	Objekti korišćeni u druge svrhe
Republika Srbija	403.888	4.199.464	1.801.908	43.707
Beogradski Region	15.394	182.009	82.700	2.215
Region Vojvodine	155.200	1.733.658	654.660	16.221
Region Šumadije i Zapadne Srbije	122.969	1.461.307	693.205	15.028
Region Južne i Istočne Srbije	110.325	822.490	371.343	10.243

Najveći broj objekata ovoga tipa za smeštaj svinja zastupljen je u Regionu Vojvodine 38 %, a najmanji u regionu Beograda 15.394 objekata ili 4%. Najveće iskorišćenje smeštajnog prostota u ovakvim objektima prema ukupnom iskorišćenju u godini popisa je zabeleženo u Regionu Šumadije i Zapadne Srbije 38 %, a najmanje u Regionu Beograda 5%.



Grafikon 6. Ukupan kapacitet objekata za smeštaj svinja po tipovima objekata  
Graph 6. Total capacity of facilities for pig accommodation according to types of buildings

U Republici Srbiji, najvuše su zastupljeni objekti koji se ne mogu svrstati u uslovne objekte prema kategorizaciji upitnika u popisnim listama. Takvih je 403.888 komada popisano u Srbiji. Njihov kapacitet je 4,199.464 mesta. Najmanje su zastupljeni objekti sa potpuno rešetkastim podom čiji smeštajni kapaciteti zauzimaju 1,295.290.



Grafikon 7. Broj mesta korišćenih kapaciteta za smeštaj svinja u svim objektima  
Graph 7. Number of places for pig accommodation in all buildings

Broj mesta korišćenih kapaciteta je bio najveći u kategoriji ostalih objekata, znatno veći, nego u ostalim tipovima objekata, koji su definisani popisnim upitnikom. Taj broj je 1,801.908 mesta. Najmanji broj korišćenih kapaciteta je ostvaren u objektima sa potpuno rešetkastim podom. Njih je i najmanje u Republici Srbiji.

## ZAKLJUČAK

Prema podacima popisa u Republici Srbiji ukupno ima 3,407.318 komada svinja svih kategorija, odnosno oko 150.000 krmača.

Veoma su retke farme za koje se može reći da imaju korak sa nekim članicama EU, po obimu porizvodnje i tehnologiji koja se koristi. U Srbiji ukupno ima popisano 507.031 objekat za smeštaj svinja. Od tog broja čak 403.888 ili 80% su objekti koji ne odgovaraju savremenim tehnološkim rešenjima, ili se ne uklapaju u popisne grupe prema upitniku. To znači da se svinje u Srbiji drže u neadekvatnim objektima koji ne zadovoljavaju tehnološki minimum. Smeštajni kapacitet tih neuslovnih objekata je za čak 4,199.464 mesta. U njima je u godini popisa korišćeno 1,801.908 mesta, ili 53% od ukupnog broja popisanih svinja u Srbiji.

Velike promene u tehničko - tehnološkoj opremljenosti i tipu objekata u ovoj grani će morati da se dese, a ključne se zasnivaju na sledećem: Oprema u prasilištima se zasniva na individualnim boksevima sa paralelno ili dijagonalno postavljenim uklještivačima. Podovi bokseva za prašenje su od specijalne plastike koja pruža udobnost izolaciju i visok nivo higijene (rešetkasta). Ispod svakog boksa se postavljaju nezavisni sakupljači (kasete) za izlučevine. Takav sistem značajno poboljšava mikroklimat u odeljenjima. Grejanje legla se izvodi pomoću grejnih tela sa topлом vodom ili elektrogrejačima.

U Odgajivalištima za prasad, nove tehnologije podrazumevaju grupni odgoj (više legala) u zajedničkom boksu. Boksevi su sa plastičnim podovima i grejnim ostrvima na sredini boksa.

Mikroklimat u ovakvim odeljenjima se održava potpuno kontrolisano pomoću perforiranih plafona i sistema podprtitska ispod poda bokseva, automatizovano.

Predtov i tov će se i dalje izvoditi u grupnim boksevima sa najčešće potpuno rešetkastim podom od betonskigh gredica. Ishrana se izvodi pomoću automatskih hranilica sa rasprskivačima za vodu niskog radnog pritiska (0,5 bara), sa samoposluživanjem uz stvaranje kaštaste hrane. Ograde bokseva su od glatkih i tvrdih plastičnih montažnih sendvič ploča. Krmače u reprocentru se drže kombinovano. Kavezi za prvu fazu (individualno držanje) se i dalje modifikuju u pravcu obezbeđenja što veće udobnosti grlima, ali i olakšavanju rada veterinarima kod intervencija pri osemenjavanju. Pored toga kavezi moraju da obezbede lako uvođenje i izvođenje krmača, bez stresa ili nasulnih postupaka (posebnim vratima za ulaz i izlaz) u svaki uklještivač – kavez. Ishrana krmača u ovoj fazi je pomoću zapreminske i masenih dozatora. Druga faza držanja krmača je grupna. Može biti u boksevima sa dubokom prostirkom. Ishrama je u automatskim stanicama. Za prepoznavanje krmače, njenih stvarnih podataka, i isporuke hrane u hranilicu stanice, koriste se posebni program u okviru menadžmenta farme.

Ovako bitne izmene u gradnji i opremanju objekata bez značajne pomoći Države preko Ministarstva, razvojnih fondova i subvencionisanja neće moći da se izvedu za duži niz godina.

## LITERATURA

- [1] Radivojević D., Topisirović G. 2013. Stanje i tendencije razvoja mehanizacije stočarske proizvodnje Traktori i pogonske mašine, Vol.18, No1, p.48-55, Novi Sad.
- [2] Republički zavod za statistiku .2008. Knjiga Gazdinstva. Republika Srbija.
- [3] Popis poljoprivrede 2012., prvi rezultati Republičkog zavoda za statistiku ([www.popispoljoprivrede.stat.rs](http://www.popispoljoprivrede.stat.rs))
- [4] Republički zavod za statistiku 2012. Popis poljoprivrede Poljoprivreda u Republici Srbiji, Republika Srbija. ISBN 978-86-6161-077-6, ISBN 978-86-6161-076-9
- [5] RZS-Popis poljoprivrede u Republici Srbiji Knjiga I i II, Beograd 2013.
- [6] Dušan Radivojević. 2014. Poljoprivredna mehanizacija, objekti i oprema, Republički zavod za statistiku., ISBN 978-86-6161-111-7.

# MODEL SAMOHODNE POLJOPRIVREDNE MAŠINE ZA ANALIZU OSCILATORNIH KARAKTERISTIKA

Boris Stojic<sup>1</sup>

*Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka,  
Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad - Srbija*

## SAŽETAK

Samohodne poljoprivredne mašine predstavljaju posebnu kategoriju vozila namenjenu za obavljanje određenih specifičnih agrotehničkih operacija. Usled kretanja po neravnim poljoprivrednim podlogama, kod ovih vozila je veoma izražen problem izloženosti rukovaoca mehaničkim oscilacijama. U ovom radu je, na osnovu nekoliko karakterističnih konstruktivnih rešenja samohodnih mašina visokog klirensa, predložen model za studiju njihovih oscilatornih karakteristika i diskutovane mogućnosti za identifikaciju parametara oscillatornog modela. Takođe je prikazan primer postupka analize oscilatornih karakteristika mašine na osnovu predloženog modela.

**Ključne reči:** Poljoprivredna mašina, vozilo, oscilatorne karakteristike, modeliranje.

## SELF-PROPELLED AGRICULTURAL MACHINE MODEL FOR RIDE ANALYSIS

Boris Stojic<sup>1</sup>

*University of Novi Sad – Faculty of Technical Sciences,  
Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad - Serbia*

## ABSTRACT

Self-propelled agricultural machines represent a special category of vehicles intended for carrying out certain specific agrotechnical operations. Due to their movement on uneven agricultural ground, the problem of exposure of the operator to mechanical vibrations is very pronounced in these vehicles. Based on several characteristic design examples of self-propelled machines with high ground clearance, a model for studying their vibration properties is proposed in this paper. Possibilities for identifying oscillator model parameters are discussed, and example of vibration properties analysis of the machine based on the proposed model is also shown.

**Key words:** Agricultural machine, vehicle, vibration properties, modelling.

---

<sup>1</sup> Kontakt Autor: bstojic@uns.ac.rs

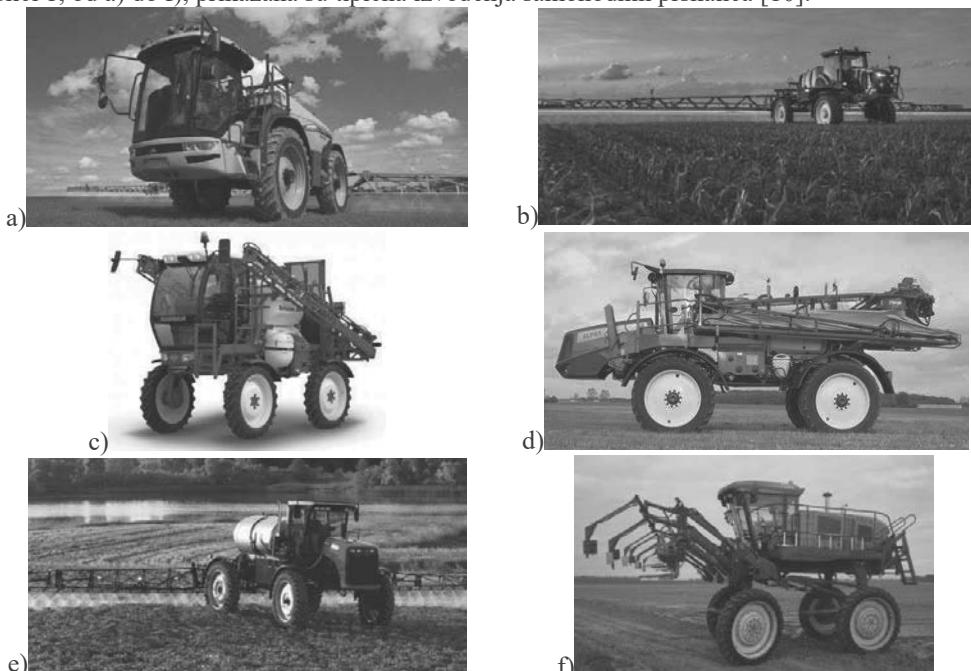
## UVOD

Oscilatorne karakteristike najvećeg procenta poljoprivrednih traktora i samohodnih mašina određene su činjenicom da su pneumatični jedini vid elastičnog oslonca u odnosu na podlogu, s obzirom na odsustvo sistema elastičnog oslanjanja koje se još uvek veoma retko koristi kod pomenute grupe vozila. Pri tome, za ova vozila je karakteristično da se pretežno kreću po nepripremljenim vanputnim podlogama, čije neravnine saopštavaju vozilu znatnu oscilatornu pobudu. Ovo stvara nepovoljnu situaciju sa stanovišta izloženosti rukovaoca mašine vibracijama, tako da je ublažavanje ovog efekta još uvek jedan od ključnih izazova pri projektovanju i razvoju ove vrste vozila [7].

Ovaj rad se bavi pristupom za analizu oscilatornih karakteristika samohodnih prskalica (pri čemu ) kao specijalizovane i specifične grupe poljoprivrednih mašina. Cilj rada je da predloži osnovu za sveobuhvatniji postupak analize i vrednovanja dinamičkog odziva vozila i izloženosti rukovaoca mehaničkim oscilacijama. U okviru rada biće sprovedena preliminarna i okvirna procena rezultata za jedan konkretni slučaj izvedene mašine. Zaključci zasnovani na rezultatima preliminarne analize biće korišćeni da se definisu pravci daljih istraživanja, sa ciljem da se unaprede preporuke i smernice za postupak projektovanja ovakvih i sličnih mašina. Sprovedena analiza počiva na pretpostavkama o određenim tipičnim parametrima radnog režima mašine, kao i na procenjenim vrednostima onih konstruktivnih parametara za koje nisu rasploživi podaci.

## KONCEPCIJA SAMOHODNIH POLJOPRIVREDNIH MAŠINA

Koncept samohodnih poljoprivrednih mašina najčešće se primenjuje za izvođenje mašina za prskanje biljaka, koje ponekad imaju radne organe za dodatne agrotehničke operacije. Na slici 1, od a) do f), prikazana su tipična izvedenja samohodnih prskalica [10].



Slika 1. Primeri izvedenih samohodnih prskalica

Figure 1. Examples of self-propelled sprayers

Serijski proizvedene radne mašine - samohodne prskalice za primenu u poljoprivredi koje se nalaze na svetskom tržištu predstavljaju specifične mašine koje se između ostalog odlikuju veoma velikim klirensom jer se telo vozila kreće iznad useva, hidrostatičkim pogonom i malim brzinama kretanja u javnom saobraćaju, do 40-50 km/h. Rasponi na koje mogu da se rašire tzv. krila sa prskalicama kreću se od oko 10 metara pa do nekoliko desetina metara. Za pogon koriste dizel motore snage po pravilu iznad 100 kW.

Rezervoari za tečnost imaju zapremine od nekoliko kubnih metara. Mašine su opremljene komfornom zatvorenom zaštitnom kabinom sa jednim sedištem. Zajednička karakteristika im je i veoma visoka cena.

Za rešenje proizvođača Burgoin, prikazano na slici 1 f), karakteristično je da pored prskalice ima i mogućnost priključenja drugih radnih organa, i to na prednjem delu mašine hidrostatički pogonjene rotacione noževe za sečenje metlica. Mašina je pogonjena dizel motorom snage 82 kW, ima hidrostatički pogon a najveća brzina je 25 km/h. Masa praznog vozila je 6,7 tona.

U Republici Srbiji, u preduzeću Hidromatik d.o.o. iz Laćarka, izrađuje se mašina za prskanje i tretman semenskog kukuruza prikazana na slici 2. Pored uređaja za prskanje, mašina je opremljena mehaničkim radnim organima za izvođenje više vrsta specifičnih operacija u okviru svoje namene. Detaljniji prikaz mašine može se naći u ranije objavljenim publikacijama, npr. [6]



Slika 2. Samohodna poljoprivredna mašina Hidromatiks S-PST  
*Figure 2. Self-propelled agricultural machine Hidromatiks S-PST*

### **MODEL VOZILA, USLOVI I PRETPOSTAVKE**

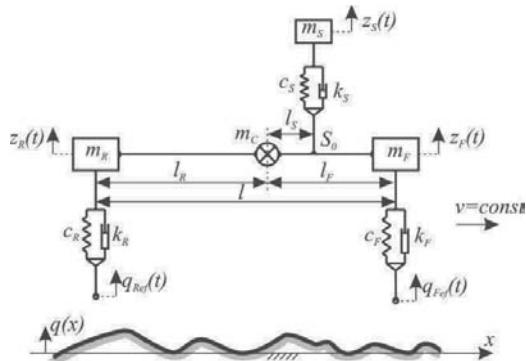
Za analizu oscilatornih karakteristika posmetranegrupe vozila u okviru ovog rada koristiće se ravanski model vozila sa tri stepena slobode, prema slici 3. Za generalisane koordinate sistema usvajaju se vertikalna pomeranja prednje ( $z_F$ ) i zadnje ( $z_R$ ) osovina, kao i vozačkog sedišta ( $z_S$ ).

Usled odsustva sistema elastičnog oslanjanja točkova, jedini elastični elementi preko kojih se prenose vertikalne sile jesu pneumatici na prednjoj i zadnjoj osovini. Pošto nema drugih prigušnih elemenata, neophodno je uzeti u obzir prigušenje pneumatika usled njihove viskoelastične prirode, pa je njihovo ponašanje modelirano linearnim Voigt-Kelvinovim modelom odnosno po jednim elastičnim i viskozno-prigušnim elementima linearnih karakteristika ( $c_{F/R}$  odnosno  $k_{F/R}$ ) u paralelnoj vezi. Na isti način je modelirano i elastično oslanjanje vozačkog sedišta (koeficijenti  $c_S$  i  $k_S$ ). Tačka  $S_0$  označava lokaciju vozačkog sedišta.

Maseni i inercijalni parametri modela su predstavljeni preko tri koncentrisane mase, locirane iznad prednje ( $m_F$ ) i zadnje osovine ( $m_R$ ), kao i na mestu stvarnog položaja težišta vozila ( $m_C$  – sprežna masa). Vrednosti ovih triju masa izračunavaju se iz uslova jednakosti ukupne mase, momenta inercije za poprečnu osu koja prolazi kroz centar mase i položaja centra mase. Oscilatorna pobuda se saopštava na mestu kontakta prednjeg odnosno zadnjeg pneumatika sa neravninama podloge. Geometrijski profil podloge je definisan kao ordinata  $q(x)$  u funkciji uzdužnog položaja  $x$ . Uzimajući u obzir brzinu kretanja vozila, neravnine podloge se transformišu iz prostornog u vremenski domen, tj. iz oblika  $q(x)$  u oblik  $q(t)$ .

Obzirom na svojstvo ravanskog modela vozila da se točkovi prednje i zadnje osovine kreću po istom tragu, vremenska forma pobude na zadnjoj osovini ( $q_R(t)$ ) je jednaka onoj na prednjoj ( $q_F(t)$ ), pomerenoj u vremenu za vrednost  $\tau$  zavisnu od brzine kretanja i osovinskog rastojanja.

Pri definisanju oscilatorne pobude, s obzirom na to da se vozila ove vrste uobičajeno kreću po podlogama sa izrazitim udelenim kratkotalanjsih neravnina, potrebno je uzeti u obzir svojstvo pneumatika da se ponaša kao niskopojasni filter koji transformiše stvarnu geometriju podloge u efektivnu oscilatornu pobudu na prednjoj i zadnjoj osovini,  $q_{Fef}(t)$  i  $q_{Ref}(t)$  respektivno. Pri tome je moguće uzeti u obzir različita filtrirajuća svojstva pneumatika na prednjoj i zadnjoj osovini, mada je kod posmatrane kategorije vozila uobičajeno da se na obe osovine koriste jednaki pneumatici. Za transformaciju stvarnog geometrijskog profila  $q_{F/R}$  u efektivnu oscilatornu pobudu  $q_{Fef/Ref}$ , neophodno je raspolažati adekvatnim modelom kontakta pneumatika i podloge koji uzima u obzir pomenuta filtrirajuća svojstva.



Slika 3 Oscilatorni model mašine (značenje parametara objašnjeno u tekstu)

Figure 3 Machine ride model (meaning of parameter explained throughout the text)

S obzirom na to da u okviru ovog rada nije predviđeno sveobuhvatno i tačno predviđanje šireg spektra aspekata dinamičkog odziva vozila već samo preliminarna analiza u funkciji definisanja smernica za dalji rad, biće uvedene prepostavke i pojednostavljenja koja omogućavaju značajnu redukciju složenosti modela, a time i uprošćenje dalje analize.

Ovo pojednostavljenje je, sa druge strane, neophodno i stoga što za konkretnu mašinu, na koju se odnosi primer analize oscilatornih karakteristika prikazan u nastavku, nisu poznate sve vrednosti relevantnih konstruktivnih parametara.

Oslanjujući se na publikacije u vezi sa dinamičkim ponašanjem poljoprivrednih traktora (npr. [2]) odnosno uzimajući u obzir sličnost njihovog koncepta i konstruktivnih karakteristika sa mašina razmatranim u okviru ovog rada, biće usvojena prepostavka da se sprežna masa  $m_C$  može zanemariti:

$$\gg m_C \approx 0$$

U tom slučaju mase na prednjoj i zadnjoj osovini ( $m_F$  i  $m_R$ ) osciluju nezavisno jedna od druge (ukoliko se zanemari uticaj oslonjene mase rukovaoca na sedištu, što je takođe opravdano pojednostavljenje imajući u vidu međusobne odnose reda veličine ovih masa). Shodno tome, vertikalna pomeranja prednje i zadnje osovine ( $z_F$  i  $z_R$ ) su nezavisna jedno od drugog.

Posmatrajući konstruktivna rešenja samohodnih prskalica na slikama 1 i 2, može se uočiti da je vozačko sedište tipično locirano u neposrednoj blizini prednje osovine. Na osnovu toga opravdano je usvojiti i pretpostavku da su sedište (čiji je položaj određen tačkom  $S_0$ , slika 3) i prednja osovina locirani u istoj vertikalnoj ravni ( $l_S \approx l_F$ , slika 3), efektivno redukujući broj stepeni slobode modela na dva – vertikalno pomeranje prednje osovine i vozača na elastično oslonjenom sedištu. Sa parametrima označenim na slici 3, model je ekvivalentan četvrtinskom modelu vozila poznatom iz predmetne literature (npr. [5]) čije jednačine glase:

$$\begin{aligned} m_S \ddot{z}_S + k_S(\dot{z}_S - \dot{z}_F) + c_S(z_S - z_F) &= 0 \\ m_F \ddot{z}_F + k_S(\dot{z}_F - \dot{z}_S) + c_S(z_F - z_S) + k_F \dot{z}_F + c_F z_F &= k_F \dot{q}_{Fef} + c_F q_{Fef} \end{aligned} \quad (1)$$

Nakon Laplasove transformacije sistema (1) i rešavanja odgovarajućih matematičkih relacija, dobija se prenosna funkcija sistema  $H_{qzs}$  za slučaj da je pobuda zadata putem efektivnog vertikalnog pomeranja prednjeg točka ( $q_{Fef}(t)$ ), a da je odziv od interesa vertikalno pomeranje oslonjene mase vozača na sedištu  $m_S(z_S(t))$ :

$$H_{qzs}(s) = \frac{Z_S(s)}{Q_{Fef}(s)} = \frac{N_2 \cdot s^2 + N_1 \cdot s + N_0}{D_4 \cdot s^4 + D_3 \cdot s^3 + D_2 \cdot s^2 + D_1 \cdot s + D_0} \quad (2)$$

gde je:  $N_2 = k_F k_S$ ,  $N_1 = c_S k_F + c_F k_S$ ,  $N_0 = c_F c_S$ ,  $D_4 = m_S m_F$ ,  $D_3 = m_S (k_S + k_F) + k_S m_F$ ,  $D_2 = m_S (c_S + c_F) + k_S k_F + c_S m_F$ ,  $D_1 = k_S c_F + c_S k_F$  i  $D_0 = c_S c_F$ .

Formalnom zamenom  $s \rightarrow j\omega$  u izrazu (2) moguće je odrediti funkciju dinamičkog uvećanja i sprovesti analizu ponašanja sistema u frekventnom domenu, što je adekvatan pristup s obzirom na stohastički karakter pobude od strane neravnina podloge. Shodno ovom svojstvu, pobudu je najprikladnije predstaviti u formi spektralne gustine snage [5]. Brojna istraživanja su potvrdila da se spektralna gustina snage za praktično sve vrste podloga može adekvatno aproksimirati relacijom ([3], [5], [11] i dr.):

$$S_q(\Omega) = S_q(\Omega_0) \cdot \left( \frac{\Omega}{\Omega_0} \right)^{-w} \quad (3)$$

gde je:  $S_q(\Omega_0)$  – koeficijent neravnosti profila,  $\Omega$  - putna kružna frekvencija,  $\Omega_0$  – referentna vrednost putne kružne frekvencije,  $w$  – eksponent neravnosti profila.

Ako se vozilo kreće brzinom  $v$ , transformacijom pobude iz prostornog u vremenski domen, odnosno prelaskom sa prostorne ( $\Omega$ ) na vremensku frekvenciju ( $\omega$ ) dobija se odgovarajuća spektralna gustina snage  $S_q(\omega)$ :

$$S_q(\omega) = \frac{1}{v} \cdot S_q(\Omega) \quad (4)$$

S obzirom na to da se u okviru analize posmatra pobuda saopštена preko prednje osovine, u daljem tekstu će spektralna gustina snage biti označena indeksom "F" radi usklađivanja sa sistemom označavanja u ostaku rada:

$$S_{qF}(\omega) \equiv S_q(\omega)$$

Pri tome je veza prostorne frekvencije  $\Omega$  sa vremenskom kružnom frekvencijom pobuđivanja  $\omega$  određena izrazom:

$$\omega = v \cdot \Omega \quad (5)$$

Filtrirajuća svojstva pneumatika biće uzeta u obzir empirijskim modelom sa primenom u frekventnom domenu, korišćenom u [2]:

$$|H_{env}(j\omega)|^2 = \frac{(I, I \cdot v)^2}{(I, I \cdot v)^2 + (a_0 \cdot \omega)^2} \quad (6)$$

gde je:  $H_{env}$  – prenosna funkcija za transformaciju stvarne geometrije profila podloge u efektivno vertikalno pomeranje točka;  $a_0$  – polovina dužine kontaktne površine između pneumatika i ravne podloge;  $v$  – brzina kretanja.

Funkcija (6) podrazumeva konstantnu dužinu kontaktne površine pneumatika. U stvarnosti, međutim, zbog stalnih dinamičkih fluktuacija vertikalne reakcije podloge na pneumatik ovo ne može biti slučaj, tako da ovaj pristup predstavlja još jedno uprošćenje u okviru korišćenog modela. Može se smatrati da je uticaj fluktuacija implicitno obuhvaćen uvođenjem brzine kretanja kao parametra.

Spektralna gustina snage efektivne oscilatorne pobude vertikalnim pomeranjem prednjeg točka  $q_{Fef}$  je određena relacijom:

$$S_{qFef} = |H_{env}(j\omega)|^2 \cdot S_{qF}(\omega) \quad (7)$$

Ovo omogućava određivanje spektralne gustine snage  $S_{zS}$  vertikalnog pomeranja sedišta  $z_S$ :

$$S_{zS} = |H_{qzS}(j\omega)|^2 \cdot S_{qFef}(\omega) \quad (8)$$

Funkcija dinamičkog uvećanja  $|H_{qzS}(j\omega)|$  dobija se kao modul prenosne funkcije date izrazom (2) nakon smene  $s \rightarrow j\omega$ :

$$H_{qzS}(j\omega) = A(\omega) + jB(\omega) \quad (9)$$

gde je:  $A(\omega) = \frac{A_N \cdot A_D + B_N \cdot B_D}{A_D^2 + B_D^2}$ ,  $B(\omega) = \frac{B_N \cdot A_D - A_N \cdot B_D}{A_D^2 + B_D^2}$

$$A_N = N_0 - N_2 \cdot \omega^2; B_N = N_1 \cdot \omega; A_D = D_0 - D_2 \cdot \omega^2 + D_4 \cdot \omega^4; B_D = D_1 \cdot \omega - D_3 \cdot \omega^3 \\ |H_{qzS}(j\omega)|^2 = A^2(\omega) + B^2(\omega) \quad (10)$$

Na osnovu relacija (7) i (8) uspostavlja se direktna veza između gustine spektra snage pobude ( $S_{qF}$ ) i odziva ( $S_{zS}$ ):

$$S_{zS} = |H_{qzS}(j\omega)|^2 \cdot |H_{env}(j\omega)|^2 \cdot S_{qF}(\omega) \quad (11)$$

Na osnovu gustine spektra snage pomeranja sedišta, može se proceniti efektivna vrednost vertikalnog ubrzanja sedišta:

$$\bar{\bar{z}}_S^2 = \int_0^{\infty} \omega^4 \cdot S_{zS}(\omega) d\omega \quad (12)$$

## EKSPOATACIONI I KONSTRUKTIVNI PARAMETRI MAŠINE

Na primeru mašine Hidromatiks PST (slika 2), je urađena analiza oscilatornih karakteristika prema prethodno prikazanom postupku.

Vrednosti nekih od parametara korišćenog oscilatornog modela dobijeni su pri prethodno sprovedenim ispitivanjima mašine ([6]) i iznose:

- $m_{Fmin} = 1580$  kg – masa na prednjoj osovini za neopterećenu mašinu
- $m_{Fmax} = 2050$  kg - masa na prednjoj osovini pri punom opterećenju
- $m_F = 1800$  kg - masa na prednjoj osovini usvojena za proračun

U nastavku, vrednosti nepoznatih parametara biće procenjeni iskustveno ili na bazi vrednosti odgovarajućih parametara sličnih mašina odnosno vozila i njihovih komponenata.

Za masu vozača sa sedištem, izabrana je vrednost od 120 kg kao tipična:

- $m_s = 120$  kg

Radikalna krutost pneumatika  $c_F$  suštinski zavisi od pritiska, kao i od dimenzija i konstruktivnih parametara pneumatika. Generalno posmatrano, reč je o nelinearnom parametru na koji takođe utiču frekvencija i amplituda pobude, kao i brzina kretanja tj. kotrljanja točka. Uzimanje u obzir svih ovih uticajnih parametara zahteva veoma kompleksan pristup kakav daleko prevazilazi predviđene okvire ovog rada. Iz tog razloga će biti usvojena pretpostavka o linearnoj zavisnosti u okolini radne tačke. Studije ponašanja poljoprivrednih pneumatika (npr. [4], [8], [11] itd.) pokazuju da tipične vrednosti linearizovane krutosti obično leže približno u dijapazonu od 300 do 500 kN/m, tako da se za dalji proračun usvaja:

- $c_F = 400$  kN/m

Napomene date u vezi sa radikalnom krutošću pneumatika važe u suštini i za prigušenje. Na osnovu publikovanih podataka iz istraživanja (npr. [8]), red veličine vrednosti linearizovanog tehničkog prigušenja poljoprivrednih pneumatika iznosi  $D \sim 0.1$ , na osnovu čega se može proceniti vrednost koeficijenta prigušenja  $k_F$ :

- $k_F = 2 \cdot D \cdot \sqrt{c_F \cdot m_F} \approx 5$  kNs/m

Procenjena vrednost je u skladu i sa drugim publikovanim podacima, na primer [11].

Nepoznati parametri elastičnog oslanjanja sedišta  $c_S$  i  $k_S$  biće procenjeni na osnovu tipičnih vrednosti tehničkog prigušenja  $D_S$  i sopstvene frekvencije oscilovanja sedišta  $f_{so}$ , koje, prema [5], okvirno iznose  $\sim 0.35$  [-] odnosno  $\sim 4.5$  Hz respektivno:

- $c_S = 4 \cdot \pi^2 f_{so}^2 m_S \approx 100$  kN/m
- $k_S = 2 \cdot D_S \cdot \sqrt{c_S \cdot m_S} \approx 2.5$  kNs/m

Za aplikaciju modela filtrirajućeg ponašanja pneumatika na podlozi sa kratkotalasnim neravninama  $|H_{env}(j\omega)|^2$ , datog izrazom (6), potreban je, osim brzine kretanja (o čemu će biti reč u nastavku), i podatak o polovini dužine kontaktne površine pneumatika  $a_0$ . U odsustvu relevantnih podataka, na osnovu rezultata istraživanja [8] biće iskustveno usvojena okvirna tipična srednja vrednost:

- $a_0 \sim 150$  mm

Za potrebe praktične evaluacije integrala (12) numeričkim postupkom, usvajaju se granice integracije:

- $\Omega_{min} = 0.1 \text{ m}^{-1}$  - donja granica
- $\Omega_{max} = 50 \text{ m}^{-1}$  - gornja granica

Usvojene vrednosti putne kružne frekvencije odgovaraju talasnim dužinama neravnina podloge između 0.12 i 62.8 m.

Numerički postupak evaluacije integrala (12) zasniva se na njegovoj aproksimaciji sumom konačnog niza diskretnih vrednosti, tako da elementarna veličina  $d\omega$  odnosno  $d\Omega$  prelazi u konačni inkrement  $\Delta\Omega$ . Za  $N$  diskretnih vrednosti korišćenih za izračunavanje sume važi:

$$\Delta\Omega = \frac{\Omega_{\max} - \Omega_{\min}}{N-1} \quad (13)$$

Prema navedenom postupku, kvadrat efektivne vrednosti vertikalnog ubrzanja sedišta izračunava se na osnovu izraza:

$$\bar{z}_S^2 \approx \sum \frac{1}{2}[S_{zs}(\omega_i) + S_{zs}(\omega_{i-1})] \cdot (\omega_i - \omega_{i-1}) \cdot \omega_i^4 \quad (14)$$

$$\omega_i = \omega_{\min} + i \cdot \Delta\omega; \quad i = 0 \div N$$

Primenom relacije (5) sledi:

$$\begin{aligned} (\omega_i - \omega_{i-1}) &= \Delta\omega = v \cdot \Delta\Omega \\ \omega_{\min/\max} &= v \cdot \Omega_{\min/\max} \\ \omega_i &= v \cdot \Omega_i \end{aligned} \quad (15)$$

## NUMERIČKA PROCENA IZLOŽENOSTI RUKOVAOCA VIBRACIJAMA

### a) Slučaj izvodenja agrotehničkih operacija na njivi

U radu [8] sumirani su rezultati brojnih istraživanja karakteristika neravnina različitih poljoprivrednih podloga. Kao podloga merodavna sa stanovišta intenziteta oscilatorne pobude usled amplituda i frekventnog spektra neravnina usvojena je uzorana njiva, za koju su tipične vrednosti:

- $S_q(\Omega_0) = 650 \text{ cm}^3$
- $\Omega_0 = 1 \text{ m}^{-1}$
- $w = 1.7$

Za agrotehničke operacije koje se izvode na toj vrsti podloge, usvojena brzina kretanja prema [1] iznosi:

- $v = 5 \text{ km/h}$

Srednja kvadratna odnosno efektivna vrednost vertikalnog ubrzanja sedišta za ove podatke iznosi:

$$\boxed{\sqrt{\bar{z}_S^2} = 4.9 \text{ m/s}^2}$$

### b) Transport putem sa lošom podlogom

Za operacije transporta mašine između njive, koristi se dostupna mreža puteva u koje spadaju i nekategorisani putevi sa podlogom lošeg kvaliteta. Merodavni parametri neravnina za ovaj slučaj takođe su usvojeni na osnovu sumiranih rezultata prikazanih u radu [8]:

- $S_q(\Omega_0) = 145 \text{ cm}^3$
- $\Omega_0 = 1 \text{ m}^{-1}$
- $w = 1.5$

Pri tome je usvojeno da se mašina kreće maksimalnom brzinom koju može da postigne, koja iznosi:

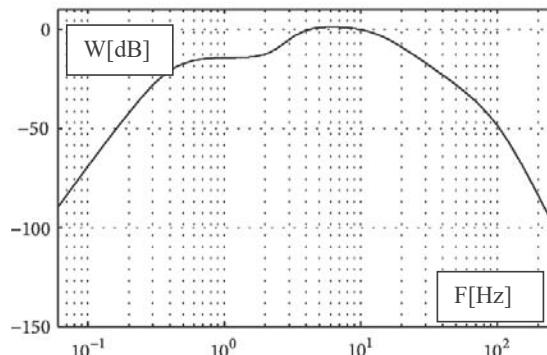
➤  $v=25\text{km/h}$

Za ovaj slučaj efektivna vrednost vertikalnog ubrzanja sedišta iznosi:

$$\sqrt{\ddot{z}_s^2} = 7.8 \text{ m/s}^2$$

## ANALIZA REZULTATA

Izloženost rukovaoca mašine vibracijama, čijom analizom se bavi ovaj rad, predmet je brojnih preporuka i standarda [7] među kojima treba izdvojiti standard ISO 2631-1 [12]. Dobijene efektivne vrednosti vertikalnog ubrzanja mogu se oceniti kao veoma velike u odnosu na preporuke date standardom. Međutim, treba istaći da se vrednosti navedene u pomenutom standardu dobijaju kalkulacijama na osnovu množenja frekventnog spektra krivama osetljivosti, koje daju numeričke vrednosti nešto niže od onih dobijenih postupkom u ovom radu jer su vrednosti težinskih koeficijenata u znatnom delu frekventnog spektra manje od 1, slika 4.



Slika 4 Težinske krive za modifikaciju frekventnog spektra, ISO 2631-1 [12]

Figure 4 Frequency-weighting curves, ISO 2631-1 [12]

Obzirom na relativno velik broj nepoznatih parametara analizirane mašine, kao i, shodno tome, neka znatna pojednostavljenja oscilatornog modela, ovaj rad nije fokusiran na tačnost i validnost konkretnih rezultata proračuna, već više na samu primenu postupka modeliranja posmatrane mašine. Zbog toga modifikacija frekventnog spektra u okviru proračuna nije smatrana celishodnom, već dobijene rezultate treba posmatrati samo kao preliminarnu, okvirnu ocenu reda veličine efektivnih ubrzanja sedišta. Iz tog konteksta proizilazi da sračunate vrednosti nisu merodavne za tumačenje i vrednovanje karakteristika mašine u ovoj fazi rada. Da bi se stekao realni uvid u performanse mašine po posmatranom kriterijumu, neophodno je izvršiti opsežnija eksperimentalna merenja, kako u funkciji bližeg i tačnijeg određivanja nepoznatih parametara modela, tako i radi eksperimentalna provere validnosti modela odnosno sračunatih pokazatelja oscilatorne udobnosti.

Na kraju treba istaći da u slučaju mašine uzete za primer postoji dosta mogućnosti za poboljšanje oscilatornih karakteristika. Kao glavni pravci mogu se izdvojiti:

- modifikacija odnosno prilagođavanje parametara elastičnog oslanjanja sedišta, i
- snižavanje pritiska pneumatika.

U drugom slučaju potrebno je proceniti da li je eventualno svršishodno izabrati drugačije pneumatike u odnosu na trenutno korišćene, s obzirom na potrebu za istovremenim zadovoljenje širokog spektra raznih drugih zahteva koje pneumatički moraju da zadovolje. Pored navedenog, treba pomenuti i da je kabina mašine takođe elastično oslonjena, ali na gumenim osloncima čija je glavna uloga smanjenje buke ali je njihova krutost suviše velika u odnosu na zahteve za ublažavanjem vibracija u merodavnom frekventnom opsegu. Izborom tehnički naprednijeg rešenja elastičnog oslanjanja kabine takođe je moguće poboljšati posmatrani segment karakteristika mašine. Ova poslednja mera bi zahtevala modifikaciju korišćenog oscilatornog modela, uvođenjem dodatnog stepena slobode za vertikalno pomeranje kabine.

## ZAKLJUČAK

U radu je predložena forma modela i odgovarajućeg proračuna za analizu oscilatornih karakteristika tipične konfiguracije samohodnih poljoprivrednih mašina namenjenih pre svega za prskanje kao i neke prateće operacije tretmana poljoprivrednih kultura. Pregled stanja u oblasti je pokazao da je problem izloženosti rukovaoca štetnom utiaju vibracija i dalje aktuelna tema u okviru razvoja i projektovanja ovakvih vozila. Postupak je sproveden na primeru jednog konkretnog izvedenog rešenja, mašine Hidromatiks – S-PST koja se proizvodi u Republici Srbiji. Analiza tipičnih karakteristika posmatrane grupe mašina je pokazala da su moguća određena pojednostavljenja strukture modela a samim tim i proračuna, bez velikog uticaja na tačnost rezultata. Neka pojednostavljenja modela su takođe vršena i iz razloga nepoznavanja svih relevantnih parametara modela potrebnih za proračun. Rezultati proračuna su pokazali relativno velike vrednosti efektivnog vertikalnog ubrzanja vozačkog sedišta, kako pri izvođenju agrotehničkih operacija na njivi tako i pri transportu poljskim putem lošeg kvaiteta. Zbog nedostupnih podataka o relevantnim parametrima modela, nije vršena modifikacija frekventnog spektra dobijenih rezultata u skladu sa zahtevima standarda ISO 2631-1 koji se bavi fiziološkim uticajem mehaničkih vibracija na čoveka. Konstatovano je da iz tog razloga sračunate vrednosti nisu merodavne za tumačenje i vrednovanje karakteristika konkretnе mašine, već dobijene rezultate treba posmatrati sa jedne strane kao preliminarnu, okvirnu ocenu reda veličine efektivnih ubrzanja sedišta, a sa druge strane kao numeričku ilustraciju postupka analize predloženog u okviru rada. Zaključeno je da je u daljem radu neophodno je izvršiti opsežnija eksperimentalna merenja, kako u funkciji bližeg i tačnijeg određivanja nepoznatih parametara modela, tako i radi eksperimentalne provere validnosti modela. Kratkom analizom konstruktivnih karakteristika mašine konstatovano je da postoji spektar mogućnosti za uticaj na izloženost rukovaoca vibracijama, koje se ogledaju pre svega u optimizaciji izbora pneumatika i pritiska pumpanja kao i u mogućim modifikacijama elastičnog oslanjanja samog sedišta rukovaoca ali i kabine.

## LITERATURA

- [1] Böttinger S., *Ackerschlepper - Vorlesung*, Institut für Agrartechnik Hohenheim, <https://www.uni-hohenheim.de/LT/Vorlesung/Vorlesung.html>, pristupljeno 2.10.2010
- [2] Časnji F., 1984. *Ogibljeno traktorsko sedište sa inercijalnim prigušivačem oscilacija*, doktorska disertacija, FTN Novi Sad
- [3] Horst, B., 1969. *Untersuchungen von Fahrbahnunebenheiten und Anwendungen der Ergebnisse*, doktorska disertacija, Braunschweig, T. U., F. f. Maschinenbau u. Elektrotechnik
- [4] Kissing A., Göhlich H., 1988. *Ackerschlepper-Reifendynamik, Teil 1: Fahrbahn- und Prüfstandsergebnisse*, Grundlagen Landtechnik 38 (1988) 3, 78-87, ISSN 0017-4920
- [5] Mitschke M., Wallentowitz H., 2004. *Dynamik der Kraftfahrzeuge*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, ISBN 978-3540420118
- [6] Ružić D., Stojić B., Milisavić P., 2016. *Design features of farm self-propelled working machine relevant for working and traffic safety*, Zbornik radova sa nacionalne konferencije sa međunarodnim učešćem “UNAPREĐENJE SISTEMA ZAŠTITE NA RADU (Improvement of the occupational safety system)”, Tara, pp 166-175, ISBN 978-86-919221-1-5
- [7] Scarlett, A.J. et al, 2005. *Whole-body vibration on agricultural vehicles*, Research report, Silsoe Research Institute and RMS Vibration Test Laboratory for the Health and Safety Executive, HSE Books, ISBN 0 7176 2970 8, Silsoe
- [8] Stojić B., 2014. *Modeliranje oscilatornog ponašanja traktorskih pneumatika veštačkim neuronskim mrežama (Tractor tire vibration behaviour modelling by using artificial neural networks)*, doktorska disertacija, FTN Novi Sad
- [9] Stojić B., Poznanović N., Poznić A., 2015. *Research and Modeling of the Tractor Tire Enveloping Behavior*, Journal of Vibration and Control, DOI: 10.1177/1077546315576302, ISSN: 1741-2986
- [10] Stojić, B. et al, 2016. Ispitivanje pojedinačno proizvedene specijalizovane samohodne radne mašine za rad u poljoprivredi, Naučno-stručni skup o ispitivanju vozila u Republici Srbiji, Beograd
- [11] Wong J. Y., 2001. *Theory of Ground Vehicles*, John Wiley & Sons Inc., New York Toronto 2001., ISBN 0-471-35461-9
- [12] \*\*\* Standard ISO 2631-1:1997 - Mehaničke vibracije i udari - Evaluacija izlaganja ljudi vibracijama na celo telo.

# UNIVERZALNI POSTUPAK ZA ODREĐIVANJE MEHANIČKIH PARAMETARA POLJOPRIVREDNOG PNEUMATIKA

Boris Stojic<sup>1</sup>

*Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka,  
Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad - Srbija*

## SAŽETAK

Pneumatici na vozilima predstavljaju ključne elemente putem kojih se u kontaktu sa podlogom realizuju sile vuče, kočenja i vođenja vozila po zadatoj putanji. Pored toga, zadatak pneumatika je takođe i prijem vertikalnih sila usled težine vozila, pri čemu u realnim uslovima kretanja vozila po neravnim podlogama dolazi do dinamičkih fluktuacija ovih sila. U funkciji studije oscilatornih karakteristika vozila, ili samog pneumatika, potrebno je poznavati odgovarajuće uticajne parametre pneumatika. U ovom radu je prikazan univerzalni postupak određivanja krutosti i prigušenja, kao i geometrijskih karakteristika povezanih sa fluktuacijama opterećenja pneumatika - radialne defleksije i dužine gazeće površine između pneumatika i podloge.

**Ključne reči:** *Poljoprivredni pneumatik, krutost, prigušenje, defleksija, gazeća površina.*

## UNIVERSAL PROCEDURE FOR DETERMINATION OF AGRICULTURAL TYRE MECHANICAL PARAMETERS

Boris Stojic<sup>1</sup>

*University of Novi Sad – Faculty of Technical Sciences,  
Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad - Serbia*

## ABSTRACT

Tires are key elements through which traction, braking and cornering forces for the driving and control of the vehicle are realized in contact with the surface. In addition, the task of the tire is also the reception of vertical forces due to the weight of the vehicle, which is accompanied by fluctuation of these forces in the real conditions of vehicle movement on uneven surfaces. In the scope of studying vibration properties of the vehicle, or the tire itself, it is necessary to know the appropriate influential parameters of the tire. This paper presents the universal procedure for determining the stiffness and damping, as well as the geometric characteristics associated with the fluctuations of tire load - radial deflection and the tread length between the tire and the ground.

**Key words:** *Agricultural tyre, stiffness, damping, deflection, contact area.*

---

<sup>1</sup> Kontakt Autor: bstojic@uns.ac.rs

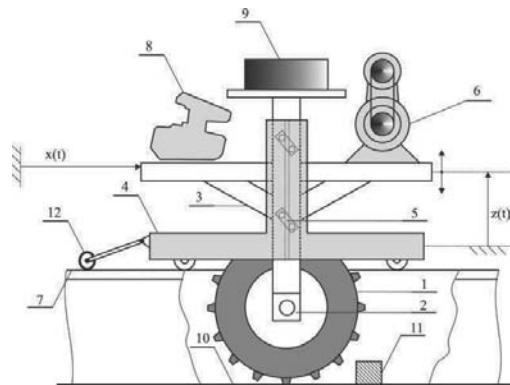
## UVOD

Ponašanje pneumatika ima ključni uticaj na sve aspekte dinamičkog odziva vozila. Za savremene traktore karakterističan trend je porast brzine kretanja, usled čega problemi upravljivosti i stabilnosti samog traktora ili u kombinaciji sa prikolicom u novije vreme dobijaju na značaju, pre svega sa aspekta za bezbednost vožnje [3]. Istovremeno, optimizacija oscilatornog ponašanja traktora je uvek bila i još uvek je jedan od najizazovnijih zadataka u razvoju i istraživanju traktora [2]. Značaj oscilatornih karakteristika ogleda se pre svega u pogledu izloženosti rukovaoca traktora štetnom dejstvu mehaničkih vibracija, ali pri većim brzinama kretanja ima uticaj na upravljivost odnosno stabilnost usled pojave dinamičkih reakcija podloge na točkove traktora. Da bi se zadaci koje nameću navedeni uslovi mogli rešavatiti pomoću računaram podržanih simulacija dinamike vožnje, neophodno je raspolagati odgovarajućim model ponašanja pneumatika čija valjanost ima suštinski značaj za validnost rezultata simulacije. Za razvoj, parametrizaciju i / ili validaciju takvih modela potrebno je odgovarajuće eksperimentalno ispitivanje stvarnog pneumatika. Ispitna postrojenja za ispitivanje pneumatika su po pravilu skupa usled kompleksnosti i visokog tehnološkog nivoa, što u slučaju traktorskih pneumatika postaje još izraženije zbog velikih dimenzija i velikih opterećenja koje iziskuju adekvatne mehaničke karakteristike postrojenja. Iz tih razloga, postrojenja za testiranje traktorskih pneumatika su relativno slabo zastupljena u odnosu na rasprostranjenost ispitnih postrojenja za pneumatike drumskih vozila. Ovo za posledicu ima ograničenost raspoloživih podataka o parametrima pneumatika neophodnih za istraživanja na području dinamike traktora primenom računaram podržanog modeliranja i simulacija. Cilj ovog rada je demonstracija pristupa pomoću kog je moguće izvršiti parametrizaciju jednostavnijih modela pneumatika korišćenjem jednostavnog ispitnog postrojenja uz upotrebu univerzalne merne tehnike i pristupa akviziciji podataka. Osnovna ideja je da se, u odsustvu merne tehnike visokog tehnološkog nivoa čija raspoloživost je uslovljena odgovarajućim budžetom, razvije tehnika koja omogućava razvoj jednostavnijeg modela pneumatika za primenu u okviru simulacija dinamike vožnje traktora, u datom slučaju prvenstveno sa aspekta oscilatornih karakteristika. Rad obuhvata ispitivanje sledećih karakteristika:

- zavisnost između vertikalnog opterećenja, radijalne defleksije i dužine kontaktne površine pneumatika
- linearizovane koeficijente radijalne krutosti i prigušenja
- uticaj pritiska pumpanja gume na istraživane veličine i međuzavinosti.

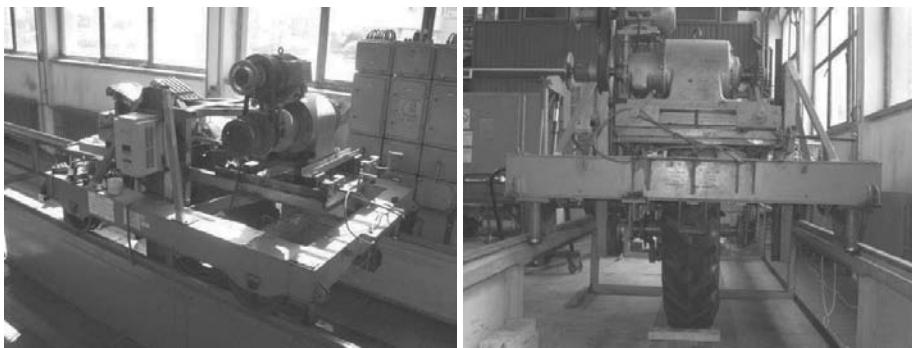
## ISPITNO POSTROJENJE

Primarna namena postrojenja korišćenog za eksperimentalna merenja je istraživanje odziva traktorskog pneumatika pri kotrljanju preko singularnih prepreka odnosno kratkotalasnih neravnina. Rezultati ovih istraživanja publikovani su u radovima [5], [6] i dr. u kojima je takođe dat i detaljniji opis postrojenja, kao i u radu [4], zbog čega će na ovom mestu biti dat samo sažeti prikaz. Uprošćen prikaz konfiguracije postrojenja dat je na slici 1, a stvarni izgled na slici 2.



Slika 1. Konfiguracija ispitnog postrojenja (objašnjenje pozicija u okviru teksta)  
*Figure 1. Test facility configuration*

Točak sa ispitivanim pneumatikom (1) kruto je preko prirubnice spojen sa pogonskim vratilom uležištenim preko ležajeva (2) na nosećem ramu (3). Noseći ram oslonjen je u odnosu na kolica za vođenje točka (4) preko vertikalnih vođica (5) koje omogućavaju vertikalnu pokretljivost nosećeg rama u odnosu na kolica. Pogon točka ostvaruje se pogonskim lancem (nije ucrtan na slici) pomoću elektromotora sa reduktorom i varijatorom (6) montiranih na noseći ram. Šine (7) služe za vođenje kolica. Vertikalno opterećenje točka podešava se postavljanjem ili uklanjanjem određenog broja tegova za balast (8 i 9) postavljenih na noseći ram. Točak se kotrlja po ravnoj čvrstoj podlozi (10) na kojoj mogu u različitim konfiguracijama biti montirane neravnine profila podloge ili singularne prepreke (11).



Slika 2. Izgled postrojenja  
*Figure 2. Test facility appearance*

## OPIS POSTUPKA ISPITIVANJA

### Opšte karakteristike postupka

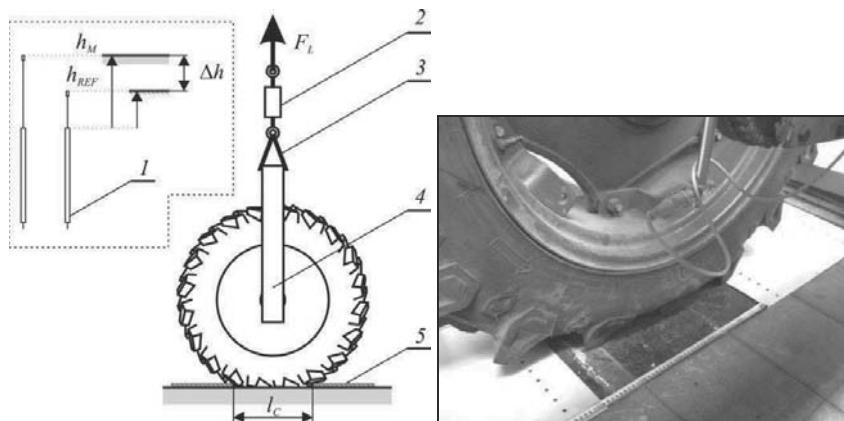
Merena u okviru ovog rada vršena su na točku koji miruje. Sa druge strane, režim kotrljanja ima izražen uticaj na karakteristike krutosti i prigušenja traktorskog pneumatika,

koje, posmatrane u širem dijapazonu vrednosti, ispoljavaju nelinearni i/ili frekventno zavisni karakter [1] što je između ostalog posledica viskoelastičnog karaktera fizičke strukture pneumatika. Imajući ovo u vidu, potrebno je posebno voditi računa o uslovima u kojima je validno koristiti model pneumatika parametrizovan na osnovu postupka koji je predmet ovog rada.

Vertikalna reakcija u okviru postupka ispitivanja podešava se tako što se gornji kraj vertikalno pokretnog rama (4) u koji je uležišten točak poveže sa kukom hidraulične dizalice, na način da je između njih serijski postavljen davač sile (2) na način šematski prikazan na slici 3 levo. Dejstvom dizalice odnosno saopštavanjem sile  $F_L$  postupno se vrši izdizanje točka u odnosu na podlogu pri čemu dolazi do odgovarajućeg smanjenja vertikalne reakcije između točka i podloge, s obzirom na to da se deo težine prenosi na dizalicu. Određivanje vertikalne reakcije između pneumatika i podloge se vrši oduzimanjem izmerene sile od prethodno izmerene težine sklopa rama sa točkom i pripadajućim komponentama. Istovremeno se davačem pomeranja (1), određuje smanjenje defleksije pneumatika koje prati smanjenje vertikalnog opterećenja.

Ispitivanje je vršeno inkrementalnom promenom sile izdizanja  $F_L$  uz memorisanje vrednosti sile i defleksije koja odgovara datom vertikalnom opterećenju točka. Za svaku od niza utvrđenih diskretnih vrednosti sile i defleksije, vršeno je merenje odgovarajuće vrednosti dužine kontaktne površine prema postupku takođe prikazanom na slici 3. Ovo merenje je vršeno tako što su dve tanke pravougaone ploče (debljine  $< 1 \text{ mm}$ ) priljubljene uz suprotne ivice kontaktne zone i manuelno izmerena i evidentirana vrednost dužine, slika 3 desno.

Sva merenja su izvršena sa ispitnim pneumatikom dimenzija 12.4R28.



Slika 3 Princip postupka merenja i glavne komponente mernog sistema: 1 – davač pomeranja, 2 – davač sile, 3 – čelično uže, 4 – noseći ram točka, 5 – krute ploče male debljine

*Figure 3 Measuring principle and main components: 1-displacement transducer, 2-force transducer, 3- lifting cable, 4-wheel carrying frame, 5-rigid plates of small thickness*

### Postupak određivanja zavisnosti između vertikalnog opterećenja, radijalne defleksije i dužine kontaktne površine pneumatika

U početnoj poziciji, davač sile je bio rasterećen ( $F_L = 0$ ), tako da je celokupna težina sistema prenošena na podlogu preko pneumatika. Pneumatik je u tom režimu dakle opterećen maksimalnom vertikalnom silom za datu konfiguraciju sistema. Potom je, postepenim angažovanjem ručne dizalice, vršeno izdizanje konstrukcije tj. smanjenje defleksije

pneumatika, povećavajući ideo težine sistema koji se prenosi na davač, odnosno u istoj meri smanjujući statičku reakciju između točka i podloge. Izdizanje konstrukcije vršeno je do trenutka kada je davač opterećen ukupnom težinom sistema, što znači da u tim uslovima vertikalna reakcija podloge postaje jednaka nuli. Pri tome je očitana vrednost signala pomeranja koja predstavlja referentnu vrednost položaja za nultu defleksiju. Nakon toga vršeno je postupno rasterećivanje sistema u nizu sukcesivnih koraka, pri čemu je nakon svakog koraka vertikalno opterećenje točka izračunavano na osnovu izraza:

$$G_T = G_{TMAX} - F_L \quad (1.)$$

gde je:  $G_T$  [N] – aktuelna vrednost statičkog vertikalnog opterećenja pneumatika;  $G_{TMAX}$  [N] – maksimalno opterećenje pneumatika odn. težina koja se prenosi na podlogu pri potpuno rasterećenom davaču;  $F_L$  [N] – sila izdizanja odnosno opterećenje davača sile.

Defleksija je pri svakom koraku izračunavana iz jednakosti:

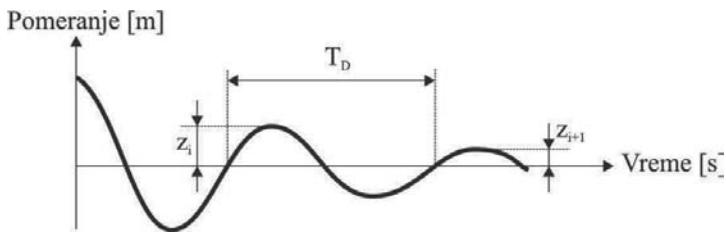
$$f_z = z_0 - z \quad (2.)$$

gde je:  $f_z$  [m] – aktuelna vrednost vertikalne defleksije pneumatika;  $z_0$  [m] – referentna vrednost položaja pri nultoj defleksiji;  $z$  [m] – aktuelna vrednost položaja sistema.

Postupak je sproveden pri vrednostima pritiska od 0.8, 1.1, 1.4, 1.7 i 2.0 bar. Da bi se merenjem mogao obuhvatiti što širi spektar vertikalnih opterećenja, a usled ograničene nosivosti hidraulične dizalice, merenja su vršena za tri vrednosti težine sklopa rama i točka, i to 660 daN (bez dodatnog balasta), 960 daN (balast sa 10 traktorskih tegova) i 1440 daN (balast sa 10 traktorskih i jednim dizaličkim tegom.)

### **Postupak utvrđivanja linearizovanog prigušenja pneumatika metodom logaritamskog dekrementa**

Prigušne karakteristike pneumatika predstavljaju jedan od ključnih parametara dinamičkog ponašanja fizičke viskoelastične strukture. One ispoljavaju kompleksne forme ponašanja uključujući nelinearnost i frekventnu zavisnost. Eksperimentalna ispitivanja takođe pokazuju da prigušenje pneumatika zavisi i od brzine kotrljanja [1]. Ukoliko se, međutim, ponašanje pneumatika razmatra u dovoljno ograničenom spektru eksploracionih uslova, prigušenje se može sa zadovoljavajućom tačnošću aproksimirati modelom viskoznog prigušenja kod koga je prigušna sila linearno proporcionalna prvom izvodu defleksije u vremenu odnosno brzini radikalne deformacije pneumatika. Kako detaljnije izučavanje i modeliranje fenomena koji uslovjavaju prigušenje pneumatika nije u fokusu ovog rada, to će i ovde biti usvojen ovaj pojednostavljeni pristup. S obzirom na to, za određivanje koeficijenta prigušenja odabran je metod logaritamskog dekrementa. Ispitivanja su vršena tako da je pneumatik pomoću hidraulične dizalice izdignut na određenu visinu u odnosu na podlogu a potom mu je naglim otpuštanjem ventila hidraulične dizalice saopštена početna brzina čime je doveden u oscilatorno kretanje. Kvalitativni prikaz dijagrama slobodnih prigušenih oscilacija pneumatika nakon početne pobude prikazan je na slici 4.



Slika 4 Dijagram prigušenih oscilacija:  $T_D$  – kvaziperiod prigušenih oscilacija,  
 $z_i$  i  $z_{i+1}$  – dva susedna maksimuma

Figure 4 Damped vibration chart:  $T_D$  – damped vibration period,  
 $z_i$  and  $z_{i+1}$  – two adjacent peaks

Logaritamski dekrement se na osnovu veličina očitanih sa dijagraoma izračunava na osnovu izraza:

$$\delta = \frac{1}{T_D} \cdot \ln \frac{z_i}{z_{i+1}} \quad (3.)$$

$\delta [s^{-1}]$  – logaritamski dekrement,  $z_i$  i  $z_{i+1}$  [m] – dva susedna maksimuma položaja nakon isteka jednog kvaziperioda (slika 4)

Nakon određivanja logaritamskog dekrementa  $\delta$ , koeficijent prigušenja  $k$  [N·s/m] se može izračunati iz izraza:

$$k = 2 \cdot \delta \cdot m \quad (4.)$$

### Postupak utvrđivanja linearizovane krutosti

Ukoliko se promene statičkog vertikalnog opterećenja točka posmatraju u dovoljno širokim granicama, kriva zavisnosti defleksije od opterećenja pneumatika ispoljava nelinearni karakter. Međutim, u zoni nazivnog opterećenja pneumatika pri ograničenim fluktuacijama dinamičke reakcije podloge, nelinearnost je obično relativno slabo izražena pa se odnos između priraštaja vertikalne sile i odgovarajućeg priraštaja radijalne defleksije može tretirati kao konstanta jednaka koeficijentu krutosti. Ovaj pristup je često korišćen u modeliranju elastične strukture pneumatika. U okviru predmetnog istraživanja konstatovano je da pri vertikalnim opterećenjima većim od približno 400 daN zavisnost između vertikalnog opterećenja i defleksije ima tok koji se može smatrati linearnim, što je usvojeno kao jedan od kriterijuma za izračunavanje koeficijenta krutosti, prema izrazu:

$$c = \frac{G_T}{f} \quad (5.)$$

gde je:  $c$  [N/m] – linearizovana krutost pneumatika,  $G_T$  [N] – vertikalno opterećenje,  $f$  [m] – radijalna defleksija

Osim na osnovu snimljene statičke zavisnosti između vertikalnog opterećenja i defleksije, linearizovana krutost se takođe može izračunati na osnovu dijagraoma sopstvenih

prigušenih oscilacija u vremenu (slika 4). Naime nakon određivanja vrednosti logaritamskog dekrementa  $\delta$  i koristeći veličinu kvaziperioda prigušenih oscilacija  $T_D$  očitanu sa predmetnog dijagrama, sopstvena frekvencija slobodnih oscilacija sistema dobija se iz izraza:

$$\omega_0 = \sqrt{\left(\frac{2\pi}{T_D}\right)^2 + \delta^2} \quad (6.)$$

gde je:  $\omega_0$  [ $s^{-1}$ ] – sopstvena kružna frekvencija slobodnih oscilacija,  $T_D$  [s] – kvaziperiod prigušenih oscilacija,  $\delta$  [ $s^{-1}$ ] – logaritamski dekrement

Nakon određivanja veličine  $\omega_0$ , krutost  $c$  se može izračunati iz izraza:

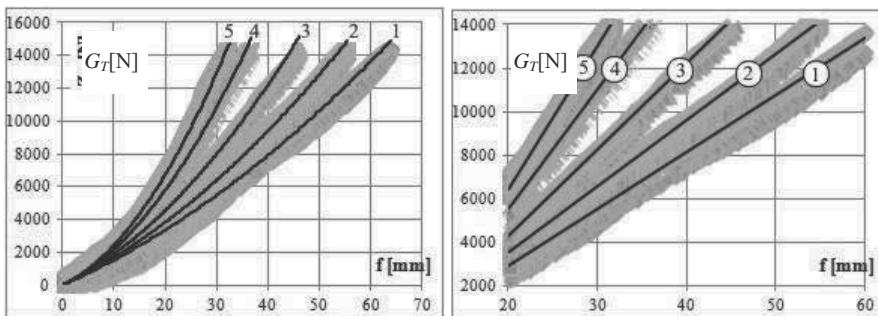
$$c = m \cdot \omega_0^2 \quad (7.)$$

gde je  $m$  [kg] – oscilatorna masa (tekuća masa sistema).

## REZULTATI MERENJA

### Vertikalna sila, defleksija i kontaktna dužina

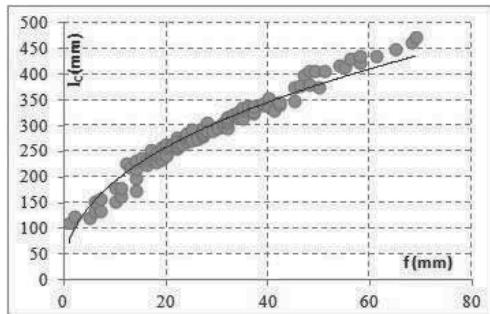
Na slici 5. su prikazani rezultati ispitivanja zavisnosti između vertikalne sile i radijalne defleksije pneumatika za 5 različitih vrednosti pritiska. Posmatrajući ceo dijapazon mernih vrednosti (slika 5 levo), lako se uočava nelinearni karakter zavisnosti. Međutim, ako se razmatranje ograniči na uži dijapazon vrednosti (slika 5 desno), bliže nazivnim opterećenjima a izvan opsega vrlo malih opterećenja tj. malih defleksija, sa dijagrama se vidi da unutar ovakvih uslova linearna aproksimacija predstavlja zadovoljavajuće tačan prstup.



Slika 5. Zavisnost između defleksije pneumatika  $f$  i vertikalnog opterećenja  $G_T$  za različite vrednosti pritiska: 1-0.8 bar, 2-1.1 bar, 3-1.4 bar, 4-1.7 bar, 5-2.0 bar

Figure 5. Dependence between tyre deflection  $f$  and the vertical load  $G_T$  for different pressure values: 1-0.8 bar, 2-1.1 bar, 3-1.4 bar, 4-1.7 bar, 5-2.0 bar

Na slici 6 je prikazana zavisnost između defleksije i kontaktne dužine pneumatika. Dijagram ukazuje na očekivani zaključak da je priroda ove zavisnosti čisto geometrijska, odnosno promena pritiska u pneumatiku ne utiče na oblik dobijene krive.



Slika 6. Zavisnost između kontaktne dužine  $l_C$  i radikalne defleksije pneumatika  $f$ ,

Figure 6. Dependence between contact length  $l_C$  and tyre deflection  $f$

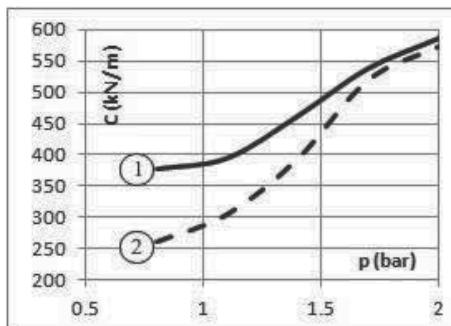
### Radijalna krutost i prigušenje pneumatika

Rezultati izračunavanja krutosti i prigušenja sumirani su u tabeli 1. Vidi se da postoje značajne razlike u rezultatima izračunavanja krutosti sa statičkog i dinamičkog aspekta. Takođe, utvrđene su i značajne razlike u izračunavanju krutosti dinamičkim postupkom pri različitim vrednostima sopstvene mase sistema. Pri tome je u ovom slučaju jasno izražen trend ka većim krutostima sa porastom mase sistema. Ovo se može tumačiti nelinearnom zavisnošću između opterećenja i defleksije (slika 5 levo), pri čemu većim opterećenjima odgovaraju veći nagibi krive pa se usled toga opisanim metodom dobijaju veće vrednosti krutosti pri većoj masi sistema.

Tabela 1. Rezultati proračuna krutosti i prigušenja  
Table 1. Results of the stiffness and damping calculations

Pritisak	Krutost [kN/m]					Prigušenje [kNs/m]	
	Statička	Dinamička					
		m=660kg	m=960kg	m=1440kg	Srednja		
0,8 bar	261,1	339,2	377,2	415,7	377,4	5,0	
1,1 bar	305,0	355,1	398,0	431,0	394,7	3,8	
1,4 bar	364,0	403,6	512,0	470,2	461,9	3,6	
1,7 bar	520,1	462,6	619,4	531,5	537,8	3,4	
2,0 bar	573,6	486,4	683,7	587,0	585,7	3,4	

Razlike između statičke i dinamičke krutosti uočljive na osnovu podataka iz tabele 1 ilustrovane su grafikonom prikazanim na slici 7, na osnovu kog se uočava i jasan trend promene krutosti sa pritiskom za oba slučaja. Ovaj prikaz takođe ide u prilog prepostavci o uticaju nelinearnosti sistema na izračunate krutosti pri različitim eksploracionim režimima. Naime, jasno se uočava da se sa porastom pritiska razlike u dobijenim rezultatima značajno umanjuju. Kako više vrednosti pritiska odgovaraju manjim amplitudama oscilovanja, to se i uticaj nelinearnosti krive u takvom slučaju smanjuje.



Slika 7. Zavisnost krutosti od pritiska za statički (2) i dinamički (1) način izračunavanja  
*Figure 7. Dependence of statically (2) and dynamically (1) determined stiffness coefficients on pressure*

Pri korišćenju dobijenih vrednosti za parametrizaciju jednostavnog viskoelastičnog modela strukture pneumatika kao što je npr. Voigt-Kelvinov model (paralelno spregnuti elastični i prigušni element), svrshishodno je usvojiti srednju vrednost koeficijenata krutosti dobijene statičkim odnosno dinamičkim prostupom.

Dijagram sa slike 7 ukazuje na intenzivnije gradiente krutosti u zonama srednjih pritisaka nego u slučaju veoma niskih li veoma visokih vrednosti pritiska. Objasnjenje ove pojave zasniva se na činjenici da u nošenju vertikalne sile učestvuje kako struktura pneumatika tako i vazduh pod pritiskom. U slučaju veoma niskih pritisaka, uticaj pritiska u prenosu opterećenja se gubi odnosno dominira udeo koji se prenosi putem strukture. Na drugoj strani, kada je pritisak veoma visok, pneumatska krutost podstaje veoma visoka pa je ekvivalentna krutost sistema određena ponašanjem otrebrenog gazećeg sloja. Iz ovih razloga uticaj pritiska na gradijent krutosti opada pri veoma malim i veoma velikim vrednostima.

Rezultati dobijeni za koeficijent prigušenja su, kao i u slučaju krutosti, utvrđeni na osnovu sopstvenih oscilacija za tri nivoa sopstvene mase sistema. Takođe su konstatovane razlike u rezultatima, ali bez janog trenda tako da su u tabeli 1 prikazani samo osrednjeni rezultati. Rezultati nedvosmisleno ukazuju na trend smanjenja prigušenja sa povećanjem pritiska, što se može objasniti porastom udela pneumatske krutosti u prenosu sile, na račun udela fizičke strukture koja je i osnovni nosilac unutrašnjeg trenja odnosno prigušenja.

## ZAKLJUČAK

U radu je opisan postupak za određivanje nekih osnovnih parametara traktorskih pneumatika pomoću jednostavnog ispitnog postrojenja i univerzalne merne tehnike. Ispitivane su zavisnosti između vertikalnog opterećenja, statičke radikalne deformacije i dužine kontakta pneumatika i podloge, kao i krutosti i prigušenja.

Sve opisane merne procedure ponovljene su za različite vrednosti pritiska pneumatika i vertikalnog opterećenja, što je omogućilo ispitivanje uticaja ova dva važna eksplotaciona parametra pneumatika na njihovo ponašanje sa posmatrаниh tačaka gledišta.

Rezultati merenja pokazali su prihvatljiv nivo rasipanja, tako da su bili jednostavni za analizu i tumačenje. Utvrđeno je da zavisnost između deformacije i opterećenja ispoljava nelinearnost, iako se linearno ponašanje može koristiti kao dobra aproksimacija u području nominalnog opterećenja guma. Uočeno je da je zavisnost između deformacije pneumatika i dužine kontakta čisto geometrijske prirode, tj. nije uslovljena vrednostima pritiska i

vertikalnog opterećenja. Konstatovano je odstupanje između statički i dinamički dobijenih rezultata za koeficijent linearizovane krutosti, što je u najvećoj meri pripisano nelinearnoj prirodi ponašanja pneumatika.

Linearizovani koeficijenti krutosti i prigušenja mogu se koristiti u određenim aplikacijama modeliranja viskoelastične strukture pneumatika, pre svega u slučaju jednostavnih modela tipa Voigt-Kelvinovog. Imajući u vidu da u realnim uslovima, kada se posmatra širi dijapazon eksploracionih uslova, krutost i prigušenje imaju nelinearni karakter, a takođe podležu i značajnom uticaju frekvencije pobude i brzine kotrljanja točka, potrebno je posebno voditi računa o uslovima u kojima je validno koristiti model pneumatika parametrizovan na osnovu postupka prikazanog u ovom radu.

## LITERATURA

- [1] Kissing A., Göhlich H. (1988). Ackerschlepper-Reifendynamik, Teil 1: Fahrbahn- und Prüfstandsergebnisse, *Grundlagen Landtechnik* 38 (1988) 3, 78-87, ISSN 0017-4920
- [2] Scarlett, A.J. et al (2005). *Whole-body vibration on agricultural vehicles*, Research report, Silsoe Research Institute and RMS Vibration Test Laboratory for the Health and Safety Executive, HSE Books, ISBN 0 7176 2970 8, Silsoe
- [3] Schlotter V. (2005). *Einfluss dynamischer Radlastschwankungen und Schräglaufrinkeländerungen auf die horizontale Kraftübertragung von Ackerschlepperreifen*, Doctoral thesis, Universität Stuttgart, Shaker Verlag 2006, ISSN 0931-6264.
- [4] Stojić B., Poznanović N., Poznić A.: Test Facility for Investigations of Quasistatic Enveloping Behavior of Tractor Tire, *8th International Symposium "Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering"*, 2014, Balatonfüred, HU, ISBN 978-86-7892-615-0 pp. 89-92, Faculty of Technical Sciences Novi Sad, Serbia
- [5] Stojić B. (2014). *Modeliranje oscilatornog ponašanja traktorskih pneumatika veštačkim neuronskim mrežama*, doktorska disertacija, FTN Novi Sad
- [6] Stojić B., Poznanović N., Poznić A. (2015). Research and Modeling of the Tractor Tire Enveloping Behavior, *Journal of Vibration and Control*, DOI: 10.1177/1077546315576302, ISSN 1741-2986

# UTICAJ RADNOG REŽIMA TRAKTORA NA NIVO BUKE UNUTAR I VAN KABINE RUKOVAOCA

Milan V. Šunjevarić<sup>\*1</sup>

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

## SAŽETAK

U radu su analizirani rezultati ispitivanja traktora, koji su dobijeni merenjem nivoa buke u zavisnosti od režima rada traktora. Cilj je bio da se izmeri, a potom analizira uticaj radnog režima, tj. dve različite vrednosti broja obrtaja kolenastog vratila motora u dva različita stepena prenosa, na nivo buke koji traktor emituje. Pored dobijenih rezultata i analize rad prikazuje pregled izvora buke, dozvoljenog vremena izlaganja različitim nivoima buke. Prikazani rezultati omogućuju poređenja tri različito opremljena modela traktora, "YTO X1204", "Foton 904" i "Claas Arion 630". Ovo istraživanje pokazuje i koliko operateri - rukovaoci svojim sposobnostima mogu doprineti boljim ambijentalnim uslovima u kojima se obavljaju agrotehničke mere.

*Ključne reči:* traktor, radni režim, buka, kabina traktora.

## THE IMPACT OF THE TRACTOR OPERATING MODE ON THE NOISE LEVEL INSIDE AND OUTSIDE OF THE TRACTORS CABIN

Milan V. Šunjevarić

*Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Belgrade-Zemun,  
Master student of Academic Studies, University of Belgrade, Faculty of Agriculture,  
Belgrade-Zemun,*

## ABSTRACT

This paper analyzes the results of testing of tractors, which are obtained by measuring the noise level, depending on the mode of operation of the tractor. The goal was to measure, and then analyze the impact of the working regime, i.e. two different engine speed crankshaft values in two different degrees of transmission, to the noise level that the tractor outputs. In addition to the obtained results and analysis, the paper presents an overview of the noise source, the allowed time of exposure to different noise levels. The results presented allow comparison of three different models of tractors, "YTO X1204", "Foton 904" and "Claas Arion 630". This research also shows how many operators - operators with their abilities can contribute to better ambient conditions in which agrotechnical measures are carried out.

*Key words:* tractors, operating mode, noise, cabin of tractor.

---

\* Kontakt autor. E-mail adresa: milan.sunjevaric.ue@gmail.com

## UVOD

Tokom poslednja dva veka brojnost populacije se naglo povećavala, a u skladu sa tim i potreba za hranom, što je za posledicu dovelo do neminovnog povećanja produktivnosti u oblasti poljoprivrede. Veliku ulogu u procesu povećanja produktivnosti imala je i poljoprivredna mehanizacija, tj. osnovna vučno – pogonska jedinica – traktor [5]. Tokom čijeg se razvoja traktora dosta vodilo računa o ekološkim faktorima odnosno problemima emitovanja štetnih gasova u atmosferu, pa su vođeni time u Evropskoj uniji doneli niz zakona i regulativa na ovu temu. Produktivnost ipak ne može zavisiti isključivo od same mašine, bar kada je traktor u pitanju. Rukovaoci u tome imaju veliku ulogu, možda i najveću.

Kroz razna ispitivanja došlo se do zaključka da su ambijentalni uslovi radnog okruženja itekako bitni za zdravlje rukovaoca tokom dugog niza godina rada, koje doprinosi njegovom boljem učinku odnosno većoj produktivnosti rada. Tokom godina eksplatacije pojoprivredne mehanizacije nije se mnogo vodio računa o uslovima rada rukovaoca, pa je iz tog razloga veliki broj proizvođača mehanizacije u poslednje vreme počeo da vodi računa o ergonomiji, odnosno prilagođavanju radnog okruženja rukovaocu [9]. Cilj ergonomije kao nauke predstavlja bezbedniji i humaniji rad rukovaoca, a kao posledica rada pri lošim ergonomskim uslovima javljaju se zdravstvena oštećenja rukovaoca. Ovaj rad prikazuje ispitivanje buke kako jednog faktora u ergonomiji. Sa razvojem traktora došlo je i do razvoja nekih bezbednosnih aspekata, pa je iz toga proistekla zaštitna kabina kao jedan od najbitnijih konstruktivnih rešenja na tom polju. Pored osnovne uloge koju ima, a to je da štiti rukovaoca od fizičkih povreda u slučaju nesreće, tokom eksplatacionog perioda se uvidelo da ona rukovaoce štiti i od drugih negativnih uticaja kao što su atmosferske padavine ili buke koja proizlazi od motora ili priključnih mašina.

Kroz istoriju razvoja kabina traktora i radnih mašina, automobila i drugih vozila, istraživanjima se došlo do određenih normi fenomena buke, pa se tako precizno odredilo koji nivoi buke su prihvatljivi za rukovaoce, a time vođeni današnji proizvođači postigli su vrlo visok nivo na tom polju.

Rad je obuhvatio ispitivanje buke tokom agrotehničkih operacija tanjiranja u tehnologiji proizvodnje soje i setve u tehnologiji proizvodnje uljane repice, zbog saznanja: da li rukovaoci – operatori svojim veštinama i znanjem uz tehnička ograničenja traktora mogu doprineti nižem nivou buke, odnosno boljim uslovima za rad?

## MATERIJAL I METODE RADA

Ispitivanje uticaja radnog režima traktora u eksplataciji na nivo buke koji je prisutan unutar i van kabine rukovaoca izvršeno je na traktorima "YTO X1204" i "Foton 904" pri tehnološkoj operaciji tanjiranja dok je na traktoru "Claas Axion 630" ispitivanje vršeno pri tehnološkoj operaciji setve [5].

Lokacija ispitivanja bila je u blizini aerodroma u Batajnici (N 44 55.108, E 020 14.968). Dubina obrade zemljišta iznosila je 13,5 cm, a vršena je u povoljnim uslovima vlažnosti, pa se klizanje kretalo u granicama optimalnih vrednosti (12-15%) za standardni 4x4 traktor.

Ispitivanje je obavljeno na 2 parcele čije su površine bile 2,1 ha (300 x 70 m) i 2,7 ha (450 x 60 m). Otpor penetracije zemljišta iznosio je od 0,2 do 0,46 kN na zemljištu uvratina, a na sredini parcele, ova vrednost je od 0,08 do 0,2 kN.

Cilj ispitivanja: kako različiti režimi rada motora (broj obrtaja kolenastog vratila tokom eksplatacije) utiču na ambijentalne uslove tj. nivo buke unutar i van kabine rukovaoca. Ispitivanje je izvršeno pri dva različita broja obrtaja kolenastog vratila, od 2200 i 2400 min<sup>-1</sup> u dva različita stepena prenosa (1H i 4M) tokom agrotehničkih operacija tanjiranja i setve. Ispitivanje po pravilima OECD-a [15] je vršeno prema testovima Code 5.

Tokom testa mikrofon je bio udaljen 250 mm od centralne ravni sedišta, membrana mikrofona usmerena ka napred, a središte mikrofona 700 mm iznad referentne tačke sedišta i 150 mm ispred nje, odnosno podaci su prikupljeni u nivou uha rukovaoca. Tokom merenja unutar kabine svi otvori (prozori, vrata) bili su zatvoreni. Kada je u pitanju merenje van kabine (Sl. 1.) ono se vršilo na način gde je mikrofon postavljen na 10 m od prednje ili zadnje strane traktora a pomeren bočno u odnosu na osu traktora za 7,5 m, u visini uha čoveka.

Korišćeni uređaj za merenje nivoa zvuka (buke) je Testo 815 (Sl. 2.), koji ima mogućnost merenja nivoa u opsežima od 32 do 80 dB, 50 do 100 dB i 80 do 130 dB (Tab. 1.) što je bilo dovoljno za potrebe ovog ispitivanja. Osetljivost (odziv) merenja može biti u opsegu od 1 s do 125 ms, takođe poseduje i mogućnost promene frekvencije ( u slučaju ovog ispitivanja standardna – frekvencija ljudskog uha).

Sa prednje strane uređaja nalazi se ekran za prikazivanje vrednosti merenja i podešavanje potrebnih parametara, ispod ekrana se nalazi set tastera za uključivanje/isključivanje kao i podešavanje željenih parametara. Sa bočne strane nalazi se element za kalibraciju, dok se sa zadnje strane ispod baterije nalazi navoj za pričvršćivanje na stativ (tripod).



Slika 1. Položaj mikrofona Testo 815 pri merenju nivoa buke van kabine [ 14 ].

Figure 1. Position of the microphone while measuring the noise level outside the tractor cab [14].

Tabela 2. Tehničke karakteristike uređaja za merenje nivoa buke Testo 815

Table 2. Technical characteristics of the device for measuring the noise level Testo 815

Funkcija Function	Vrednosti Values
Senzor Sensor	½ inčni mikrofon ½ inch microphone
Opseg nivoa merenja <i>Range of measurement level</i>	32 – 130 dB
Frekvencijski opseg <i>Frequency range</i>	31.5 Hz – 8 kHz
Refrentna frekvencija <i>Reference frequency</i>	1000 Hz
Odziv (tačnost) <i>Response (accuracy)</i>	1s – 125 ms
Ekran <i>Display</i>	4 – cifreni LCD 4 digit LCD
Prikaz ažuriranja rezultata <i>Displaying the update of the results</i>	0.5 s
Baterija <i>Battery</i>	9V
Trajanje baterije <i>Battery duration</i>	oko 70 h
Opseg temperature u kojima radi <i>Operating temperature range</i>	0 do +40 °C
Opseg vlažnosti u kojima radi <i>Operating humidity range</i>	10 do 90%

## Tehničke karakteristike traktora

Traktor YTO X1204 (Sl. 2.) (Tab. 2.) ima šestocilindrični motor iz 2010. godine sa direktnim sistemom ubrizgavanja sa elektronskom kontrolnom jedinicom (ECU) [12]. Transmisija je mehaničkog tipa sa 12 stepeni prenosa u 3 ranga. Traktor Foton (Sl. 4.) (Tab.3.) ima četvorocilindrični dizel motor sa turbopunjajućem iz 2016. godine i poseduje isti tip ubrizgavanja kao i YTO. Transmisija je mehaničkog tipa sa 16 stepeni prenosa napred i 8 nazad u 3 ranga. Model Arion 630 proizvođača Claas (Sl. 5.) (Tab. 4.) pogonjen je šestocilindričnim motorm sa turbopunjajućem i sistemom ubrizgavanja tipa "common rail", sa automatizovanim opcijama kao što je održavanje optimalne brzine obrtanja kolenastog vratila. Transmisija je tipa "Powershift", sa 24 stepena prenosa u 4 ranga.



Slika 2. Traktor YTO X1204 [12]

Figure 2. Tractor YTO X1204 [12]

Tabela 2. Tehničke karakteristike traktora YTO X1204 [12]

Table 2. Technical characteristics of tractor YTO [12]

YTO	Parametri Paramters	Jedinica Unit	
1	Broj cilindara / punjenje <i>Number of cylinders/charging</i>		6/-
2	Neto snaga motora <i>Engine power</i>	kW	88.2
3	Nominalni broj obrtaja <i>Nominal engine speed</i>	min <sup>-1</sup>	2300
4	Zapremina motora <i>Engine displacement</i>	cm <sup>3</sup>	7430
5	Maksimalna brzina kretanja <i>Max. speed</i>	km·h <sup>-1</sup>	30
6	Glavni menjac <i>Main gearbox</i>		Mehanički, 12 stepeni prenosa, 3 područja <i>Mechanical, 12 levels of transmission 3 ranges</i>
7	Broj obrtaja PVT <i>Rpm of PTO</i>	min <sup>-1</sup>	540/1000
8	Kategorija uređaja za aggregatiranje <i>Category of aggregation device</i>		II
10	Masa traktora fabrička / eksplatacionalna	kg	4.850 / 5.610 kg
11	Dimenzije š/d/v/ klirens/m.o.rastojanje	mm	2.330/5.000/ 2.960/495/2.688,5
YTO	Klasifikacija [6] <i>Classification [6]</i>	Jedinica	

12	Prema snazi motora <i>By engine power</i>	kW	82 (srednji traktor) 82 ( <i>middle tractor</i> )
13	Namena traktora <i>By purpose</i>		Univerzalni (za sve operacije)
14	Koncepcija traktora <i>Chasis</i>		4x4 S
15	Hodni sistem <i>Type of movement system</i>		Točak <i>Wheel</i>
16	Kategorija prema sili vuče <i>By pull classes</i>	kN	30



Slika 3. Traktor Foton 904 [13]  
Figure 3. Tractor Foton 904 [13]

Tabela 3. Tehničke karakteristike traktora Foton 904 [13]  
Table 3. Technical characteristics of tractor Foton 904 [13]

Foton	Parametri <i>Paramaters</i>	Jedinica <i>Unit</i>	
1	Broj cilindara / punjenje <i>Number of cylinders/charging</i>		4/ Turbopunjene 4/ Turbocharging
2	Neto snaga motora <i>Engine power</i>	kW	66.2
3	Nominalni broj obrtaja <i>Nominal engine speed</i>	min <sup>-1</sup>	2200
4	Zapremina motora <i>Engine displacement</i>	cm <sup>3</sup>	4000
5	Maksimalna brzina kretanja <i>Max. speed</i>	km·h <sup>-1</sup>	35
6	Glavni menjач <i>Main gearbox</i>		Mehanički, 16 stepeni prenosa, 3 područja <i>Mechanical, 62 levels of transmission, 3 rangs</i>
7	Broj obrtaja PVT <i>Rpm of PTO</i>	min <sup>-1</sup>	540/1000
8	Kategorija uređaja za agregatiranje		II
10	Masa traktora fabrička / eksploraciona	kg	3.840 / 4.400 kg
11	Dimenzije š/d/v/ klirens/m.o.rastojanje <i>Dimensions w/l/h/ dist. from the</i>	mm	2.050/4.530/ 2.810/405/2.195
Foton	Klasifikacija [6] <i>Classification [6]</i>	Jedinica	

12	Prema snazi motora <i>By engine power</i>	kW	66 (srednji traktor) 66 ( <i>middle tractor</i> )
13	Namena traktora <i>By purpose</i>		Univerzalni (za sve operacije)
14	Koncepcija traktora <i>Chasis</i>		4x4 S
15	Hodni sistem <i>Type of movement system</i>		Točak <i>Wheel</i>
16	Kategorija prema sili vuče <i>By pull classes</i>	kN	30



Slika 4. Traktor Claas Arion 630 [11]  
Figure 4 Tractor Claas Arion 630 [11]

Tabela 4. Tehničke karakteristike traktora Claas Arion 630, [11]  
Table 4. Technical characteristics of tractor Claas Arion 630 [11]

Foton	Parametri <i>Paramaters</i>	Jedinica <i>Unit</i>	
1	Broj cilindara / punjenje <i>Number of cylinders/charging</i>		6/ Turbopunjene 6/ Turbocharging
2	Neto snaga motora <i>Engine power</i>	kW	110
3	Nominalni broj obrtaja <i>Nominal engine speed</i>	min <sup>-1</sup>	2200
4	Zapremina motora <i>Engine displacement</i>	cm <sup>3</sup>	6788
5	Maksimalna brzina kretanja <i>Max. speed</i>	km·h <sup>-1</sup>	50
6	Glavni menjaci <i>Main gearbox</i>		Powershift, 24 stepena prenosa, 4 područja Powershift.
7	Broj obrtaja PVT <i>Rpm of PTO</i>	min <sup>-1</sup>	Nazad 540/540E /1000/ 1000E, Napred 1000 Back 540/540E
8	Kategorija uredaja za agregatiranje <i>Category of aggregation device</i>		III
10	Masa traktora fabrička / eksplotaciona <i>Weigh base / exploitation</i>	kg	6220 / 7200 kg
11	Dimenziye š/d/v/ klirens/m.o.rastojanje <i>Dimensions w/l/h/ dist. from the ground/ wheelbase</i>	mm	-/5.155/3.055 /541/2.820

Foton	Klasifikacija [6] <i>Classification [6]</i>	Jedinica	
12	Prema snazi motora <i>By engine power</i>	kW	108,5 (srednji traktor)
13	Namena traktora <i>By purpose</i>		Univerzalni (za sve operacije)
14	Koncepcija traktora <i>Chasis</i>		4x4 S
15	Hodni sistem <i>Type of movement system</i>		Točak <i>Wheel</i>
16	Kategorija prema sili vuče <i>By pull classes</i>	kN	40

### Uticaj na ambijentalne uslove

Mnoge države sveta, u kojima je nivo mehanizovanosti bio na zavidnom nivou, zahtevale su od proizvođača traktora da tokom njihove izrade otpočnu sa ugradnjom zaštitne kabine ili čvrstog okvira [9].

Cilj uvođenja ovih konstruktorskih rešenja je bio smanjenje broja poginulih odnosno povređenih rukovaoca u slučaju nesreće. Ugrađene zaštitne kabine su rukovaocima – operatorima obezbeđivale željenu sigurnost, uz koju je stigla i zaštita od vremenskih nepogoda, prašine, kiše, sunca, ali se dišlo do zaključka da je unutar kabine generisan vrlo visok nivo buke. Jasno je bilo da se pri boravku rukovaoca pri takvim uslovima njegovo zdravstveno stanje moglo pogoršati tačnije njegov sluh oštetiti. Kao što su prethodno države zahtevale ugradnju sigurnosnih kabina, tako su nakon ovih saznanja od strane država uvedene zakonske regulative koje regulišu granične vrednosti nivoa buke na kojima operater može boraviti tokom rada. Kod ovih regulativa se prventveno obraćala pažnja na to da pri merenju nivoa buke poljoprivredna mašina vrši operaciju pod punim opterećenjem [8].

Svaki neprijatan i neželeni zvuk predstavlja buku, a rukovaoci traktorom ili drugim poljoprivrednim mašinama su u velikoj meri izloženi njenom dejству. Jedinica za merenje buke je bel [B], ili decibel – dB. U praksi se koristi dB, koji je deset puta manji [2]. Ova jedinica može prouzrokovati oštećenje, pa čak i gubitak slухa [2, 3]. Osetljivost na buku zavisi od karakteristika buke, (nivo, ritam, sadržaj), individualne osetljivosti rukovaoca i od dužine trajanja izloženosti. Značajno povećanje rizika od trajnog oštećenja sluhu nastaje pri profesionalnom izlaganju nivou buke većem od 90 dB, a po poslednjim istraživanjima čak 85 dB, u trajanju od jedne smene ili 8 časova rada. Izlaganje preko dozvoljenih vremenskih normi može negativno uticati i na nervni sistem, a indirektno na srce, pluća, na celokupan organizam [4]. Povećanje nivoa buke za 5 dB smanjuje dozvoljeno vreme boravka na tom nivou za polovinu, što će biti prikazano u tabeli 4.

Tabela 5. Dozvoljeno vreme boravka na određenom nivou buke [16].

Table 5. Allowed time of residence at a certain noise level [16].

Vreme izlaganja buci u toku jednog dana (s ; ms) <i>Exposure time is noise in one day (s(ms))</i>	Nivo buke (dB) <i>Noise level (dB)</i>
8 (480)	85
6 (360)	87
4 (240)	90
3 (180)	92
2 (120)	95
1,5 (90)	97
1 (60)	100
0,5 (30)	105
0,25 (15)	110
0,125 (7,5)	115

Buka je definisana kao zagadivač [3]. Da bi se dobila bolja predstava o nivou buke, može se uporediti sa svakodnevnim dešavanjima koja okružuju čoveka. Nivo buke pri razgovoru između ljudi iznosi 45-50 dB, automobil koji se kreće  $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  70 dB, na prometnoj raskrsnici prosečan nivo buke je oko 80 dB, rad pneumatskim čekićem 100 dB, motorna testera 110 dB, poletanje aviona na udaljenosti od 30 m iznosi 140 dB [8]. Napredak na polju tehnologije u procesu poljoprivredne proizvodnje ima za cilj da dobije na brzini izvođenja rada, smanjenja količine rada ali kao posledicu ima i neke negativne efekte kao što je buka [8]. U toku perioda razvoja traktori i poljoprivredne mašine pretrpeli su mnoge transformacije i tehnološka unapređenja koja na razne načine poboljšavaju učinak i olakšavaju rad rukovaoca. Godinama u nazad se puno postiglo na polju ambijenta radnog mesta rukovaoca traktora, pa je nivo buke kod većine premijum proizvođača sveden na nivo od oko 75 dB, gde nivo ispod 75 dB predstavlja tzv. "tihe" traktore. Najveći izvor buke predstavlja motor, zatim sistem za izduv (Sl. 5.). odnosno njegova krajnji deo, pa je prilikom konstruisanja traktorske kabine ovom izvoru buke pridata dodatna pažnja.



Slika 5. Deo izduvnog sistema (Prigušivač) kao emiter buke [17].

Figure 5. Part of exhaust system (Muffler) as a noise emitter [17.]

Tokom perioda eksploracije ispitivanja pokazuju da je da sistem za klimatizaciju povećava buku za oko 3 dB, kao i od vibracija koje su poticale od vetrobrana odnosno staklenih površina kabine [1]. Na polju konstrukcije staklenih površina došlo je do promena gde su konstruktori otpočeli sa ugradnjom stakla različite gustine, sa različitim primesama. Otvori na traktoru zajedno sa staklenim površinama takođe mogu biti izvor određenog nivoa buke prilikom stvaranja vibracija i oštećenja izolacionih materijala usled niza godina eksploracije mehanizacije [9].

Jedna od bitnih stavki o kojoj se mora voditi računa tokom konstruisanja jesu akustične zaptivke [9]. Iz tog razloga se na kraj izduvnog sistema postavljaju prigušivači koji smanjuju nivo buke kako u kabini tako i van nje, razbijajući udarne talase izduvnih gasova koji su njen izvor. Udaljavanjem cevi izduva od zaštitne kabine postignut je niži nivo buke, ali tu postoje ograničenja u poziciji postavljanja iz razloga preglednosti rukovaoca. Takođe adekvatno izolovan pod kabine traktora može smanjiti nivo buke za 2 do 3 dB.

Sistem klimatizacije pozicioniran je u krovu, neposredno iznad glave rukovaoc, a njegove komponente kao što je ventilator (slika 6.) emituju visok nivo buke. Pored sistema klimatizacije i rashladni sistem morora poseduje ventilator koji pravi određeni nivo buke, prilikom dejstva na hladnjak. Sveo ove mere potпадaju pod pasivne mere zaštite od buke, odnosno mere koje se odnose na slabljenje koje se realizuje na putu prenosa od izvora do mesta emisije.



Slika 6. Položaj sistema klimatizacije u odnosu na rukovaoca [8]  
*Figure 6. Position of the air conditioning system in relation to the operator [8]*

## REZULTATI ISPITIVANJA

Kao jedan od osnovnih ciljeva kojima se teži, postavlja se povećanje produktivnosti rada. [5] Dostizanje tog cilja podrazumeva uz istovremeno očuvanje prirodnih resursa, životne sredine, kao i bezbedno rukovanje mašinama dođe do rasta poljoprivredne proizvodnje. U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja 3 traktora u cilju provere da li rukovaoc – operator svojim znanjem i načinom upravljanja traktorom može doprineti poboljšanju ambijentalnih uslova tokom vršenja radne operacije.

U ovom radu su analizirani rezultati nivoa buke u toku eksploracije pri agrotehničkim operacijama tanjiranja i setve koje su izvođene traktorima YTO X1204, Foton 904, Claas Arion 630. Ispitivanja su vršena u okviru tehnologije proizvodnje soje, gde je vršeno uklanjanje žetvenih ostataka u agrotehničkoj operaciji tanjiranja (traktorima YTO i Foton), a u tehnologiji proizvodnje uljane repice vršena operacija setve (traktorom Claas).

Dubina obrade je merena dubinometrom i iznosila je 13,5 cm, obrada je vršena u dobrim uslovima vlažnosti, pa se u skladu sa tim klizanje kretalo u optimalnim vrednostima (12 – 15 %) za standardni 4x4 traktor. Svi traktori nad kojima je vršeno ispitivanje su bili adekvatno pripremljeni za rad, a pod tim se podrazumeva pritisak u pneumaticima i pravilno postavljen balast.

Kako sa medicinske tako i sa ergonomski strane, buka predstavlja ozbiljan problem kada je u pitanju delovanje na čoveka, u našem slučaju rukovaoca traktorom [10]. U tom cilju mereni su nivoi buke na 3 različita traktora u radnim operacijama tanjiranja i setve, kao i standardno merenje buke traktora u pokretu pri različitim režimima rada.

Prema specifikacijama proizvođača, traktori YTO i Foton bili su opremljeni nešto lošijim kabinama i sistemima za suzbijanje buke za razliku od Claas-ovog modela, a dok su sva tri posedovala sistem za klimatizaciju [11] [12] [13]. Kroz merenje se i dokazalo da je kabina u slučaju Claas traktora nešto kvalitetnije izrađena i pogodnija za višečasovne radove u polju, što je prikazano kroz tabele u naredno delu rada.

Pri merenju nivoa buke traktora YTO vršena je agrotehnička operacija tanjiranja oruđem radnog zahvata 3,2m i prečnikom diska od 510 mm, a u slučaju traktora Foton korišćena je tanjirača radnog zahvata 2,8m prečnika diska 510 mm, a dobijeni su rezultati prikazani tabelama.

Tabela 5. Nivo buke uoperaciji tanjiranja izražen u dB

Table 5. Noise level while tilling expressed in dB

Broj obrtaja motora traktora <u>YTO</u> (min <sup>-1</sup> ) Engine rpm of tractor <u>YTO</u> (min <sup>-1</sup> )	Stepen prenosa Transmission level	
	1H	4M
2200	80,0	79,0
2400	84,5	84,0
Broj obrtaja motora traktora <u>Foton</u> (min <sup>-1</sup> ) Engine rpm of tractor <u>Foton</u> (min <sup>-1</sup> )	Stepen prenosa Transmission level	
	1H	4M
2200	85,5	84,0
2400	88,5	86,8

Tabela 6. Rezultati dobijeni prema OECD testovima (bez opterećenja)

Table 6. Results obtained by OECD tests (Without load)

Broj obraja motora <u>YTO</u> (min <sup>-1</sup> ) Engine rpm of tractor <u>YTO</u> (min <sup>-1</sup> )	Buka u kabini (dB) Noise inside cabin (dB)	Buka van kabini (dB) Noise outside cabin (dB)
1900	78,0	76,6
2200	79,5	77
2400	83,5	83
Broj obraja motora <u>Foton</u> (min <sup>-1</sup> ) Engine rpm of tractor <u>Foton</u> (min <sup>-1</sup> )	Buka u kabini (dB) Noise inside cabin (dB)	Buka van kabini (dB) Noise outside cabin (dB)
1900	82,0	79,5
2200	83,5	81,0
2400	85,5	83,8
Broj obraja motora <u>Claas</u> (min <sup>-1</sup> ) Engine rpm of tractor <u>Claas</u> (min <sup>-1</sup> )	Buka u kabini (dB) Noise inside cabin (dB)	Buka van kabini (dB) Noise outside cabin (dB)
1900	67,0	73,8
2200	71,0	78,0
2400	72,0	81,5

Pri merenju buke traktora Claas Arion 630 u tehnološkoj operaciji setve sejalicom Gaspardo Nina sa radnim zahvatom od 3 m, brzina kretanja agregata je bila približno jednaka kao i prilikom operacije tanjiranja u prethodna dva slučaja, a dobijeni su sledeći rezultati:

Tabela 6. Nivo buke u operaciji setve izražen u dB

Table 6. Noise level while sowing expressed in dB

Broj obrtaja motora (min <sup>-1</sup> ) Engine speed (min <sup>-1</sup> )	Stepen prenosa Transmission level	
	C2 (10)	
1700	70	

U slučaju ispitivanih modela traktora može se videti da pri agrotehničkoj operaciji tanjiranja najviši nivo buke u kabini javio kod traktora Foton u 1H stepenu prenosa pri 2400 min<sup>-1</sup>, ali i da je dobijeni rezultat viši od dozvoljene granice od 85 dB. Kod ovog traktora pri operaciji tanjiranja jedino u 4M stepenu prenosa pri 2200 min<sup>-1</sup> je nivo buke bio ispod graničnih 85 dB. Pri radu sa YTO traktorom izmerene su sve vrednosti ispod dozvoljenih 85 dB, ali su u oba stepena prenosa pri 2400 min<sup>-1</sup> bili jako blizu granice. Traktor Claas Arion

630 obavlja je operaciju koja je manje zahtevna pri nižem broju obrtaja kolenastog vratila u odnosu na YTO i Foton, ali pri istoj brzini kretanja agregata. U ovom slučaju je dobijena prosečna vrednost buke od oko 70 dB, što predstavlja vrlo povoljne uslove za rad.

Pri testiranju OECD testovima, ponovo su rezultati pokazali da je traktor Foton emitovao najviši nivo buke u kabini (pri  $2400 \text{ min}^{-1}$  prešao granicu od 85 dB), u proseku 3 dB više od YTO modela, dok je na merenjima van kabine bio isti slučaj sem pri broju obrtaja kolenastog vratila od  $2400 \text{ min}^{-1}$  gde su bili prilično ujednačeni (ali ne preko graničnih 85 dB). Claas Arion 630 se na polju buke unutar kabine prema OECD standardima pokazao kao najbolji, kod koga je nivo buke pri  $2400 \text{ min}^{-1}$  bio 72 dB, a tim rezultatom se može svrstati u tzv. "tihe" traktore. Spoljna buka je neznatno niža u odnosu na prethodna dva modela.

Solecki [7] je objavio istraživanja o riziku gubitka sluha vozača poljoprivrednih traktora. Autor je obavio merenja rada traktora na 31 farmi, na površinama između 5 i 40 ha, a ciljna kategorija vozača traktora je bila starosti do 50 godina. Rezultati merenja su pokazali da bi nivo buke veći od 89,1 dB može uticati na gubitak sluha kod 10 % ispitanika.

## ZAKLJUČAK

Pri ispitivanju nivoa buke tokom radne operacija i prema OECD testovima, korišćeni su traktori YTO X1204, Foton 904 i Claas Arion 630. Iz dobijenih rezultata traktora YTO se može zaključiti da tokom operacije tanjiranja nije bilo neke drastične razlike kada je u pitanju stepen prenosa i da ovaj parametar nema neku veliku ulogu (oko 1 dB razlike), dok je na polju broja obrtaja kolenastog vratila razlika bila oko 5 dB u oba slučaja ( $2200 \text{ i } 2400 \text{ min}^{-1}$ ). Kada je u pitanju traktor Foton 904 razlika u emitovanju buke iznosila je oko 2 dB u dva različita broja obrtaja kolenastog vratila, s tim da je u oba stepena prenosa pri radnom režimu od  $2400 \text{ min}^{-1}$  nivo buke prelazio graničnu vrednost od 85 dB. Iz toga se može zaključiti da je kod YTO traktora nivo emitovane buke prihvatljiv i ne prelazi graničnu vrednost izloženosti buci u trajanju od 8h, s tim da korigovanjem radnog režima (bez smanjenja efikasnosti agregata), nivo buke može značajno sniziti. U slučaju Foton (904) traktora, nivo buke pri višem režimu rada motora ( $2400 \text{ min}^{-1}$ ) bio je iznad dozvoljenih 85 dB za radnu smenu, pa je zaključak da je u tom slučaju od vrlo važnog značaja, ukoliko režim zadovoljava agrotehničku operaciju, da bude u nižem radnom režimu motora ( $2200 \text{ min}^{-1}$ ) jer tada ne prelazi graničnih 85 dB buke.

U vidu jedne paralele sa tzv. "tihim" traktorom, izvršeno je ispitivanje Claas traktora u operaciji setve. U ovom slučaju traktor je bio opremljen drugim tipom transmisije, sa elektronskom kontrolom broja obrtaja (CMATIC - sistem), pa su njegove vrednosti buke bile dosta niže do 70 dB, pri radnoj operaciji, a time i vrlo prihvatljive. Kod ovog traktora se vidi da rukovalac nema potrebu da vodi računa o režimima rada motora, kao i stepena prenosa jer je opremljen zaštitnom kabinetom koja ima veliku moć neutralisanja buke.

Kada su u pitanju izvršena ispitivanja prema OECD standardu (neopterećen traktor), nivo buke van kabine pri  $1900 \text{ min}^{-1}$  bio je očekivano najniži kod Claas-a, potom kod traktora YTO, dok najbučniji bio Foton 904. Pri broju obrtaja kolenastog vratila motora  $2200 \text{ i } 2400 \text{ min}^{-1}$  buka van kabine je bila na izjednačenom nivou. Kao i pri merenjima u radu traktora, tako i prema OECD standardu nivo buke u kabini traktora Claas Arion 630 je bio vrlo malih vrednosti pa je pri  $2400 \text{ min}^{-1}$  iznosio 72 dB, dok je Foton 904 bio na graničnih 85 dB buke.

Ispitivanje tri različita traktora pokazuje da je cilj koji je naveden na početka rada, moguće ostvariti. Adekvatnim odabirom radnih režima kod traktora YTO i Foton se mogu ostvariti vrednosti nivoa buke koje su prihvatljive sa aspekta zdravstvenih uslova rada. Iz dobijenih rezultata rukovaoc traktora svojim umećem može doprineti boljim ambijentalnim uslovima, ali i da proizvođači – konstruktori imaju veliku ulogu u rešavanju problema koji

donosi faktor buke . To se pokazalo kod ispitivanog modela Claas Arion 630 gde operator nema potrebu za prevelikom pažnjom na radne režime, već se maksimalno može posvetiti obavljanju radne operacije.

## LITERATURA

- [1] Baesso M. M., Martins G. A., Baesso R. C. E., Fischer C., Silvestrini J. C., 2014. Noise and Vibration of Tractors: An Ergonomic Evaluation, No. 4. str. 46 – 54.
- [2] I.H. Celen, Arkin S., 2003. Noise Levels of Agricultural Tractors. Pakistan of Biological Sciences, Vol 6: 1706 – 1711.
- [3] Klarin M., Žunjić A., (2007.): Industrijska ergonomija, Mašinski fakultet Beograd.
- [4] Meyer R.E., 1993. Tractor Noise Levels for Beans – bar Riders, Transaction of the ASAE 36, no. 4, str. 1049 – 1056.
- [5] Nebojša Balać, Milan V. Šunjevarić, Zoran I. Mileusnić, Rajko M. Miodragović. 2018. Uticaj radnog režima traktora na životnu sredinu, Poljoprivredna tehnika No3. str. 26 – 37. Beograd.
- [6] Nikolić, R., Lazar, S., Furman, T., Tomić, M., Simikić, M. 2005. *Klasifikacija i pravci razvoja traktora*, Poljoprivredna tehnika, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, str. 9 – 15.
- [7] Solecki L. 2003. Preliminary evaluation of occupational hearing loss risk among private farmers, Annals of Agricultural and Environmental Medicine, Vol. 10 (2), str. 211 – 215.
- [8] Šunjevarić, V. M., 2018. *Uticaj radnog režima traktora na ambijentalne uslove i životnu sredinu*, Diplomski rad, str. 1- 35., Univerzitet u Beogradu Poljoprivredni fakultet, Beograd
- [9] Turnquist, P.K., 1970. Quiet Your Noisy Tractor, South Dakota State University Agricultural Bulltens, Paper 580. str. 4 – 10
- [10] Winters M., Peters C., Jadine T., Teschke K., Davies H., 2005. Noise and Hearing Loss in Farming, Farm and Ranch Safety and Health Association, str. 25 – 40.
- [11]<https://www.claasharvestcentre.com/media/420382/claas-arion-650-530.pdf>. Korisničko uputstvo za Claas Arion 600 m
- [12]<http://www.agrovojvodina-mehanizacija.co.rs/index.php/yto/yto-x1204>. Korisničko uputstva za YTO X1204. odakle ovo www
- [13]<http://www.mehanizacija-trgomen.com/work/foton-lovol-ft904-2016>. Korisničko uputstva za Foton 904. odakle ovo
- [14]<https://www.testo.com/en-UK/testo-815/p/0563-8155#tab-data> Uputstvo za upotrebu, Testo 815.
- [15]<http://www.oecd.org> Organization for Economic Co-operation and Development.
- [16]<https://www.osha.gov> OSHA, Služba za bezbednost na radu i zdravlje radnika, SAD.
- [17]<https://www.shoupparts.com/products/tractor-parts/ford-new-holland/exhaust/mufflers/7000/> Slika 6.

# TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI POSTUPCI POBOLJŠANJA PROIZVODNJE BISTROG VOĆNOG SOKA

Tijana Urošević<sup>1</sup>, Olivera Ećim-Đurić<sup>1</sup>, Ivan Urošević<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Srbija

<sup>2</sup>Tok. d.o.o., Ilije Čalića 2, 11250 Beograd, Srbija

## SAŽETAK

Nezaobilazni koraci u tradicionalnom postupku proizvodnje voćnih sokova su dodavanje sredstava za bistrenje, taloženje i završna filtracija. Mikrofiltracija (MF) i ultrafiltracija (UF) omogućavaju istovremeno i bistrenje i filtraciju voćnih sokova. Primena membrana zavisi i od sastava sokova. Mnogi sokovi sadrže između 75 i 90% vode, 9 do 25% šećera, 1 do 5% organskih kiselina, 0,1 do 0,2% dijetetskih vlakana i 0,2 do 0,6% proteina. Sastojeći prisutni u tragovima su minerali, vitamini, aromatične materije, pigmenti, lipidi, nukleotidi, skrob i mikroorganizmi. Pektini su u soku prisutni u obliku agregatnih kompleksa, a MF i UF se primenjuju za uklanjanje velikih suspendovanih čestica i koloidnih materija.

Prednost korišćenja tehnika MF i UF je veći randman na polaznu količinu soka. Membranska filtracija može biti kontinualan i automatizovan proces, čime se ostvaruje ušteda u radnoj snazi, vremenu trajanja procesa i energiji.

Što se tiče nedostataka MF i UF, mogu se navesti relativno visoki investicioni troškovi, koncentraciona polarizacija i fenomen "prljanja" membrane.

**Ključne reči:** Membanska filtracija, ultrafiltracija, mikrofiltracija, voćni sok.

## PROCESSES FOR IMPROVEMENT OF THE CLEAR FRUIT JUICE PRODUCTION

Tijana Urošević<sup>1</sup>, Olivera Ećim-Đurić<sup>1</sup>, Ivan Urošević<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Belgrade -Zemun

<sup>2</sup>Tok d.o.o., Ilije Čalića 2 , Belgrade-Zemun

## ABSTRACT

The unavoidable steps in the traditional fruit juice production process are the addition of cleaning agents, precipitation and final filtration. Microfiltration (MF) and ultrafiltration (UF) allow simultaneous clarification and filtration of fruit juices. The application of the membrane depends on the composition of the fruit juices. Many fruit juices contain between 75 and 90% water, 9 to 25% sugar, 1 to 5% organic acids, 0.1 to 0.2% dietary fiber and 0.2 to 0.6% protein. The ingredients present in the traces are minerals, vitamins, aromatic substances, pigments, lipids, nucleotides, starch and microorganisms. Pectins are present in the juice in the form of aggregate complexes, and MF and UF are used to remove large suspended particles and colloidal matter.

The advantage of using MF and UF techniques is a higher randman on the starting amount of fruit juice. Membrane filtration can be a continuous and automated process, resulting in savings in the work force, process life and energy.

Regarding the disadvantages of MF and UF, relatively high investment costs, concentration polarization and the phenomenon of membrane fouling can be indicated.

**Key words:** *Membrane filtration, ultrafiltration, microfiltration, fruit juice.*

## UVOD

Primena membrana ima značajno mesto u prehrambenoj industriji (mlekarstvo, proizvodnja voćnih sokova, industrija šećera, proizvodnja alkoholnih, bezalkoholnih i niskoalkoholnih pića i sl.), za tretman otpadnih tokova u cilju regeneracije vrednih sastojaka, energije ili zaštite životne sredine [1, 45].

Membranska tehnologija poslednjih godina dobija sve veći značaj jer membranski procesi zahtevaju malu potrošnju energije, stvaraju malo otpada, malih su dimenzija, velikog kapaciteta, lako se automatizuju, a postrojenja su sa aspekta sigurnosti potpuno bezbedna.

Najznačajniji membranski procesi za prehrambenu industriju su mikrofiltracija i ultrafiltracija. Sa aspekta pogonskih sila spadaju u istu grupu membranskih procesa koje karakteriše zajednička osobina – separacija pojedinih komponenti tečne faze pod dejstvom razlike pritisaka kao pogonske sile. Za separaciju se koriste mikroporozne membrane, pa se transport rastvarača obavlja kroz pore membrane hidrauličkim tokom, dok se molekuli rastvorka i suspendovane čestice zadržavaju na površini membrane delovanjem efekta sita, jer su pore membrane suviše uske da bi ih propustile [10].

Jedan od glavnih problema pri izvođenju mikrofiltracije i ultrafiltracije je opadanje fluksa permeata tokom izvođenja procesa. Svi fenomeni koji dovode do opadanja fluksa permeata su obuhvaćeni fenomenom koncentracione polarizacije i fenomenom „prljanja“ membrane. Na ukupan prenos mase kroz membranu, osim otpora same membrane, utiče i polarizacioni otpor. Uzroci i fenomeni koncentracione polarizacije i stvaranja sekundarnog dinamičkog sloja na membrani su manje ili više poznati, međutim primenljive metode za njeno smanjenje se sve više ispituju. Najveći broj istraživanja je usmeren na razvoj dve vrste metoda: hidrodinamičke metode kojima se poboljšava prenos mase na površini membrane (uvođenjem turbulentnog toka) i metode koje se zasnivaju na povratnom transportu zadržanih rastvoraka i čestica od površine membrane ka osnovnoj masi rastvora. Tehnika unakrsne mikrofiltracije i ultrafiltracije služi za smanjenje prljanja membrane i suzbijanje fenomena koncentracione polarizacije. Povećanjem unakrsne brzine proticanja napojnog rastvora kroz modul postiže se stvaranje nestabilnog i nestacionarnog toka, tj. turbulentnog proticanja napojnog rastvora kroz modul [1, 10, 29].

## MIKROFILTRACIJA I ULTRAFILTRACIJA U PROIZVODNJI VOĆNIH SOKOVA

Membrane se koriste i za bistrenje i za koncentrisanje voćnih sokova. Bistrenje voćnih sokova, je relativno jednostavan membranski proces. Koriste se keramičke i polimerne membrane, mada su polimerne membrane popularnije. Dizajn membranskih modula i uređaja za filtraciju zavisi od proizvođača, ali opšte karakteristike su slične.

Kod polimernih membrana, povezano je nekoliko modula u serije, a nekoliko serija se paralelno povezuje. Broj modula u serijama zavisi od pada pritiska i od maksimalnog operativnog pritiska membrane, što je obično u intervalu od 6 do 7 bar. Unakrsni tok ima

obično protok od 18 do 24 l/min po membranskoj cevi. Sistemi sa keramičkim membranama teže da sadrže samo dva modula u seriji i rade na nižim pritiscima, ali pri većim unakrsnim brzinama napojnog rastvora. Rad membranske jedinice direktno zavisi od procesa proizvodnje soka, kao i od vrste soka [19, 39].

### Sastav voćnih sokova

Sastav voćnog soka prvenstveno zavisi od vrste voća, ali i od zrelosti voća, klimatskih i agrotehničkih uslova gajenja voća. Različiti tipovi uređaja i opreme se koriste za ekstrakciju soka iz voća. Za jabuke i meko voće koriste se mlinovi i prese, dok se za citrusno voće koriste ekstraktori.

Mnogi sokovi sadrže između 75 i 90% vode, 9 do 25% šećera, 1 do 5% organskih kiselina, 0,1 do 0,2% dijetetskih vlakana i 0,2 do 0,6% proteina. Drugi sastojci su prisutni u tragovima, kao što su minerali (K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, P, Zn), vitamini (A, B, C), aromatične materije (estri, aldehydi, alkoholi, isparljiva esencijalna ulja), pigmenti (karotenoidi, antocijani, polifenoli), lipidi, nukleotidi, skrob, pektin i mikroorganizmi. Vrsta voća diktira količine ovih sastojaka u soku [19, 39].

Proteini, enzimi, skrob, pektinske materije, lipidi, mikroorganizmi i ostala rastvorljiva i nerastvorljiva kompleksna jedinjenja su elementi koji upotpunjaju sokove. U voću i voćnim sokovima se nalaze različiti enzimi kao što su pektinaze i polifenoloksidaze. Mnoge polifenoloksidaze imaju molekulsku masu oko 30 kDa, ali njihova molekulsa masa i varira od 10 do 90 kDa, u zavisnosti od toga od koje je voćne vrste sok. Skrob se pojavljuje u voćnim sokovima u obliku nerastvorljivih granula, prečnika od 1 do 16 µm, kao na primer u sveže isčeđenom soku od jabuke. Granule skroba su obično prisutne u voću tokom sazrevanja, pa ako se sok pravi od nedovoljno zrelog voća, odnosno voća koje nije dostiglo potrebnu tehnološku zrelost, ove granule prelaze iz voća u sok. Pektini su u soku prisutni u obliku agregatnih kompleksa. Njihova molekulsa masa varira u intervalu od 10 do 500 kDa, a srednja vrednost je oko 100 kDa. Tokom enzimske depektinizacije, dolazi do raspadanja pektinskih materija, pa se povećava količina komponenata sa molekulskom masom ispod 10 kDa. Grubo dispergovane čestice i koloidi se u sokovima nalaze u obliku rastvorljivih i nerastvorljivih kompleksa. Grubo dispergovane čestice koje su veće od 1 µm daju sokovima mutnoću. Koloidne materije su sastavljeni uglavnom od polisaharida sa prečnikom između 0,001 i 0,1 µm i daju sokovima opalescenciju. Ultrafiltracija i mikrofiltracija se primenjuju upravo za uklanjanje velikih suspendovanih čestica i koloidnih materija iz voćnih sokova [19, 39].

### Poređenje ultrafiltracije i mikrofiltracije sa tradicionalnim postupkom proizvodnje voćnih sokova

U tradicionalnom postupku proizvodnje, nezaobilazni koraci su dodavanje sredstava za bistrenje, taloženje, završna filtracija, a membranskom filtracijom se svi ti postupci zaobilaze.

**Bistrenje.** Isčeđeni voćni sokovi su obično zamućeni, usled prisustva biljnih ostataka koji nisu rastvorljivi u vodi (vlakana, celuloze, hemiceluloze, protopektina, skroba i masti) i koloidnih makromolekula. Ove dispergovane supstance pri proizvodnji bistrog soka moraju biti delimično ili potpuno uklonjene kako bi se izbeglo naknadno zamućivanje i taloženje i kako bi se povećale čulne karakteristike (ukus, miris, i boja). U praksi se sok najčešće bistri korišćenjem kombinacije fizičko-hemijiskih i mehaničkih metoda, pa se bistrenje sastoji u hidrolizi makromolekularnih jedinjenja i taloženju svih sastojaka koji uslovjavaju mutnoću. Pri bistrenju nastaju složeni agregati makromolekula koji ne mogu da se održe u suspenziji već se izdvajaju taloženjem. Optimalna temperatura za kvalitetno bistrenje soka je 48°C, uz

vreme trajanja bistrenja od jedan sat. Više i niže temperature ne daju zadovoljavajuće rezultate bistrenja ni u pogledu smanjenja vremena bistrenja, niti potrebne količine preparata za bistrenje [42].

**Depektinizacija matičnog soka.** Tokom procesa bistrenja soka, takozvani zaštitni koloidi (pektini, skrob, arabani, proiteini) moraju biti razloženi, pošto oni sprečavaju formiranje agregata dispergovanih čestica i njihovo taloženje. Hidrolizom ovi makromolekuli gube svojstvo zaštitnih koloida, usled čega se oslobođaju dispergovane čestice i omogućava njihovo taloženje. Pored ovog primarnog cilja depektinizacija ima i drugih pratećih pozitivnih efekata na proizvodnju soka. Sastoјci koji nastaju kao rezultat hidrolize pektina, kao što je galakturonska kiselina, ostaju u soku što doprinosi da sok zadrži u većoj meri „punoću“. Hidrolizom pektina opada viskozitet soka i stvara se manja količina taloga te se olakšava naredna operacija filtriranja soka [22].

**Fizičko-hemijsko bistrenje (taloženje).** Tokom ovog postupka koriste se razna hemijska jedinjenja. U procesu bistrenja voćnih sokova se koriste bentonit i dijatomejska zemlja. Pored njih u procesu bistrenja koriste se i želatin i tanin [22, 30]. Želatin sa taninom formira kompleks „tanin–želatin“. Neutralni kompleks tanin–želatin ne predstavlja više stabilnu fazu i polako se taloži remeteći ravnotežu čitavog sistema. Taložeći se ovaj kompleks povlači sa sobom suspendovane čestice što olakšava bistrenje. Da sok ne bi izgubio na ukusu odstranjivanjem tanina koji se veže sa želatinom, može se pre početka bistrenja dodati nešto taninske kiseline [22, 30].

**Filtracija.** Ovom operacijom se odstranjuju sve čestice koje sok čine mutnim i nisu se izdvojile u talogu pri bistrenju. Ukoliko su bistrenje i filtracija pravilno obavljene naknadno u toku skladištenja soka ne dolazi do izdvajanja taloga ili pojave opalescencije. Prethodno skladišten matični sok bistro se i filtrira neposredno pred punjenje soka u ambalažu. Za filtriranje voćnih sokova u tradicionalnom postupku proizvodnje koriste se ramsko-pločasti, ramsko-naplavni i vakuum filtri [30, 44]. U novije vreme ovaj klasični postupak bistrenja se zamjenjuje membranskim postupcima, mikrofiltracijom i ultrafiltracijom. Ove tehnike omogućavaju istovremeno bistrenje i filtraciju. Kako bi se produžila aktivnost membrane obično se pre same filtracije sok tretira enzimima [4].

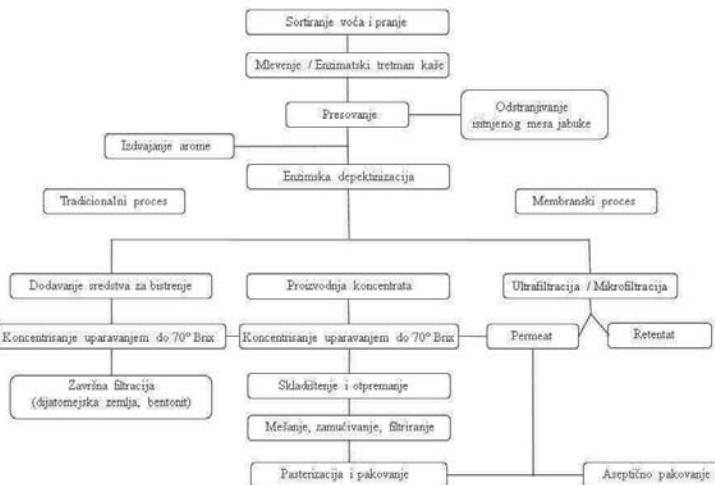
Depektinizacija soka enzimima je veoma značajna, jer pomaže da se dostignu visoki fluksevi i koncentracioni faktori u procesima membranske filtracije. Prljanje membrana za filtraciju zavisi od vrste soka, kao i od metoda ekstrakcije soka iz voća. Čak i nakon depektinizacije, pektin je glavna komponenta odgovorna za prljanje membrane pri filtraciji voćnih sokova [19].

Na slici 1. je šematski prikaz procesa proizvodnje voćnog soka od jabuke tradicionalnim postupkom i primenom mikrofiltracije i ultrafiltracije.

Po podacima iz literature [11] na primer talog formiran na ultrafiltracionoj membrani sa granicom separacije prema molekulskoj masi od 25 kDa, nakon ultrafiltracije depektinizovanog soka od marakuje, sastavljen je od 34,6% pektina, 21,6% saharoze, 20,4% glukoze, 10,8% fruktoze, 3,5% celuloze, 1,5% hemiceluloze i 1,2% limunske kiseline računato po suvoj masi. Ispitivani su uticaji na fluks permeata i drugih komponenata koje se nalaze u voćnim sokovima. Pored pektina, značajan uticaj na fluks permeata imaju i rastvoren skrob, dekstran, arabinogalaktan, laminaran, karboksimetilceluloza, pustulan i ksilan.

Prefiltracija i dekantiranje čime se redukuju pojedine materije prisutne u voćnim sokovima, svakako pomažu dostizanju viših vrednosti flukseva prilikom membranske filtracije, kao i dostizanje viših koncentracionih faktora. Naravno i pored ovih procesa, različiti sokovi će dostizati različite vrednosti fluksa permeata zbog različitih promena u sastavu i raspodeli čestica i koloida. Citrusni voćni sokovi i sokovi od tropskog voća generalno dostižu niže flukseve zbog većeg sadržaja hidrofobnih komponenata.

Prednost ultrafiltracije i mikrofiltracije u odnosu na tradicionalni postupak proizvodnje je proizvodnja bistrog soka, pri čemu randman na polaznu količinu soka iznosi i do 99%, u odnosu na randman od 93–94% kod klasičnog bistrena [19, 30, 39].



Slika 1. Šematski prikaz tradicionalnog i membranskog procesa bistrena soka od jabuke  
Figure 1. A schematic view of the traditional and membrane process of clarification of apple juice

Znatno je smanjeno vreme trajanja tehnološkog procesa proizvodnje, odnosno vreme od ulaska voća u pogon, do finalnog proizvoda.

Membranska filtracija može biti kontinualan i automatizovan proces, čime se ostvaruje ušteda u radnoj snazi i energiji. Na primer postrojenje koje preradi 20 t voća u koncentrat, može da uštedi na sirovini 6,3%, na pomoćnom materijalu 93,5%, na energiji 4,2% i na radnoj snazi 16,6%. Kada je reč o smanjenju troškova, kod membranskih procesa proizvodnje voćnih sokova nisu potrebni sudovi i uređaji za bistrenje i filtraciju, a nisu potrebna ni sredstva za bistrenje i filtraciju. Takođe nema ni laboratorijskog određivanja potrebne količine sredstava za bistrenje. Nema opasnosti od nedovoljnog ili preteranog bistrena. Na membranama se svi nepoželjni mikroorganizmi zadržavaju, pa su tako sokovi filtrirani membranskom filtracijom mikrobiološki potpuno stabilni. Nema pojave naknadnog zamućenja voćnih sokova ili koncentrata. Dobijeni finalni proizvod je visokog kvaliteta [19, 30, 39].

Automatizacijom i kontrolom postupka proizvodnje u odnosu na tradicionalni postupak proizvodnje, ostvaruje se odsustvo otpadnih voda zagađenih organskim materijama i sredstvima za bistrenje i filtraciju [19]. Koncentracija enzima za depektinizaciju se može smanjiti jer se enzimi mogu reciklirati i ponovo koristiti. Takođe je moguće smanjiti i toplotni tretman sokova, i koristiti hladnu sterilizaciju upotrebom aseptične prerade i pakovanja.

Što se tiče nedostataka membranskih procesa, mogu se navesti relativno visoki investicioni troškovi i koncentraciona polarizacija i fenomen prljanja membrane [19, 30, 39].

## PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA O PRIMENI MIKROFILTRACIJE I ULTRAFILTRACIJE U PROIZVODNJI VOĆNIH SOKOVA

Mnoga istraživanja poslednjih 20 godina su bila usmerena na ispitivanje uticaja transmembranskog pritiska, unakrsne brzine strujanja napojnog rastvora i temperature na mikrofiltraciju i ultrafiltraciju različitih voćnih sokova. Tabela 1. prikazuje uticaj operativnih uslova (transmembranski pritisak, unakrsna (cross-flow) brzina, temperatura i faktor zapreminskog koncentrisanja (VCR) na fluks permeata tokom mikrofiltracije voćnih sokova. U tabeli 2. prikazan je uticaj istih tih operativnih uslova na fluks permeata tokom ultrafiltracije voćnih sokova [39]. VCR (volume concentration ratio) služi za izražavanje koncentracije retentata ( $V_p$  – zapremina permeata):

$$VCR = \frac{\text{početna zapremina soka}}{\text{zapremina retentata}} = \frac{V_0}{V_0 - V_p} \quad (1)$$

U literaturi se pominju različite vrste membrana za mikrofiltraciju i ultrafiltraciju. Neorganske membrane imaju više prednosti u odnosu na organske polimerne membrane, a to su veća mehanička i hemijska otpornost, što im omogućava širi spektar primene, lakše održavanje i duži rok upotrebe. Ove membrane se mogu sterilisati na visokim temperaturama, otporne su prema organskim rastvaračima, oksidacionim sredstvima i abrazivnim materijalima i izdržavaju visoke pritiske (do 15 bara) i ekstremne pH vrednosti. Osnovni nedostatak neorganskih membrana je relativno visoka cena koštanja po jedinici membranske površine.

Girard i Fukumoto (2000) istražuju modelovanje fluksa permeata pri mikrofiltraciji i ultrafiltraciji soka jabuke. Za vreme mikrofiltracije ili ultrafiltracije soka, fluks permeata opada sa VCR-om vrlo slično kao i opadanje fluksa permeata sa vremenom. Zavisnost opadanja fluksa sa VCR-om su podelili u tri perioda [19]. Prvi, početni period se karakteriše naglim opadanjem fluksa permeata. Drugi period, do otprilike  $VCR = 3$ , definiše se i dalje opadanjem fluksa, ali manjim nego u prvoj fazi. Treći period je karakterističan po vrlo malom opadanju fluksa permeata koje je toliko malo da se ovaj period može definisati i kao "stacionarno" stanje. Granice između ovih perioda su vrlo specifične i određuju se posebno za svaki sistem istraživanja [19].

Optimalni uslovi u svakom istraživanju zavise od vrste soka, od opreme koja se koristi i na kraju od samog procesa. Da bi filtracija bila praktična i ekonomična neophodno je obezbediti visok fluks permeata, ali se svakako ne sme narušiti kvalitet proizvoda, koji treba da ima bar one osobine koje se dobiju drugim metodama bistrenja.

Na početku mikrofiltracije ili ultrafiltracije, fluks permeata ima visoku vrednost, ali kako vreme prolazi on naglo opada.

Taj nagli pad fluksa se javlja zbog fenomena koncentracione polarizacije i formiranja sekundarnog dinamičkog sloja na površini membrane [19, 39].

Tabela 1. Operativni uslovi korišćeni tokom mikrofiltracije različitih voćnih sokova  
 Table 1. Operating parameters used during microfiltration of various fruit juices

Sok Juice	Membrana i veličina pora Membrane and pore size	Operativni uslovi Operating parameters				
		TMP [kPa]	CFV [m/s]	T [°C]	VCR	Fluks Flux [l/m <sup>2</sup> h]
Ananas [6] <i>Pineapple</i>	Cevasta, PES, 0,3 µm <i>Tubular, PES, 0,3 µm</i>	100	6	25	2	232
Ananas [24] <i>Pineapple</i>	Višecevna, monolit aluminijum trioksid, 0,1 µm <i>Multichannel, monolith aluminum trioxide, 0,1 µm</i>	100–300	1,3 – 4	25 ± 1	-	1,0 – 2,5
Ananas [25] <i>Pineapple</i>	Šuplja vlakna, PS, 0,1 µm i 0,2 µm <i>Hollow fiber, PS, 0,1 µm and 0,2 µm</i>	5 - 100	1,5 – 3,4	20 ± 2	-	50 - 22
Banana, ananas, kupina[41] <i>Banana, pineapple, blackberry</i>	Cevasta keramička, 0,2 µm <i>Tubularceramic, 0,2 µm</i>	80 - 250	5	35 – 65	-	30 – 200
Dinja [40]	Višecevna keramička, 0,2 µm <i>Multichannel ceramic, 0,2 µm</i>	150	7	-	3	80
Jabuka [17] <i>Apple</i>	Cevasta keramička, 0,2 µm <i>Tubular ceramic, 0,2 µm</i>	414	8	50	-	550–150
Jabuka [18] <i>Apple</i>	Cevasta polimerna 0,2 µm <i>Tubular polymeric, 0,2 µm</i>	414	3,3	50	-	64 – 67
Jabuka [38] <i>Apple</i>	Šuplja vlakna, PP, 0,2 µm <i>Hollow fiber, PP, 0,2 µm</i>	35 – 209	0,45–0,54	20	-	70 – 110
Marakuja [31] <i>Passiflora</i>	Cevasta keramička, 0,3 µm Šuplja vlakna, PA, 0,3 µm <i>Tubular ceramic, 0,3 µm Hollow fiber, PA, 0,3 µm</i>	50-100	3,6	25	-	17,5–42,5
Marakuja [13] <i>Passiflora</i>	Šuplja vlakna, PEA, 0,4 µm <i>Hollow fiber, PEA, 0,4 µm</i>	100	-	25 ± 2	-	2,5 – 14,5
Malina [43] <i>Raspberry</i>	Višecevna keramička, 0,2 µm <i>Multichannel ceramic, 0,2 µm</i>	50 – 300	0,07	22 – 55	7,8– 17,9	290 – 10
Slatka limeta [14] <i>Mosambi</i>	Keramička u obliku diska M1 – 1,85 µm; M2 – 1,78 µm; M3 - 0,89 µm <i>Ceramic disk M1 – 1.85 µm; M2 – 1.78 µm; M3 - 0.89 µm</i>	68,9 – 206,7	-	-	-	10,8 – 252

Ako se proces izvodi pri višim pritiscima, to neće povećati fluks permeata, ali će porasti debljina sloja i gustina zadržanog materijala na površini membrane. Tokom vremena, materijal na površini membrane postaje kompaktan ili se istaloži, formirajući sloj od naslaga materijala koji ima nisku permeabilnost, pa fluks pada u odnosu na početnu vrednost [19].

Kada je u pitanju određivanje radnog pritiska nekog membranskog procesa, to je najteže uraditi kod mikrofiltracije. Nemoguće je da se process mikrofiltracije obavi pri TMP-om i protokom napojnog rastvora koji su idealni [45].

Kada je u pitanju transmembranski pritisak (TMP), na nižim pritiscima fluks permeata ima linearnu zavisnost u odnosu na TMP. Sa povećanjem TMP-a, povećava se i fluks permeata, ali do granične vrednosti, pa dalji rast TMP-a nema uticaj na fluks permeata jer polarizacioni otpor postaje previsok. Dalje povećanje TMP-a ne utiče na povećanje stacionarnog fluksa permeata kroz membranu, ali dovodi do jake kompresije sloja gela na površini membrane, mnogo veće povećanje polarizacionog otpora ( $R_p$ ) što dovodi do pada stacionarnog fluksa permeata. Zapravo porast transmembranskog pritiska za 60% utiče na porast fluksa permeata za samo 5% [39].

Field i sar. (1995) pre 22 godine, uvode izraz "kritični fluks". Oni su prepostavili da postoji kritični fluks za unakrsnu filtraciju, ispod koga ne bi bilo značajnog uticaja fenomena prljanja membrane na sam proces filtracije, na primer smanjenje fluksa permeata ili povećanje TMP. Povećanje unakrsne brzine napojnog rastvora (poboljšanje prenosa mase) dovodi i do povećanja kritičnog fluksa [15]. Tokom 2011. godine, Field i Pearce [16] uvođe i pojam "graničnog fluksa", koji je definisan na osnovu brzine prljanja membrane. Pri vrednostima fluksa koje su manje od graničnog fluksa, prljanje membrane i punjenje pora je sporo i skoro konstantno, pa je moguće proces filtracije izvoditi duže vreme. Fluksevi permeata koji su pre 2011. godine definisani kao kritični fluksevi su zapravo granični fluksevi [21]. Izvođenje mikrofiltracije pri fluksevima koji su manji od kritičnog fluksa nije poželjno, jer bi u tom slučaju bile potrebne membrane sa većim aktivnim površinama, što vodi i većim investicionim troškovima [26, 33].

U tabeli 1. se može videti da se najviši fluksevi permeata postižu sa cevastim membranama, a najniži fluksevi su kod pločastih membrana. Iz podataka prikazanih u tabeli 2., se izvodi zaključak da se kritični fluks za sisteme sa cevastim membranama postiže na  $\text{TMP} < 300 \text{ kPa}$ . Za sisteme sa membranama od šupljih vlakana, kritični fluks se postiže na  $\text{TMP} < 40 \text{ kPa}$  i za sisteme sa pločastim membranama na  $\text{TMP} < 400 \text{ kPa}$ .

Važan zaključak je da na optimalni TMP utiču fizičko-hemiske karakteristike rastvora (vrsta voćnog soka) i drugi parametri kao što su unakrsna brzina napojnog rastvora i temperatura.

U literaturi se može naći podatak da je efektivna brzina napojnog rastvora, pri unakrsnoj filtraciji, koja može odnositi zadržane čestice sa površine membrane, brzina veća od  $3 \text{ m/s}$  [1]. Pri većim brzinama strujanja napojnog rastvora, tok je veoma turbulentan. Uz površinu membrane se formira laminarni sloj toka napojnog rastvora, ali se i u njemu mogu na pojedinim mestima pojaviti turbulentni vrtlozi. Ti vrtlozi mogu ukloniti formirani sekundarni dinamički sloj sa površine membrane i on odlazi sa napojnim rastvorom koji struji preko površine membrane [43]. Iz Tabele 1. i 2. može se videti da su i kod mikrofiltracije i ultrafiltracije u istraživanjima korišćene unakrsne brzine do  $8 \text{ m/s}$ .

Vladisavljević i sar. (2013) su ispitivali bistrenje soka od maline mikrofiltracijom uz periodično povratno ispiranje vazduhom. Primljena unakrsna brzina bila je samo  $0,07 \text{ m/s}$ , ali je fluks permeata održavan na visokoj vrednosti upravo zbog primene periodičnog povratnog ispiranja ( $290 \text{ l/m}^2\text{h}$ ). Sabijanje pogače na površini membrane pri visokim pritiscima je sprečeno upotrebom dovoljno učestalim povratnim ispiranjem [43].

Iz svih ispitivanja koja su navedena u tabeli 1., može se zaključiti da je u slučaju mikrofiltracije moguće postići zadovoljavajuće vrednosti fluksa permeata i sa brzinama manjim od  $3 \text{ m/s}$ , ali je u tom slučaju neophodno koristiti odgovarajući predtretman soka. Odgovarajućim enzimskim tretmanom soka se koncentracija čestica koje se zadržavaju na površini membrane znatno smanjuje.

Tabela 2. Operativni uslovi korišćeni tokom ultrafiltracije različitih voćnih sokova  
 Table 2. Operating parameters used during ultrafiltration of various fruit juices

Sok Juice	Membrana i veličina pora Membrane and pore size	Operativni uslovi Operating parameters				
		TMP [kPa]	CFV [m/s]	T [°C]	VCR	Fluks Flux [l/m <sup>2</sup> h]
Ananas [2] <i>Pineapple</i>	Cevasta keramička, 0,01 µm Šuplja vlakna, PS, 100 kDa <i>Tubular ceramic, 0,01 µm</i> <i>Hollow fiber, PS, 100 kDa</i>	20 – 60	1,19 – 4,17	20 – 40	1,8 2,8	46 - 124
Ananas [25] <i>Pineapple</i>	Šuplja vlakna, PS, MWCO 30 i 100 kDa <i>Hollow fiber, PS, MWCO 30 and 100 kDa</i>	5 – 100	1,5 – 3,4	20 ± 2	-	35 - 9
Grejpfrut [37] <i>Grapefruit</i>	Šuplja vlakna, PS, MWCO 30 kDa <i>Hollow fiber, PS, MWCO 30 kDa</i>	173	0,73	10±1	-	25 - 39
Jabuka [5] <i>Apple</i>	Cevasta ZrO <sub>2</sub> , MWCO 15 i 50 kDa <i>Tubular ZrO<sub>2</sub>, MWCO 15 and 50 kDa</i>	150 – 400	2 – 7	-	-	60
Jabuka [3] <i>Apple</i>	Polimerne, MWCO 10 i 100 kDa <i>Polymeric, MWCO 10 and 100 kDa</i>	100	-	-	-	18 – 725
Jabuka [17] <i>Apple</i>	Cevasta keramička, 0,02 µm <i>Tubular ceramic, 0,02 µm</i>	414	8	50	-	350 – 550
Jabuka [18] <i>Apple</i>	Cevasta polimerna 10, 30, 100 i 200 kDa <i>Tubular polymeric</i> <i>10,30,100, and 200 kDa</i>	414	3,3	50	-	40 - 250
Jabuka [47] <i>Apple</i>	Cevasta, PVDF, MWCO 18 kDa <i>Tubular, PVDF, MWCO 18 kDa</i>	250	1,21	50	25 – 32	129,6 – 72
Kivi [9] <i>Kiwi</i>	Cevasta, PVDF, MWCO 15 kDa <i>Tubular, PVDF, MWCO 15 kDa</i>	60 – 100	-	20 – 30	3,75	9 – 45
Kruška [8] <i>Pear</i>	Pločasta, PVDF, MWCO 200 kDa <i>Plate, PVDF, MWCO 200 kDa</i>	220	0,123	25 ± 2	-	41,8
Crvena pomorandža [12] <i>Red orange</i>	Šuplja vlakna, PS, MWCO 100 kDa <i>Hollow fiber, PS, MWCO 100 kDa</i>	80	-	20 ± 1	-	14,02 – 2,7

Analizom prikazanih rezultata u tabeli 2. može se zaključiti da su primenjene unakrsne brzine mnogo niže nego u slučaju mikrofiltracije, ali su postignute vrednosti fluksa permeata zadovoljavajuće. Svi autori su primenili neki od poznatih predtretmana napojnog soka, ali navode da pad početnog fluksa permeata ide i do 75%. Glavni razlog pada početnog fluksa je koncentraciona polarizacija i prljanje membrana. Veći pad fluksa se može izbeći upotrebom viših unakrsnih brzina u kombinaciji sa odgovarajućim predtretmanom voćnog soka.

Mnoga ispitivanja su pokazala da sa porastom temperature dolazi do povećanja fluksa permeata. To se objašnjava činjenicom da sa porastom temperature napojnog rastvora dolazi do smanjenja njegovog viskoziteti i do povećanja koeficijenta difuzije makromolekula. Efekat ova dva faktora je taj da se poboljšava prenos mase, a samim tim se i povećava stopa propuštanja, odnosno permeacija kroz membranu [7, 9, 27].

U procesu bistrenja voćnih sokova, nije preporučljivo korišćenje temperatura preko 55°C, jer veće temperature mogu prouzrokovati degradaciju mnogih jedinjenja u soku. To bi moglo dovesti do toga i da proces mikrofiltracije/ultrafiltracije traje duže. Štaviše, proces MF/UF se izvodi odmah nakon hidrolize makromolekula, koji takođe zahteva temperaturu oko 55°C [1, 19]. Zbog toga je ova temperatura optimalna temperatura za bistrenje voćnih sokova pomoću membranske filtracije. Filtracija pri višim temperaturama ima pozitivan efekat na fluks permeata, ali je tu negativan efekat bržeg pada fluksa na početku membranske filtracije, usled brže akumulacije čvrstih materija na višoj temperaturi [43]. To je razlog zašto većina istraživača koristi temperature od oko 25°C, kako je i prikazano u tabelama 1. i 2.

## PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA O TEHNIKAMA POBOLJŠANJA FLUKSA PERMEATA

Postoje različite tehnike poboljšanja fluksa permeata. To su mehaničke i električne tehnike poboljšanja fluksa permeata, kao što su periodično povratno ispiranje sa gasom (*backwashing*), periodično povratno ispiranje tečnošću (*backflushing*), upotreba promotora turbulencije i upotreba električnog polja. Pored ovih tehnika, mogu se još koristiti i tretman enzimima pre membranske filtracije.

**Metode enzimatskog tretmana za poboljšanje fluksa permeata.** Pre bistrenja voćnih sokova membranskom filtracijom moguće je primeniti tretman enzimima, koji imaju za cilj smanjenje količine suspendovanih čestica u soku.

Matta i sar. (2004) su primenili enzimski predtretman na sok od acerole pre mikrofiltracije. Dobijene su velike vrednosti fluksa permeata, što je posledica upravo enzimatskog tretmana pre mikrofiltracije. Hidrolizom soka se znatno smanjuje koncentraciona polarizacija i formiranje sloja gela, pa samim tim ne dolazi ni do smanjenja poroznosti membrane. Porast fluksa permeata tokom filtracije se javlja i zbog prisutnih enzima koji su ostali u napojnom rastvoru, i kada temperatura procesa dostigne vrednost koja je optimalna za aktivnost enzima, oni se aktiviraju [28].

Rai i sar. (2007) ispituju uticaj enzimatskog predtretmana na fluks permeata tokom ultrafiltracije soka od slatke limete. Dokazali su da enzimatski tretman najviše utiče na boju, bistrinu, viskozitet i sadržaj pektina, ali gotovo da nema uticaja na sadržaj ukupnih rastvorljivih čestica, kiselost, pH i gustinu soka. Fluks permeata tokom procesa ultrafiltracije naglo opada na početku procesa, a zatim se nastavlja postepeno opadanje. Taj nagli pad se javlja zbog prisustva komponenti kao što su pektin, celuloza, hemiceluloza i komponente velike molekulske mase, koje formiraju polarizacioni sloj na površini membrane, koji se tokom filtracije povećava [34].

Domingues i sar. (2014) su proučavali uticaj različitih predtretmana na bistrenje soka od marakuje. Primenili su kombinaciju centrifugiranja, enzimatskog tretmana i bistrenja sa citozanom kao pretreatman za voćni sok od marakuje. Enzimski tretman je obavljen sa pektolitičkim enzimom (Pectinex 3 XL, Novozymes). Koncentracija enzima bila je 1 ml/l, a temperatura reakcije je podešena na 44°C. Enzimski tretman je uticao na smanjenje viskoziteta i zamućenosti, ali nije uticao na boju tretiranog voćnog soka marakuje. Predtretman citozanom bio je efikasan u smanjenju zamućenosti za čak 99%, boje 96% i viskozitet 94%. U pregledu efekata predtretmana, najveći fluks pri mikrofiltraciji je pokazao uzorak koji je tretiran sa citozanom, pa autori navode da je tretman citozanom pogodna alternativa za predtretman voćnog soka od marakuje [13].

Barros i sar. (2003) su istraživali uticaj enzimatskog tretmana korišćenjem smeše pektinaze, hemicelulaze i celulaze, u koncentracijama od 20, 100 i 300 mg/l, na temperaturi od 40°C, u sokovima od višnje i od ananasa. Koristili su ultrafiltracionu keramičku cevastu membranu i polisulfonske (PS) membrane od šupljih vlakana. Povećanje fluksa permeata uz upotrebu koncentracije enzima od 300 i 100 mg/l nije bilo značajno, pa je za ultrafilter ekonomski najpovoljniji depektinizovan sok tretiran koncentracijom enzima od 20 mg/l [2].

**Mehaničke metode za poboljšanje fluksa permeata** su periodično povratno ispiranje sa gasom (*backwashing*), periodično povratno ispiranje tečnošću (*backflushing*) i upotreba promotora turbulencije.

Su i sar. (1993) su ispitivali unakrsnu mikrofiltraciju soka od jabuke, pri čemu su koristili polipropilensku membranu sa šupljim vlaknima. Kao tehniku poboljšanja fluksa permeata primenjivali su periodično povratno ispiranje sa vazduhom ili azotom pri visokom pritisku (690 kPa). Gas visokog pritiska je uduvavan kroz centar vlakana duž membrane, na 15 i 30 min, u trajanju od 45 s, pri čemu dolazi do širenja vlakana i gas odstranjuje čestice zadržane

sa spoljašnje strane vlakana. Periodično povratno ispiranje u ovom slučaju je povećavalo fluks permeata za oko  $10 \text{ l/m}^2\text{h}$  i stabilizovalo je opadanje fluksa na relativno visokoj vrednosti ( $70 - 110 \text{ l/m}^2\text{h}$ ). Kao napojni rastvor korišćen je sok od jabuke u kome je variran sadržaj pektina (0,1%, 0,2% i 0,4%). Zaključili su da što je veća koncentracija pektina u soku, fluks permeata je niži. Naravno to je i očekivano s obzirom da su makromolekuli pektina jedna od komponenti koja je sastavni deo sekundarnog dinamičkog sloja koji se formira na površini membrane. S obzirom da je u eksperimentima kako je već navedeno korišćen i vazduh i azot za periodično povratno ispiranje, autori navode da nisu primećene razlike u ukusu i mirisu između uzoraka koji su mikrofiltrirani uz ovu tehniku poboljšanja fluksa. Takođe nije bilo ni gubitaka aromatičnih jedinjenja [38].

Jegatheesan i sar. (2009) u svojim eksperimentima koriste cevaste keramičke membrane od  $\text{ZrO}_2$  pri različitim operativnim uslovima. Veličina pora membrane koje su koristili bile su  $0,02 \mu\text{m}$ ,  $0,05 \mu\text{m}$  i  $0,10 \mu\text{m}$ . A rastvor koji se filtrirao je bio sok od šećerne trske, sa sadržajem šećera oko  $16^\circ \text{Brix}$ . Transmembranski pritisak je variran u intervalu od 1 do 3 bar, a unakrsna brzina napojnog rastvora bila je  $3 \text{ m/s}$ . I ovi autori kao tehniku poboljšanja fluksa koriste periodično povratno ispiranje sa vazduhom. Tokom eksperimenta komprimovan vazduh pritiska 5 bara je uduvavan sa strane permeata, na svakih 5 min po 4 s. Rezultati svih ispitivanja su da periodično povratno ispiranje kao tehnika poboljšanja fluksa ima uticaja na mikrofiltracionu membranu ( $0,10 \mu\text{m}$ ), ali nema na ultrafiltracione membrane. Kod mikrofiltracione membrane ovom tehnikom se stacionarni fluks permeata povećava za 23%. To se objašnjava preko mehanizma prljanja membrane. Zapravo periodično povratno ispiranje je mnogo efektivnije za uklanjanje čestica koje blokiraju pore unutar membrane, nego u uklanjanju sloja gela koji se formira na površini membrane [23].

Vladislavljević i sar. (2013) su ispitivali bistrenje soka od maline mikrofiltracijom, uz periodično povratno ispiranje sa komprimovanim vazduhom u cilju poboljšanja fluksa permeata. Za mikrofiltraciju koriste keramičku membranu Kerasep W5, sa veličinom pora od  $0,2 \mu\text{m}$ . Periodično povratno ispiranje je izvođeno sa komprimovanim vazduhom na pritisku od 0,5 bara, uduvavanjem vazduha u suprotnom smeru od smera filtracije, na svakih 6 ili 10 minuta. Na ovaj način se podiže i uklanjuju čestice koje su se istaložile na unutrašnjoj površini membrane. Uduvavanje vazduha je trajalo po 60 s, i tokom tog vremena je proces mikrofiltracije prekidan. Na ovaj način se fluks permeata održavao na visokom nivou ( $170 \text{ l/m}^2\text{h}$ ) duže od 2h. Dovoljno čestim uduvavanjem vazduha, sprečeno je i formiranje sloja gela na površini membrane. Nakon prvog povratnog ispiranja, fluks permeata se podiže sa 92 na  $260 \text{ l/m}^2\text{h}$ , ali nije bilo moguće povratiti početni fluks od  $290 \text{ l/m}^2\text{h}$ . Fluks permeata nakon svakog povratnog ispiranja je bio jednak ili malo manji od fluksa permeata na početku prethodnog ciklusa filtracije [43].

Pal i sar. (2008) kao tehniku poboljšanja fluksa ispituju promotore turbulencije. Uvođenjem promotora turbulencije ili umetaka u tok fluida menja se hidrodinamika toka. Umetci vrše uklanjanje laminarnih tokova unutar membrane. Ovo uzrokuje radikalno mešanje tj. strujanje. Eksperimenti sa promotorom turbulencije su pokazali da se izazivanjem sekundarnih tokova i nestabilnosti toka uz površinu membrane može uticati na smanjenje stvaranja sekundarnog dinamičkog sloja na membrani i koncentraciona polarizacija, i da se povećava prenos mase u unakrsnoj membranskoj filtraciji. Eksperimenti koje su izveli ovi autori su takođe pokazali da se fluks permeata povećava srazmerno sa brojem promotora. Preveliki broj promotora može smanjiti tangencijalni tok napojnog rastvora na površini membrane, pa se na taj način smanjuje pozitivan uticaj unakrsne membranske filtracije. Korišćenjem promotora većeg prečnika očekuje se da napojni rastvor ima veću tangencijalnu brzinu toka. Oblik promotora može imati značajan uticaj na uklanjanje istaloženog materijala na površini membrane, pa tako ima uticaj i na fluks permeata [32].

Iz analize gore navedenih prednosti mehaničkih tehnika može se zaključiti da se najveći procent povećanja fluksa permeata postiže uvođenjem zakriviljenih i ravnih turbulentnih promotora. Primena tehnike periodičnog povratnog ispiranja vazduhom i gasom dovodi do povećanja fluksa permeata od 60%.

**Električne metode za poboljšanje fluksa permeata.** Tehnika elektro-ultrafiltracije se koristi za smanjivanje koncentracione polarizacije u neposrednoj blizini membrane primenom spoljnog električnog polja preko membrane kako bi se filtrirale nanelektrisane čestice.

Sarkar i sar. (2010) svojim eksperimentima ispituju uticaj električnog polja na unakrsnu ultrafiltraciju, pri uslovima turbulentnog toka. Kao napojni rastvor koji se filtrira, koristili su model rastvore, koji su smeša pektina, saharoze i vode. Za ultrafiltraciju su koristili ravnu membranu od polietersulfona, sa granicom separacije prema molekulskoj masi (MWCO) od 50 kDa. Proces elektro–ultrafiltracije je korišćen sa ciljem da se smanji koncentraciona polarizacija u neposrednoj blizini membrane, primenom električnog polja duž membrane pri filtraciji nanelektrisanih čestica [36]. Polaritet električnog polja je takav da se nanelektrisane čestice uklanjaju sa površine membrane elektroforezom. U prisustvu spoljašnjeg električnog polja, nanelektrisane čestice se uklanjaju sa sloja gela na površini membrane zbog elektroforetske migracije. U stacionarnom stanju, konvektivna brzina rastvorenih čestica koje se kreću ka membranu jednaka je brzini kretanja rastvorenih čestica od membranske površine usled delovanja elektroforeze i povratne difuzije (stacionarna ekvimolarna suprotnosmerna difuzija). Iz izvedenih eksperimenata, autori su zaključili da sa porastom jačine električnog polja, dolazi i do povećanja fluksa permeata. Na primer pri jačini električnog polja od 910 V/m, fluks permeata se povećava tri puta u odnosu na fluks permeata pri jačini električnog polja od 0 V/m. Ovo povećanje fluksa permeata se javlja zbog toga što se nanelektrisani molekuli sloja gela uklanjaju sa površine membrane [36].

Sarkar i sar. (2010) se i u ovom radu bave ispitivanjem uticaja električnog polja na ultrafiltraciju, ali su eksperimenti vršeni i pri konstantnom električnom polju i pri pulsirajućem električnom polju. I u ovom radu su koristili ravnu membranu od polietersulfona, sa granicom separacije prema molekulskoj masi (MWCO) od 50 kDa. Kao napojni rastvor koriste sok od slatke limete. Maksimalna vrednost jačine električnog polja koja je korišćena je 400 V/m, kako bi se izbegle elektrolitičke reakcije, jer sok od slatkog limuna ima visoku električnu provodljivost (3,2 m/Scm). Eksperimenti su pokazali da mnogo bolji efekat na porast fluksa permeata ima pulsirajuće električno polje, oko 94 – 97,5% od maksimalno ostvarenog fluksa permeata sa uštedom od oko 1/3 električne energije. Nanelektrisani molekuli pektina se mnogo brže uklanjaju sa sloja gela na površini membrane nego u slučaju konstantnog električnog polja (bez pulsacija), pa se smanjuje i debljina sloja gela formiranog na površini membrane [35, 36].

U slučaju ultrafiltracije, najveći procenat porasta fluksa permeata postignut je uvođenjem promotora turbulencije (zakriviljenih promotora) do 108% i impulsnom elektro-ultrafiltracijom oko 97,5%.

## FIZIČKO-HEMIJSKE OSOBINE VOĆNIH SOKOVA NAKON MEMBRANSKE FILTRACIJE

Većina istraživača navodi da je sok, koji je filtriran uz pomoć mebrane (mikrofiltracijom ili ultrafiltracijom), mikrobiološki adekvatan za potrošnju. Fizičko-hemijska i nutritivna svojstva svakog soka zavise od vrste soka, vrste upotrebljene membrane i samog procesa membranske filtracije (mikrofiltracija ili ultrafiltracija). Nakon bistrenja voćnog soka mikrofiltracijom ili ultrafiltracijom, sok gubi neke od karakteristika kao što su miris, intenzitet ukusa i intenzitet boje do neke mere.

U nekoliko studija je ispitivan uticaj mikrofiltracije i ultrafiltracije na fizičko-hemiske osobine voćnih sokova. Hakimzadeh i sar. (2006) su filtrirali matični sok šećerne repe uz upotrebu cevaste keramičke mikrofiltracione membrane, a zatim su koristili i spiralni ultrafiltracioni modul sa polimernom membranom. Rezultati su pokazali da se kvalitet izbistrenog soka koji je dobijen kombinacijom mikrofiltracije i ultrafiltracije znatno popravio u poređenju sa izbistrenim sokom dobijenim konvencionalnim postupkom u pogledu boje, mutnoće i tvrdoće i to 49,12%, 78,26% i 6,65%, respektivno [20]. Cassano i sar. (2010) su bistrili matični sok kruške koristeći i mikrofiltraciju i ultrafiltraciju. U toj studiji su ispitivali efekat mikrofiltracije i ultrafiltracije na fizičko-hemiski sastav soka i uticaj ovih metoda bistrena na sadržaj glavnih nutritivnih i funkcionalnih sastojaka soka. Permeat oba processa bio je bistar rastvor sa niskim sadržajem proteina obogaćen antioksidansima (polifenoli, vitamin C, itd), šećera, aminokiselina i mineral [8].

Prema rezultatima brojnih istraživanja, promene u pH vrednosti, kiselosti, ukupnim rastvorljivim suvim materijama, fenolnim komponentama antocijana i antioksidativnoj vrednosti, bile su slične kada se koriste oba membranska procesa, mikrofiltracija i ultrafiltracija.

## ZAKLJUČAK

Proizvodnja voćnih sokova se svakako može značajno unaprediti uvođenjem modernih tehnologija bistrena i filtracije, unakrsnom mikrofiltracijom i ultrafiltracijom. Važno je utvrditi optimalne uslove za izvođenje procesa membranske filtracije, a to su: zapreminski protok napojnog rastvora, transmembranski pritisak i temperatura retentata.

Prednost ultrafiltracije i mikrofiltracije u odnosu na tradicionalni postupak proizvodnje je proizvodnja bistrog soka, pri čemu randman na polaznu količinu soka iznosi i do 99%, u odnosu na randman od 93–94% kod klasičnog bistrena. Znatno je smanjeno vreme trajanja tehnološkog procesa proizvodnje. Kako membranska filtracija može biti kontinualan i automatizovan proces, time je moguće ostvariti i uštedu u radnoj snazi i energiji. Ušteda se ostvaruje i zato što kod membranskih procesa proizvodnje voćnih sokova nisu potrebni sudovi i uređaji za bistreno i filtraciju, a nisu potrebna ni sredstva za bistreno i filtraciju.

Membranama zadržavaju sve nepoželjne mikroorganizmi, pa su tako sokovi filtrirani membranskom filtracijom mikrobiološki potpuno stabilni. Nema pojave naknadnog zamućenja voćnih sokova ili koncentrata, a dobijeni finalni proizvod je visokog kvaliteta.

Što se tiče nedostataka membranskih procesa, mogu se navesti relativno visoki investicioni troškovi i koncentraciona polarizacija i fenomen "prljanja" membrane. Koncentracionalnu polarizaciju i fenomen "prljanja" membrane je moguće značajno umanjiti tehnikama za poboljšanje procesa mikrofiltracije i ultrafiltracije. Jedna od metoda poboljšanja je da se pre bistrena voćnih sokova membranskom filtracijom primeni tretman enzimima, koji imaju za cilj smanjenje količine suspendovanih čestica u soku. Samim tim se smanjuje i mogućnost zadržavanja suspendovanih čestica na površini membrane i stvaranje sekundarnog dinamičkog sloja. Tu su i mehaničke i električne tehnike poboljšanja fluksa permeata. Periodičnim povratnim ispiranjem sa gasom moguće je povećati fluks permeata i do 60%, a upotrebom promotora turbulencije to povećanje može ići i do 108%. Korišćenjem pulsirajućeg električnog polja ostvaruje se povećanje fluksa permeata od 94 do 97,5% uz značajnu uštedu električne energije.

## LITERATURA

- [1] Baker, R.W. 2004. *Membrane Technology and Applications*, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd, England.
- [2] Barros, S.T.D., Andrade, C.M.G., Mendes, E.S., Peres, L. 2003. Study of fouling mechanism in pineapple juice clarification by ultrafiltration, *J. of Membrane Science*, 215: 213 – 224.
- [3] Borneman, Z., Gökmen, V., Nijhuis, H.N. 2001. Selective removal of polyphenols and brown colour in apple juices using PES/PVP membranes in a single ultrafiltration process, *Separation and Purification Tehnology*, 22 – 23: 53 – 61.
- [4] Brajanoski, B., Brajanoski, D. 2004. Nove tehnologije u proizvodnji koncentrisanog soka jabuke, *Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi PTEP*, 87-89.
- [5] Bruijn, J., Bórquez, R. 2006. Analysis of the fouling mechanisms during cross – flow ultrafiltration of apple juice, *LWT – Food Science and Technology*, 39: 861 – 871.
- [6] Carneiro, L., Sa, I.S., Gomes, F.S., Matta, V.M., Cabral, L.M.C. 2002. Cold sterilization and clarification od pineapple juice by tangential microfiltration, *Desalination*, 148: 93 – 98.
- [7] Cassano, A., Conidi, C., Drioli, E. 2011. Clarification and concentration of pomegranate juice (*Punica granatum* L.) using membrane processes, *J. of Food Engineering*, 107: 366 – 373.
- [8] Cassano, A., Conidi, C., Drioli, E. 2010. Physico - chemical parameters of cactus pear (*Opuntia ficus - indica*) juice clarified by microfiltration and ultrafiltration processes, *Desalination*, 250: 1101 – 1104.
- [9] Cassano, A., Conidi, C., Timpone, R., D'Avella, M., Drioli, E. 2007. A membrane – based process for the clarification and the concentration of the cactus pear juice, *Journal of Food Engineering*, 80: 914 – 921.
- [10] Cheryan, M. 1998. *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*, CRS Press, USA.
- [11] Chiang, B.H., Yu, Z.R. 1987. Fouling and flux restoration of ultrafiltration of passion fruit juice, *Journal of Food Science*, 52 [369].
- [12] Destani, F., Cassano, A., Fazio, A., Vincken, J.P., Gabriele, P. 2013. Recovery and concentration of phenolic compounds in blood orange juice by membrane operations, *Journal of Food Engineering*, 117: 263 – 271.
- [13] Domingues, R.C.C., Ramos, A.A., Cardoso, V.L., Reis, M.H.M. 2014. Microfiltration of passion fruit juice using hollow fibre membranes and evaluation of fouling mechanisms, *Journal of Food Engineering*, 121: 73 – 79.
- [14] Emani, S., Uppaluri, R., Purkait, M.K. 2013. Preparation and characterization of low cost ceramic membranes for mosambi juice, *Desalination*, 317: 32 – 49.
- [15] Field, R.W., Pearce, G.K. 2011. Critical sustainable and threshold fluxes for membrane filtration with water industry applicatins, *Adv. Colloid and Interface Science*, 164: 38 – 44.
- [16] Field, R.W., Wu, D., Howell, J.A., Gupta, B.B. 1995. Critical flux concept for microfiltration fouling, *Journal of Membrane Science*, 100 [3]: 259 – 272.
- [17] Fukumoto, L.R., Delaquis, P., Girard, B. 1998. Microfiltration and ultrafiltration ceramic membranes for apple juice clarification, *Journal of Food Science*, 63 [5].
- [18] Girard, B., Fukumoto, L.R. 1999. Apple juice clarification using microfiltration and ultrafiltration polymeric membranes, *Lebensmittel-Wissenschaft & Techn.*, 32: 290 – 298.
- [19] Girard, B., Fukumoto, L.R. 2000. Membrane Processing of fruit juices and beverages: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40[2]: 91 – 157.

- [20] Hakimzadeh, V., Razavi, S., Piroozifard, M., Shahidi, M. 2006. The potential of microfiltration and ultrafiltration process in purification of raw sugar beet juice, *Desalination*, 200: 520 – 522.
- [21] He, Z., Miller, D.J., Kasemset, S., Paul, D.R., Freeman, B.D. 2017. The effect of permeate flux on membrane fouling during microfiltration of oily water, *Journal of Membrane Science*, 525: 25 – 34.
- [22] Hui, Y.H. 2006. *Handbook of fruits and fruit processing*, First edition, Blackwell Publishing Ltd., England.
- [23] Jegatheesan, V., Phong, D.D., Shu, L., Aim, R.B. 2009. Performance of ceramic micro – and ultrafiltration membranes trating limed and partially clarified sugar cane juice, *Journal of Membrane Science*, 327: 69 – 77.
- [24] Jiraratananon, R., Chanachai, A. 1996. A study of fouling in the ultrafiltration of passion fruit juice, *Journal of Membrane Science*, 111: 39 – 48.
- [25] Laorko, A., Li Z., Tongchitpakdee, S., Chantachum, S., Youravong, W. 2010. Effect of membrane property and operating properties and permeate flux during clarification of pineapple juice, *Juornal of Food Engineering*, 100: 514 – 521.
- [26] Laorko, A., Li, Z., Tongchitpakdee, S., Youravong, W. 2011. Effect of gas sparging on flux enhancement and phytochemical properties of clarified pineapple juice by microfiltration, *Separation and Purification Technology*, 80: 445 – 451.
- [27] Mandal, S., Cassano, A., Tasselli, F., De, S. 2011. A generalized model for clarification of fruit juice during ultrafiltration under total recycle and batch mode, *Journal of Membrane Science*, 366: 295 – 303.
- [28] Matta, V. M., Moretti, R. H., Cabral, L. M. C. 2004. Microfiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of acerola juice, *Journal of Food Engineering*, 61: 477 – 482.
- [29] Mulder, M. 2003. *Basic Principles of Membrane Technology*, Kluvwer Academic Publishers, The Nederlands.
- [30] Niketić-Aleksić G. 1988. *Tehnologija voća i povrća*, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [31] Oliveira, R.C., Docê, R.C., Barros, S.T.D. 2012. Clarification of passion fruit juice by microfiltration: Analyses of operating parameters, study of membrane fouling and juice quality, *Journal of Food Engineering*, 111: 432 – 439.
- [32] Pal, S., Ambastha, S., Ghosh, T.B., De, S., DasGupta ,S. 2008. Optical evaluation of deposition thickness and measurement of permeate flux enhancement of simulated fruit juice in presence of turbulence promoters, *Journal of Membrane Science*, 315: 58 – 66.
- [33] Porter, M.C. 1972. Concentration polarization with membrane ultrafiltration, *Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development*, 11 [3]: 234 – 248.
- [34] Rai, P., Majumdar, G.C., Das Gupta, S., De, S. 2007. Effect of various pretreatment methods on permeate flux and quality during ultrafiltration of mosambi juice, *Journal of Food Engineering*, 78: 561 – 568.
- [35] Sarkar, B., DasGupta, S., De, S. 2008. Cross – flow electro – ultrafiltration of mosambi (*Citrus Sinensis* (L.) Osbeck) juice, *Journal of Food Engineering*, 89: 241 – 245.
- [36] Sarkar, B., De, S. 2010. Electric field enhanced gel controlled cross – flow ultrafiltration under turbulent flow conditions, *Separation and Purification Technology*, 74: 73 – 82.
- [37] Snir, R., Koehler, P.E., Sims, K.A., Wicker, L. 1995. pH and cations influence permeability of Marsh Grapefruit pectinesterase on polysulfone ultrafiltration membrane, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43[5]: 1157 – 1162.
- [38] Su, S. K., Liu, J. C., Wiley, R.C. 1993. Cross – flow microfiltration with gas backwash of apple juice, *Journal of Food Science*, 58[3]: 638 – 641.

- [39] Urošević, T., Povrenović, D., Vukosavljević, P., Urošević, I., Stevanović, S. 2017. Recent developments in microfiltration and ultrafiltration of fruit juices, *Food and Bioproducts Processing*, 106: 147 – 161.
- [40] Vaillant, F., Cisse, M., Chaverri, M., Perez, A., Dornier, M., Viquez, F., Dhuique – Mayer, C. 2005. Clarification and concentration of melon juice using membrane processes, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6: 213 – 220.
- [41] Vaillant, F., Pérez, A.M., Acosta, O., Dornier, M. 2008. Turbidity of pulpy fruit juice: A key factor for predicting cross – flow microfiltration performance, *Journal of Membrane Science*, 325: 404 – 412.
- [42] Vasilišin, L., Grubačić, M. 2003. Uticaj različitih načina bistrenja na kvalitet koncentrovanog soka od jabuke, Jugoslovensko voćarstvo, 163-167.
- [43] Vladislavljević, G.T., Vukosavljević, P., Veljović, M.S. 2013. Clarification of red raspberry juice using microfiltration with gas backwashing: A variable strategy to maximize permeate flux and minimize a loss of anthocyanins, *Food and Bioproducts processing*, 91: 473 – 480.
- [44] Vukosavljević, P.V. 2006. Bistrenje soka maline primenom mikrofiltracije i ultrafiltracije, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- [45] Wagner, J. 2001. *Membrane Filtration Handbook, Practical Tips and Hints*, Second edition, Osmonics Inc., USA.
- [46] Wakeman, R.J., Tarleton, E.S. 1987. Membrane fouling prevention in crossflow microfiltration by the use of electric fields, *Chemical Engineering Science*, 42[4]: 829 – 842.
- [47] Yazdanshenas, M., Tabatabaeef – Nezhad, S.A.R., Soltanieh, M., Roostazad, R., Khoshfetrat, A.B. 2010. Contribution of fouling and gel polarization during ultrafiltration of raw apple juice at industrial scale, *Desalination*, 258: 194 – 200.

# **PRIMENA ROTACIONOG AŠOVA PRI OSNOVNOJ OBRADI ZEMLJIŠTA U VIŠEGODIŠNJIM ZASADIMA**

**Milovan Živković<sup>1\*</sup>, Vaso Komnenić<sup>2</sup>, Kosta Gligorević<sup>1</sup>,  
Milan Dražić<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet Beograd-Zemun*

<sup>2</sup> *Visoka Poljoprivredna škola strukovnih studija Šabac u Šapcu*

## **SAŽETAK**

Osnovna obrada zemljišta u višegodišnjim zasadima i pored tendecija zatravljivanja međurednog prostora još uvek je prisutna u agroekološkim Republike Srbije. Razlog za to su aridni klimatski uslovi kao i nepostojanje dovoljnog (optimalnog) broja sistema za navodnjavanje za čije korišćenje su potrebne velike investicije. Mehaničkom obradom zemljišta ostvaruju se određene prednosti u odnosu na postupke zatravljivanja. Te prednosti pre svega se odnose na racionalnim raspolažanjem vlage u zemljištu, sprečavanje razvoja štetnih glodara, bolja aeracija zemljišta kao efikasno unošenje organskih đubriva.

U radu su prikazana uporedna eksplotaciona istraživanja pri obradi zemljišta klasičnim plugom, razrivačem i rotacionim ašovom u višegodišnjim zasadima. Ispitivanjima su bili obuhvaćeni dubina obrade, brzina kretanja, vučni otpor, opterećenje prednjih i zadnjih točkova, učinak i potrošnja goriva.

Rezultati istraživanja pokazuju da pored bolje statičke raspoređenosti opterećenja traktora u radu agregata traktor i rotacioni ašov u odnosu na obradu oranjem i razrivanjem, značajne su i uštede u potrošnji goriva po jedinici površine. Potrošnja goriva kod obrade rotacionim ašovom je manja za oko 17% u odnosu na podrivanje i do 29% u odnosu na oranje klasičnim plugom.

Kao glavni zaključak je konstatovano da u daljim istraživanjima treba analizirati pokazatelje kvaliteta rada navedenih načina obrade. Dosadšnja iskustva pokazuju da rad rotacionog ašova u odnosu na klasični plug ostvaruje slabije prevrtanje plastice i zaoravanje biljnih ostataka.

**Ključne riječi:** *Obrada zemljišta, višegodišnji zasad, traktor, rotaconi ašov, plug, razrivač.*

---

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

Rad je deo istraživanja u okviru projekta «Unapredjenje biotehničkih postupaka racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda, TR 31051, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

# APPLICATION OF A ROTARY HOE IN SOIL TILLAGE OF PERENNIAL PLANTATIONS

Milovan Živković<sup>1</sup>, Vaso Komnenić<sup>2</sup>, Kosta Gligorević<sup>1</sup>,  
Milan Dražić<sup>1</sup>, Ivan Zlatanović<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade, Serbia*  
<sup>2</sup>*Agricultural High School, Šabac, Serbia*

## ABSTRACT

Primary soil tillage in perennial plantations is still present in agro-ecological conditions of Republic of Serbia despite the tendency for grassing the inter-row space. The reasons for this include arid climatic conditions, as well as the lack of an irrigation system requiring great investments. Mechanical soil tillage provides some advantages over the procedures of soil grassing. These advantages primarily relate to the rational distribution of moisture in the soil, prevention of the development of harmful rodents, better aeration of soil as well as an effective application of organic fertilizers.

The paper presents comparative exploitation surveys in soil tillage with a conventional plough, subsoilers and rotary hoes in perennial plantations. The exploitation testing covered determination of working depth, working speed, pulling resistance, front and rear wheel load, performance and fuel consumption.

The results of the survey show that apart of having better tractor static load distribution when it is in aggregate with the rotary hoe, this combination has a potential of lowering the fuel consumption.

This aggregate has 17% lower fuel consumption compared to the subsoiler usage and 29% lower consumption compared to the plough usage.

The main conclusion is that the performance indicators of the working methods described should be analysed in further research. To-date experience shows that the operation of the rotary hoe compared to the standard plough results in lower intensity of the soil mixing and lower intensity of plant residues incorporation in the soil.

**Keywords:** soil cultivation, perennial planting, tractor, rotary hoe, razor plough

## UVOD

Novije tehnologije osnovne obrade zemljišta u višegodišnjim zasadima zasivaju se na racionalnoj potrošnji energije koja ima presudan uticaj na ekonomski efekti voćarske proizvodnje [9]. Intezivna voćarska proizvodnja podrazumeva gajenje velikog broja biljaka na malom prostoru za čije fiziološke potrebe je neophodno obezbediti veliku količinu vlage u zemljištu.

Da bi se obezbedile dovoljne količine vlage u zemljištu koja pripadaju aridnim oblastima neophodno kvalitetna blagovremna osnovna obrada meduredne površine zasada [10]. Osnovna obrada zemljišta ima za cilj da se najpre poboljšaju mehaničke osobine zemljišta i time stvaraju povoljni uslovi za odvijanje fizičkih, hemijskih, bioloških i mikrobioloških procesa [1,6]. Dobre mehaničke osobine zemljišta omogućuju veću akumulaciju vlage u zemljištu kao osnovni preduslov za poboljšanje i ostalih osnovnih tehnoloških osobina zemljišta [2].

Kod klasičnih tehnologija osnovne obrade zemljišta u zasadima veliku primenu imaju raoni plugovi čijim korišćenjem se angažuje velika količina energije, stvara »plužni don« i na nagnutim terenima uzorano zemljište izlaže intezivnoj eroziji.

Kod savremenih tehnologija obrade zemljišta u višegodišnjim zasadima koje podrazumevaju racinalnu upotrebu energije, primena pluga je svedena na minimalnu meru ili je potpuno izostavljen kao oruđe za osnovnu obradu. Takve tehnologije mehaničkom obradom zemljišta u višegodišnjim zasadima imaju za cilj da se zemljište samo izdrobi, rastrese i izmeša bez prevrtanja obrađenog sloja čime se znatno štedi uložena energija. Integriranje više radnih operacija u jednom prohodu doprinosi smanjenju gaženju zemljišta a time i utrošku energije pri obradi [7]. Vek trajanja zasada, veličina prinosa kao i kvalitet plodova, u znatnoj meri uslovljeni su tehnologijom obrade zemljišta [3].

Mnoga istraživanja ukazuju na činjenicu da obrada zemljišta u višegodišnjim zasadima a pogotovu u klasičnim tehnologijama angažuje veliku količinu energije [4,11]. Pravilan izbor i adekvatna uopotreba odgovarajućih traktorsko-mašinskih agregata su osnovni uslov za racionalno korišćenja energije u osnovnoj obradi zeljišta. Poslednjih godina u agrarno razvijenim državama sve više se primnuju razivačka oruđa-čizel plugovi kao i rotacioni ašovi pri osnovnoj obradi zemljišta u višegodišnjim zasadima.

## MATERIJAL I METODE RADA

Proces obrade zemljišta primenom raonih plugova kojim se zemljišna plastica odseca u horizontalnoj ravni ima za štenu posledicu stvaranje veštački nepropusni sloj tzv. »plužni don« ili »taban« pluga. Stvaranje nepropusnog sloja se javlja na teškim zemljištima koja se više godina obavlja oranje na istoj ili približnoj dubini. Njegovo prisustvo u zemljištu sprečava descedentno i ascendentno kreatanje vode u zemljištu što u kišnim periodima uslovljava zabarivanje zemljišta a u sušnim sprečava podizane vlage zemljišta iz dubljih slojeva.

Oranje zahteva veliki utrošak energije što poskupljuje obradu. Uzorano zemljište na nagnutim terenima uzrokuje intezivnije erozione procese.

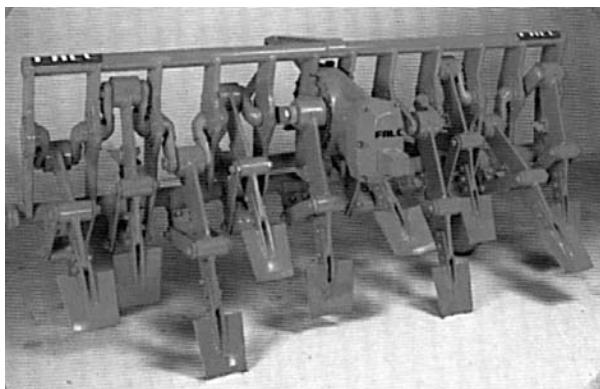
Kod savremenih tehnologijama obrade zemljišta u višegodišnjim zasadima koje podrazumevaju racinalnu upotrebu energije upotrebe pluga je svedena na minimalnu meru, ili je potpuno izostavljen kao oruđe za osnovnu obradu. Takve tehnologije mehaničkom obradom zemljišta u višegodišnjim zasadima imaju za cilj da se zemljište samo izdrobi, rastrese i izmeša bez prevrtanja obrađenog sloja čime se znatno štedi uložena energija. Poslednjih godina u agrarno razvijenim državama sve više se primnuju razivačka oruđa ili čizel plugovi kao i rotacioni ašovi a prestavljaju vrstu priključnih mašina pri osnovnoj obradi u višegodišnjim zasadima.

### Tehnički aspekt primene rotacionog ašova

Prva tehnička rešenja rotacionog ašova su se pojavila 50-ih godina prošlog veka a korišćena su u Holandiji, Engleskoj i Italiji. Ova tehnička rešenja mašina za obradu svrstavana su u tz. rotacione plugove tipa »Rotaspe«. Njihov rad je skoro u potpunosti simulirao rad ručnog ašova tokom obrase zemljišta. Zbog složenosti konstrukcije i čestih kvarova odustalo se od njihove upotrebe.

Tridesetak godina kasnije pojavila se modifikovan tip Rotaspa koje takođe predstavlja traktorsko nošenu priključnu mašinu (sl. 1), sa aktivnim radnim organima. Pogonski traktor tokom rada aggregata, osim nošenja prenosi obrtni moment priključnim vratilom na mehanizam maše (sl. 2).

Radni organi su u obliku ašova vezani krajevima nosača sa zajedničkom kolenastom vratilu koji im u radu prenosi kretanje. Svaki nosač radnog organa sredinom vezan je preko osovinice za mehanizam (u obliku paralelograma) koje omogućuje njegovo sektorsko kretanje.

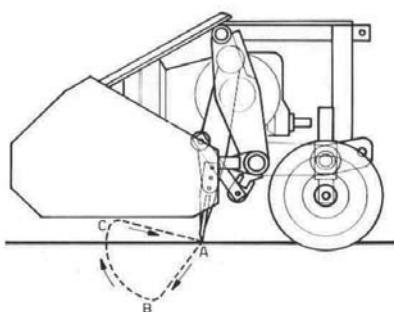


Slika 1. Rotacioni ašov bez obloge  
Figure 1. Rotary hoe without cladding

Kolenasto vratilo dobija pogon iz razvodne kutijе mašine do koje se prenosnim mehanizmom od priključnog vratila traktora prenosi obrtno kretanje. Obrtno kretanje vratila se prenosi na sve radne organe. Ašovi su raspoređeni u vertikalnoj ravni za određeni ugao, čime se omogućuje da u procesu rada imaju određeni raspored zahvata.

Razvodna kutija je veza i prenosnik snage između spojnice i kolenastog vratila sa radnim elementima. Ona je smeštena u centralnom delu rotacionog ašova i omogućava fina podešavanja broja obrtaja kolenastog vratila ašova pri konstantnoj brzini kretanja traktora. Time je omogućeno biranje optimalnog režima obrade i maksimalno iskorišćavanje potencijala celog agregata.

Zavisno od stanja zemljišta mogu se birati različite kombinacije između brzine kretanja traktora, broja obrtaja radilice motora, broja obrtaja kolenastog vratila ašova i dubine obrade.



Slika 2. Putanja kretanja vrha ašova u radu.  
Figure 2. The movement of the peak of the work.



Slika 3. Rešetkasta obloga (rastresač).  
Figure 3 Grid cladding shoulders (raster).

Kružno kretanje preneto od kolenastog vratila i sektorskog mehanizma, saopštavaju određenu kinematiku (putanja ABC) radnog organa (sl. 2) koja je karakteristična za proces rada.

Radni elementi su takvom rasporedu koji omogućava miran i ravnomeren rad. Dva radna elementa nikad ne ulaze istovremeno u zemljište, već se to događa u vrlo malim vremenskim razmacima. Time je izbegnut nagli udar elemenata o zemljište, posebno ako se radi na sabijenom zemljištu. Radni ritam je dobro raspoređen, tako da ne dolazi do uzdužnih vibracija koje bi se prenosile na traktor. Pri radu ovom mašinom prisutno je smenjivanje radnih delova sa desne i leve polovine.

Kolenasto vratilo sa ašovima sa gornje strame može biti pokriven oblogom kao i kod rotosnitilice koja je najčešće rešetkasta (sl. 3). Obloga u obliku rešetke ima ulogu da sitni (rastresa) odbačene komade zemljišta ašovom i u praksi se često naziva rastresač.

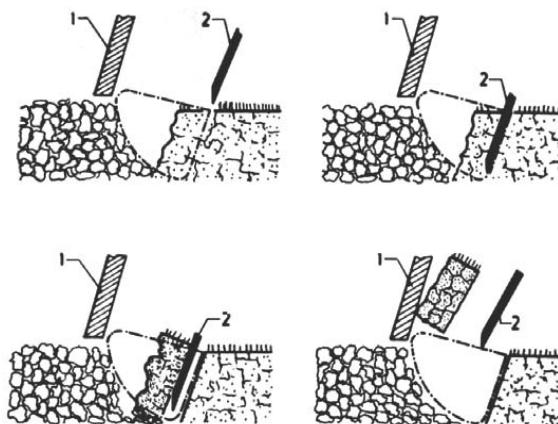
Prilikom rada ašova, plastica se samo odseca bez mrvljenja, tako da tek odbačena, udaranjem o rešetke rastresača, biva razbijena. Rastresač je kruto vezan za ram i postavljen tako da sa podlogom zaklapa ugao od oko  $45^\circ$ . Takav položaj obloge se prepostavlja da bi odbačeni agregati zemljišta udaraju o elemente rastresača pod uglom od  $90^\circ$ . Ugao pod kojim je postavljena rešetka određuje intenzitet dodatnog pojačavanja udarne sile odbačenih komada zemlje.

### Tehnološki proces rada

Rotacioni ašov pri rada u određenoj meri oponaša riljanje zemjita ašovom kao ručnim alatom (sl. 4). Svaki radni organ po određenom rasporedu u procesu rada, zaseca sloj zemljišta, tj. seče ga u vertikalnoj ravni koja je nagnuta za određeni ugao u pravcu kretanja mašine. Zatim, zasečeni sloj (komad) kretanjem ašova unazad otkida se u horizontalnoj ravni.



Slika 4. Rotacioni ašov u radu  
Figure 4. Rotary hoe in operation



Slika 5. Šematski prikaz riljanja: 1-obloga; b-ašov  
Figure 5. Schematic view of the cultivation: 1-coating; b-hoe

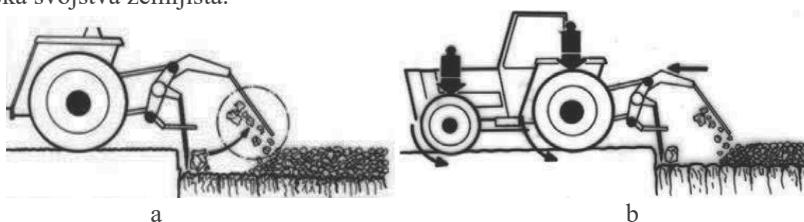
Otkinut komad zemljišta se izdiže i zbog dejstva centrifugalne sile spada sa ašova i udara u oblogu gde se sitni do odeđene mere (sl. 5). Sitnjene zemljišta u obradi sa rotaciom ašovom zavisi: tipa zemljišta i vlažnosti, položaja obloge i broja obrtaja radnog elementa mašine.

Modifikacija u tenološkom procesu rada se ogleda u tome što odsečenu plasticu mašina ne prevrće i ne pakuje kao kod ručnog ašova. Tako funkcionisanj ovih mašina je posledica značajne modifikacije mehanizma Rotaspe, čime je dobijen dosta jednostavan mehanizam i time pouzdanji rad mašine sa neznatno lošijem kvalitetom obrađene površine.

## DISKUSIJA REZULTATA

### Prednosti primene rotacionog ašova

Lomljenje sloja zemljišta u horizontalnoj ravni radom rotacionog ašova ostavlja hrapavu površinu ispod obrađenog sloja (sl. 6 a). Takva površina ima povoljan uticaj na vodni režim i mehanička svojstva zemljišta.



Slika 6. Šematski prikaz rada rotacionog ašova: a) hrapava površina ispod obrađenog sloja; b) raspored vučnih sila agregata.

Figure 6. A schematic diagram of the operation of the rotary hoe: a) rough the surface under the treated layer; b) the arrangement of the pulling forces of the aggregate.

Činjenica da radni organ (ašov) ima kontakt sa zemljištem samo u trenutku zasecanja zemljišta, a da se odvajanje vrši lomljenjem, ističe prednost ovih mašina u odnosu na ostale koje takođe imaju aktivne radne organe (na primer rotositnilice). Pedološke nauke dokazuju

da metalne površine radnih elemenata treba da imaju što manji kontakt sa zemljištem čime se smanjuje kvarenje njegove strukture.

Konstrukcija ove mašine ima dobro izbalansirane radne elemente a naročito sistem rotirajućeg mehanizma pa zbog toga troši relativno malo snage za svoj rad. Sistem rotirajućeg mehanizma ove mašine doprinosi da 50% vučne sile pada na prednje točkove, a 50% na zadnje točkove traktora (sl.6 b).

Pri radu rotacioni ašov stvara pozitivnu silu (gura traktor) koja kombinovana sa dobro balansiranom distribucijom vučnih sila je izuzetno korisna u otežanim uslovima rada (rad na nagibu, suvo i teško zemljište i dr.). Pogon preko priključnog vratila traktora tzv. prinudni pogon omogućava dejstvo radnih elemenata na zemljište i visoku koncentraciju energije za razbijanje i sitnjene zemljišta.

Zemljište obrađeno rotacionim ašovom znatno povećava zapreminu, što dovodi do veće biološke aktivnosti zemljišta. Rotacioni ašov ravnometerno raspoređuje zemljište po celom radnom zahvatu i intezivno ga rastresa tako da se ostvaruje dobra aeracija i ne dolazi do brzog sleganja zemljišta. Obrađena površina zemljišta ostaje ravna, bez sloganova i razota (sl. 7)

Hrapavo i izlomljeno dno brazde je u mogućnosti da akumulira znatno veću količinu vlage. Takva površina je povoljn kod obrade zemljišta podložnog eroziji u kišnom vremenskom periodu ili u humidnim reonima. Rotacioni ašov tokom rada ispod obrađenog sloja zemljišta stvaraju pukotina koje omogućuju dreniranje viška voda u niže horizonte zemljišta u kišnim periodima.

Rotacioni ašovi se mogu primenivati na teškim i raskvašenim terenima (sl. 7). Pored toga uspešno se koriste na kamenitim, zaparivoženim i zemljišta koja se privode kulturi.



Slika 7.  
Rad rotacionog ašova na terenu

Figure 7.  
*Operation of the rotary hoe on the vineyard*



Slika 8.  
Izgled obrađene površine u vinogradu

Figure 8.  
*The appearance of the cultivated area in vineyard*

### Eksplotacioni pokazatelji

Eksplotaciona istraživanja i iskustva u primeni rotacionih ašova zapadnih zemalja u višegodišnjim zasadima su ostvarena komparativno u odnosu na raoni plug i razrivač.

Prikazani podaci o eksplotacionim pokazateljima su preuzeti od italijanskih proizvođača ovih mašina [12]. Osnovni eksplotacioni parametri tri različita agregata u obradi zemljišta prikazani su u tabeli 1.

Tab. 1. Korišćenje vučne sile i raspodela opterećenja traktora u procesu rada, [12]  
 Tab. 1. Use of traction and distribution of tractor load in the process of operation [12]

Pokazatelji / vrsta mašine <i>Indicators / type of machine</i>	Jedinica mere <i>Unit of measure</i>	Plug <i>Plough</i>	Razrivač <i>Chisel plough</i>	Rotacioni ašov <i>Rotary spader</i>
Vučna sila <i>Traction</i> - prednji točkovi <i>front wheels</i> - zadnji točkovi <i>rear wheels</i>	%	35	20	50
Opterećenje <i>Load</i> – - prednji točkovi <i>front wheels</i> - zadnji točkovi <i>rear wheels</i>	/	1/3 2/3	1/4 3/4	1/2 1/2
Broj obrtaja motora <i>Engine speed</i>	s <sup>-1</sup>	30 - 37	37 - 42	23 - 27

Razultati u tabeli 1. pokazuju bolji raspored opterećenja na pogonskoj mašini od strane roracionog ašova. Na osnovu toga omogućeno je jednako iskoristiće vučne sile na prednjim i zadnjim točkovima i sa manjim brojem obrtaja motora. Osnovni parametri rotacionog ašova i ostala dva oruđa prikazani su u tabeli 2.

Tab. 2. Tehničke karakteristike oruđa i rotacionog ašova za obradu zemljišta, [12]  
 Tab. 2. Technical characteristics of tools and rotary hoe for soil processing, [12]

Pokazatelji / vrsta mašine <i>Indicators / type of machine</i>	Jedinica mere <i>Unit of measure</i>	Plug <i>Plough</i>	Razrivač <i>Chisel plough</i>	Rotacioni ašov <i>Rotary spader</i>
Radna širina <i>Working width</i>	m	1,2	2,5	3
Dubina obrade <i>Processing depth</i>	m	0,35	0,35	0,35
Brzina kretanja <i>Speed of movement</i>	km / h	4,2	6,1	1,9
Učinak <i>Effect</i>	ha / h	0,4	1,2	0,45
Potrošnja goriva <i>Fuel consumption</i>	kg/h kg/ha	19,7 34,7	22,3 31,5	15,2 26,75

Analizom rezultata u tabeli 2, može se konststoviti da je utrošak goriva po jedinici obrađene površine najmanji sa rotacionim ašovom. Klasičnom obradom zemljišta primenom pluga za 1 ha, potrebno je 1,29, a razrivačem 1,17 puta više goriva. Značajna razlika u utrošku goriva je delimično i zbog toga što se obradom rotacionim ašovima ne ostvaruje isti stepen prevrtanja plastice i zaoravanje biljnih ostataka. Pored toga, obradom rotacionim ašovom postižu se povoljniji finansijski efekti do 10% u odnosu na ostale načine redukovane obrade kao što je razrivanje. To se objašnjava činjenicom da se proces rada rotacionog ašova zasniva na direktnom prenosu pogonske energije na aktivne radne elemente preko priključnog vratila traktora, čime su izbegnuti gubici koji se javljaju pri obradi priključnim oruđima kao što su plugovi, razrivači, i kultivatori.

## ZAKLJUČAK

Iskustvo u primeni rotacionih ašova u Italiji i drugim zapadnim agrarno razvijenim državama, pokazuju značajne prednosti primene rotacionog ašova u obradi zemljišta kako u višegodišnjim zasadima tako i u oblasti ratarstva i povrтарstva. Obrada se može izvoditi na veoma teškom, vlažnom, kamenitom, zapuštenom i zemljištu gde nije moguće uspešno primeniti neke druge klasične mašine za obradu zemljišta. Nakon obrade zemljište rotacionim ašovom, ostaje ravna površina (bez sloga i razora) i izbegnuta je pojava plužnog "đona". Obrađeno zemljište se lakše drenira što je veoma važno kod teških tipova zemljišta, podložnih zaboravanju u kišnim periodima.

U energetskom kao i ekonomskom smislu postižu se zanačajne uštede kroz smanjnu potrošnju goriva. To je i do 30% manja potrošnja nego kod obrade plugom, uz nešto slabije prevrtanje plastice i zaoravanje biljnih ostataka.

Tokom obrade i rada rotacionog ašova kao priključne mašine, smanjeno je gaženje zemljišta zahvaljujući ravnomernom rasporedu opterećenja na prednje i zadnje točkove pogonske mšine. Pored toga izbegnute su pojave klizanja pogonskih točkova traktora kao i mogućnost savlađivanja većeg nagiba tokom rada agregata.

U daljim istraživanjima neophodna su temeljnija i potpunija istraživanja pokazatelja kvaliteta navedenih načina obrade, čime bi se definisao uticaj različitog stepena prevrtanja plastice kao zaoravanje biljnih ostataka.

## LITERATURA

- [1] Arvidsson, J., Keller, T., Gustafsson, Karin. 2004. *Specific draught for mouldboard plough, chiselplough and disc harrow at different water contents*, Soil & Tillage Research 79, 221–231.
- [2] Ćorović, R. 2001. Osnove fizike zemljišta, udžbenik, Poljoprivredni fakultet Beograd
- [3] Đević, M., Novaković, D., Veličković, M., Mileusnić, Z. 2001. *Energetski pokazateli rada traktorsko-mašinskih agregata za obradu u visokointenzivnim voćnjacima*, Jugoslovensko voćarstvo, Vol. 35. br.157-165, Beograd.
- [4] Đukić, N. 2004. Mogućnosti uštede energije kod obrade voćnjaka i vinograda, revija Agronomsaka saznanja, br. 6, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, str. 3-6.
- [5] Güclü Yavuzcana, H., Matthiesb, D., Auernhammer, H. 2005. *Vulnerability of Bavarian silty loam soil to compaction under heavy wheel traffic: impacts of tillage method and soil water content*, Soil & Tillage Research 84, 200–215.
- [6] Krull, E.S., Skjemstad, J.O., Baldock, J.A. 2004. Functions of soil organic matter and the effect on soil properties. Report GRDC Project No: CSO 00029, pp. 107.
- [7] Živković M., Urošević M., Komnenić V. 1995. Mogućnosti obrade zemljišta i unošenje mineralnih đubriva u vinogradima, Poljotehnika, br. 5-6, Poljoprivredni fakultet Beograd, str. 45-48.
- [8] Živković, M., Radivojević, D., Urošević, M. Dražić Dragana 2006. Izbor TMA za duboku obradu zemljišta pri podizanju višegodišnjih zasada, Poljoprivredna tehnika, XXXI br. 2, Poljoprivredni fakultet Beograd, str. 55-61.
- [9] Živković, M., Urošević, M., Dražić Dragana, Radivojević, D. 2009. Aspekti obrade zemljišta u višegodišnjim zasadima, Poljoprivredna tehnika, godina XXXIV, broj 3, Poljoprivredni fakultet Beograd, str. 65-69.

- [10] Živković, M., Urošević, M., Komnenić, V. 2010. Eksplotacioni pokazatelji rada traktorsko-mašinskog agregata za osnovnu obradu zemljišta u višegodišnjim zasadima, Poljoprivredna tehnika, godina XXXV, broj 3, Poljoprivredni fakultet Beograd, str. 85-93.
- [11] Živković, M., Urošević, M., Komnenić, V. 2013). WORKING PARAMETERS OF THE TRACTOR-MACHINERY TILLAGE SYSTEMS IN FRUIT PLANTATIONS, The First International Symposium on Agricultural Engineering, PROCEEDINGS ISBN: 978-86-7834-179-3. Belgrade-Serbija, pages 41-50.



*Naučni skup su pomogli:*

---

*Scientific conference is supported by:*





**Задрžnji savez Србије**  
је национална асоцијација земљорадничких задруга,  
основана далеке 1895. године -  
члан и оснивач Међународног задрžног савеза (ICA).

#### Делатност Задрžног савеза Србије:

- ❖ пружа стручну помоћ при оснивању и пословању задруга;
- ❖ сарађује са покрајинским и окружним задрžним савезима и координира њихов рад;
- ❖ сарађује са државним институцијама приликом доношења прописа и мера економске и аграрне политike;
- ❖ организује такмичење у пољoprивредној производњи и додељује признања;
- ❖ спроводи задрžну ревизију;
- ❖ сарађује са научним, стручним и образовним институцијама; одлучује о располагању имовине која преостане после престанка рада задруга и задрžних савеза;
- ❖ обавља друге послове од интереса и значаја за рад оснивача.

#### ЗАДРЖНИ 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.org.rs

ПИБ: 100156150 МАТИЧНИ БРОЈ: 07019297

ТЕКУЋИ РАЧУН: 205-2566-53, Комерцијална банка Београд



**Poljoprivredna škola sa domom učenika Valjevo**



**Poljoprivredno-veterinarska škola sa domom  
učenika „Svilajnac”**



ПОЉАВЕВНА ШКОЛА СА ДОМОМ УЧЕНИКА  
"ЉУБО МИЋИЋ"  
ПОЖЕГА

**Poljoprivredna škola sa domom učenika  
„Ljubo Mićić“, Požega**



**Poljoprivredna škola sa domom učenika  
„Sonja Marinković“ Požarevac**



**Srednja poljoprivredno prehrambena škola  
Sombor**



**Srednja škola „Sveti Trifun“ sa domom učenika  
Aleksandrovac**



**Poljoprivredno-hemijska škola – Obrenovac**



## KITE d.o.o. Novi Sad

Osnovnu delatnost kompanije KITE d.o.o. čine prodaja i servis poljoprivredne mehanizacije, motornih ulja, trgovina semenima, merkantilnom robom, mineralnim hranivima, sredstvima za zaštitu bilja i snadbevanje originalnim rezervnim delovima.

Prodajni program kompanije KITE d.o.o. čine lideri kvaliteta svetskog tržišta:

**JOHN DEERE, JCB, KUHN, ALPEGO, RM, DEGENHART, GRASDORF, GERINGHOFF, LKT, ZAGO**

**GEA EEC Serbia**

**Pravi izbor!**

#

Savetovanje prilikom planiranja i tehnološko projektovanje farme



Pouzdani servis



Saveti za kvalitetno i profitabilno vodjenje farme



Proizvodi za održavanje higijene



Sistemi za mužu – robotizovani i klasični



Sistem za upravljanje stadom



Automatska ishrana



Hlađenje i skladištenje mleka



Kompletna štalska oprema



Oprema za menadžment stajnjaka



engineering for  
a better world

**Sve iz jedne ruke**

**GEA EEC Serbia d.o.o.**

Ulica: Konstantina Jovanovića 10, 11080 Zemun

Telefon 011/4053-618

Luka Bjeletić: 064/827-58-03

Goran Uglješić: 064/827-58-13

Rade Rakita: 064/827-58-07

[www.gea.com](http://www.gea.com)

Najprodavaniji u klasi!

MADE IN UK.



**Model T6050**  
**126 KS**



**Model T6080**  
**155 KS**



**Model T7060**  
**210 KS**

 NEW HOLLAND  
AGRICULTURE



**Model TD5.95**  
**99 KS**

**Model TD5.105**  
**107 KS**



**Model TD5.115**  
**115 KS**

MADE IN ITALY.



### KUBOTA PRIKLJUČNE MAŠINE (proizvedene u KVERNELAND fabrikama)



 **MILUROVIĆ  
KOMERC**

BEOGRADSKA 32; 11277 UGRINOVCI

TEL: 011 / 8409-528, 011 / 8409-810

 **DAL-BO**

 **SAE**

 **CREINA d.d.  
JYMPA**

 **AEDES**  
MAĐARSKI KOMERCIJALNI LANIMACHINIFI

KUBOTA TRAKTORI, PLUGOVI, TANJIRAČE, SETVOSPREMAČI, RAZRIVAČI, PODRIVAČI, TEŠKE DRLJAČE, KEMBRIDž VALJCI, SEJALICE, PRSKALICE, CISTERNE, PRIKOLICE, PRESE, MOTALICE... MAŠINE ZA VOĆNJAKE I VINOGRADE: ATOMIZERI, KOSAČICE, MULČERI, VILUŠKARI, KULTIVATORI, MAŠINE ZA REZIDBU... KOMUNALNE MAŠINE, KUBOTA SAMOHODNE KOSAČICE....

# LIVONA<sup>D</sup>O O



NOVA TEHNOLOGIJA  
ZA VEĆI PROFIT



## TRIMBLE GFX-750 NOVI GNSS NAVIGATOR

LIVONA d.o.o. - Bežanijskih ilegalaca 8 - 11070 Novi Beograd - Tel: 011 7181-277, 3015-884 - [www.livona.rs](http://www.livona.rs) - [info@livona.rs](mailto:info@livona.rs)



### Trimble GFX-750

Novi napredni navigator  
sa podrškom za ISOBUS  
tehnologiju!

#### Ključne osobine:

- Android OS
- Ecran 25,6 cm (10,1")
- NAV-900 kontroler
- Unapređeni GNSS
- ISOBUS kompatibilan
- Integrirana kamera sa podrškom za spoljnu kameru
- Laka prenosivost između mašina



# Inter Agrar

Inter-Agrar Srb d.o.o.

Međunarodni put 165, Čenej, ☎ 021/714-366  
[www.inter-agrar.com](http://www.inter-agrar.com)

Inter Agrar

Srem: 062 782 208

Severni Banat: 062 782 288

Južni Banat: 063 589 772

Bačka: 062 782 272



**FENDT**



**VALTRA**



**AMAZONE**





**Adresa:** Bulevar Vojvode Mišića 14  
11040 Beograd, Srbija  
**Telefon:** 011 3615360

**SOKO-BOM**  
[www.soko-bom.com](http://www.soko-bom.com)

# 2110

- 110 KS, 4 CILINDRA, MOTOR EURO STAGE III A
- 24 BRZINA ZA HOD UNAPRED I 24 BRZINA ZA HOD UNAZAD
- TURBO / INTERKULER

PLODNOŠT  
NA VAŠOJ NJIVI



BASAK

110

110

110

ODLIČAN DIZAJN



UDOBLJENA VOŽNJA



VISOKE  
PERFORMANSE



NISKA POTROŠNJA  
GORIVA



DISTRIBUTIVNA MREŽA



OVLAŠĆENI UVOZNIK,  
DISTRIBUTER, I SERVISER



#### KONTAKT TELEFONI:

##### REGION BAČKA

062/886-22-24  
Nenad Drljača

##### REGION BANAT

062/886-22-28  
Ivan Petrov

##### REGION SREM

062/886-22-42  
Mile Tepić

##### REGION SRBIJA

062/886-22-07  
Miloš Novaković

BULEVAR VOJVODE STEPE 22, 21000 NOVI SAD  
[WWW.RTI.RS](http://WWW.RTI.RS)      [WWW.FACEBOOK/RTIDOO](http://WWW.FACEBOOK/RTIDOO)

# **BOIZOP**

poljoprivredna mehanizacija



Stojana Novakovića 31; 21000 Novi Sad  
Tel./fax. +381 (0)21 6396 255; mob. +381 (0)63 499 387  
[www.boizop.rs](http://www.boizop.rs); e-mail: [boizop@sezampro.rs](mailto:boizop@sezampro.rs)



[www.tehnocontrol.co.rs](http://www.tehnocontrol.co.rs)



**TEHNOCONTROL**

SRBIJA, 21000 Novi Sad, Ticanova 14

021/6310-333 • 069/33-56-846 • [tehnocontrol@sbb.rs](mailto:tehnocontrol@sbb.rs)

## TEHNIČKI PREGLED PRSKALICA I ATOMIZERA!

Generalni zastupnik, prodavac i ovlašćeni serviser  
mernih uređaja za ispitivanje mašina za zaštitu bilja

aams·salvarani

- ISPITIVANJE U SKLADU SA  
EVROPSKIM STANDARDOM EN13790
- KONTROLA MANOMETARA
- KONTROLA PUMPE
- KONTROLA RASPRSKIVAČA
- KONTROLA RAVNOMERNOSTI RADA I  
RASPODELE TEČNOSTI NA PRSKALICI
- PRODAJA MERNIH UREĐAJA

**LED RASVETA  
PRSKALICE**



REZERVNI DELOVI ZA PRSKALICE: DIZNE, SITA, NOSAČI, MEMBRANE, MANOMETRI...



## PRODAJA REZERVNIH DELOVA I ULJA ZA TRAKTORE, KOMBAJNE I OSTALE POLJOPRIVREDNE MAŠINE

John Deere, Claas, Case, NH, Steyr



ULJA I MAZIVA



Dragi ljubitelji voćnih vina,  
Izuzetno nam je drago što možemo  
da Vam predstavimo naše voćno vino  
„Nezaboravna berba“.



„Nezaboravna berba“  
je na tržištu, trenutno, jedino  
voćno vino sa imenom i dušom.

Po otvaranju flaše oko vas počinje  
da se širi miris voća,  
a već prilikom prvog  
gutljaja osetiće ukus  
„Prirode u boci“  
što je ujedno i nas slogan.



Prilikom degustacije, ukus našeg  
aperitivnog ili desertnog vina,  
osvojiće i zaklete ljubitelje,  
prelepog, vina od grožđa,  
a njegov buke Vas prosto  
osvaja na prvi gutljaj.



Posle višedeničke tradicije naših predaka u  
pravljenju vina na starinski način,  
odlučili smo da taj čaroban ukus tradicije  
čuvan u najstrožoj tajnosti,  
podelimo sa vama.



Recept se prenosio sa kolena na koleno,  
sa oca na sina.

Tajni sastojak znala je samo najstarija osoba u kući,  
kako bi se smanjila mogućnost,  
njegovog razotkrivanja.

Spojili smo tradiciju i savremenu tehnologiju.



„Nezaboravna berba“ je spoj  
kupine, višnje, bobica zove i meda.

Pravi se od 100% voća,  
bez: aditiva, aroma, veštačkih boja i konzervansa.  
Naše vino je pasterizovano.

Mali procenat alkohola od oko 4% nam  
omogućava da imamo mnogo veći broj  
ljubitelja ovog napitka sa zdravom notom.

Sedište firme:  
Radnička br.39  
11030 Beograd  
+381 63 256 054  
Aleksić Boban  
[boban.aleksic@makeart.rs](mailto:boban.aleksic@makeart.rs)

Proizvodni pogon:  
Baričkih boraca br.11  
11504 Barać  
+381 64 86 65 311  
Ranković Branko  
[branko.rankovic@makeart.rs](mailto:branko.rankovic@makeart.rs)



Diskaste rotacione kosačice



radni zahvat: 1,30 - 3,20 m

Rotacioni sakupljači sena



radni zahvat: 3,00 - 4,60 m

Rasturači sena



radni zahvat: 4,00 - 6,00 m

Rotacione drljače



radni zahvat: 2,00 - 3,00 m

Pomerljive freze



radni zahvat: 1,05 - 2,05 m

Rotacione freze



radni zahvat: 1,40 - 2,80 m

Univerzalni mulčari



radni zahvat: 2,30 - 3,00 m

Bočni mulčari



radni zahvat: 1,10 - 2,30 m

Laki mulčari



radni zahvat: 1,10 - 1,50 m

Mulčari za voćarstvo



radni zahvat: 1,10 - 2,00 m

Mulčari za ratarstvo



radni zahvat: 1,60 - 5,60 m

Daske za sneg



radni zahvat: 2,00 - 2,50 m

Motokultivatori



6KS  
8KS  
10KS  
12,5KS

Samohodna motokosacičica



6KS  
7KS

Motokopacice



5,5KS  
6KS

FPM AGROMEHANIKA, Boljevac, Srbija

tel: +381 30 463 444, fax: +381 30 463 455, info@fpm-agromehanika.rs



**ITN**  
GROUP

Savremena dostignuća i  
inovativne mašine za  
vrhunske rezultate u poljoprivredi



**KRONE**

**MANITOU**

**GRIMME**

**JOSKIN**

**BOURGOIN**

PMC Harvesters

**KONCSKILDE**

**B&L**



MASSEY FERGUSON

ITN GROUP Beograd, Autoput za NS 96, Zemun; tel: +381 11 4414900; [www.itn.rs](http://www.itn.rs) e-mail: [agrotech@itn.rs](mailto:agrotech@itn.rs)

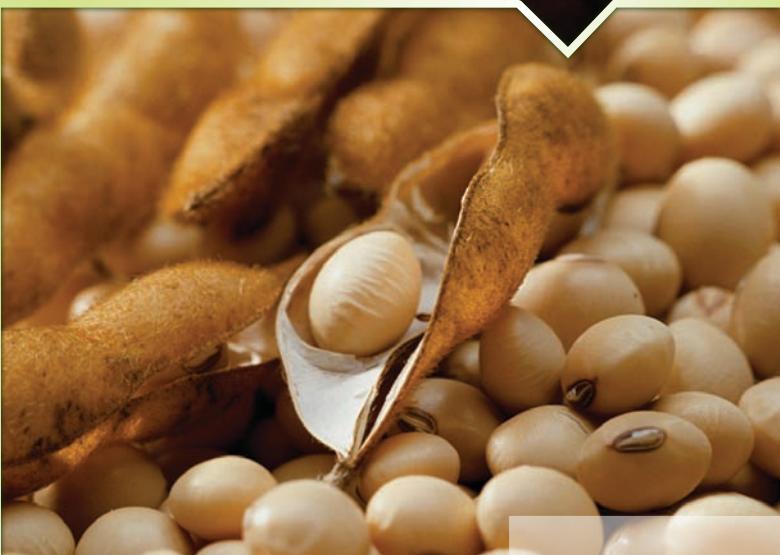
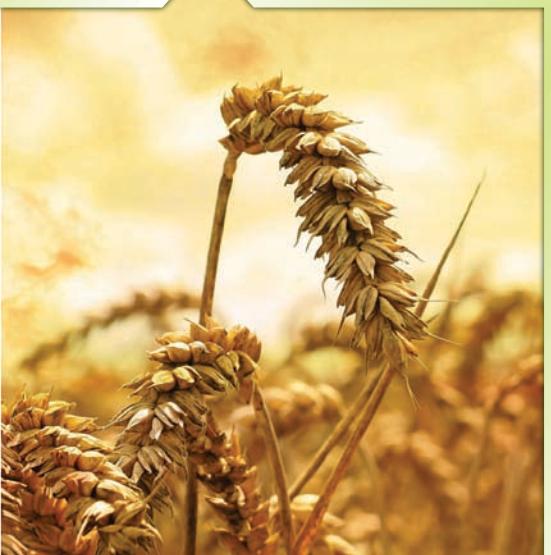




ИНСТИТУТ ЗА КУКУРУЗ  
„ЗЕМУН ПОЉЕ“  
БЕОГРАД - ЗЕМУН



принос  
за понос



Телефони: централа 011/3756-704; комерцијала 011/3754-955; маркетинг 011/3756-705  
[www.mrzp.rs](http://www.mrzp.rs)

## PRECIZNA POLJOPRIVREDA

tehnički sistemi za rasipanje mineralnih đubriva,  
zaštitu bilja, obradu zemljišta i setvu



AMAZONE-Regionalno predstavništvo  
Bulevar Jaše Tomića 5/10, Novi Sad  
e-mail: [amazone@eunet.rs](mailto:amazone@eunet.rs)  
telefon: +381 63 244 192



**AMAZONE**