

ISSN 0554-5587
UDK 631 (059)

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

AGRICULTURAL ENGINEERING

НАУЧНИ ЧАСОПИС
SCIENTIFIC JOURNAL



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ, ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ,
ИНСТИТУТ ЗА ПОЉОПРИВРЕДНУ ТЕХНИКУ
UNIVERSITY OF BELGRADE, FACULTY OF AGRICULTURE,
INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING



Година XXXVI Број 3, децембар 2011.
Year XXXVI, No. 3, December 2011.

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА
AGRICULTURAL ENGINEERING

Издавач (Publisher)

Универзитет у Београду, Польопривредни факултет, Институт за польопривредну технику,
Београд-Земун

University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun

Уредништво часописа (Editorial board)**Главни и одговорни уредник (Editor in Chief)**

др Горан Тописировић, професор, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет

Уредници (National Editors)

др Марија Тодоровић, професор, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет
др Ањелко Бајкин, професор, Универзитет у Новом Саду, Польопривредни факултет
др Михо Ољача, професор, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет
др Милан Мартинов, професор, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука
др Душан Радивојевић, професор, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет
др Раде Радојевић, професор, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет
др Мирко Урошевић, професор, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет
др Стева Божић, професор, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет
др Драгиша Раичевић, професор, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет
др Ђуро Ерцеговић, професор, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет
др Букан Вукић, професор, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет
др Милован Живковић, професор, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет
др Драган Петровић, професор, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет
др Зоран Милеуснић, доцент, Универзитет у Београду, Польопривредни факултет
др Милан Вељић, професор, Универзитет у Београду, Машички факултет
др Драган Марковић, професор, Универзитет у Београду, Машички факултет
др Саша Бараћ, професор, Универзитет у Приштини, Польопривредни факултет, Лешак
др Небојша Станимировић, професор, Универзитет у Приштини, Польопривредни факултет, Зубин поток
др Предраг Петровић, Институт "Кирило Савић", Београд
дипл. инг. Драган Милутиновић, ИМТ, Београд

Инострани уредници (International Editors)

Professor Peter Schulze Lammers, Ph.D., Institut fur Landtechnik, Universitat, Bonn, Germany
Professor Andras Fekete, Ph.D., Faculty of Food Science, SzE University, Budapest, Hungary
Professor László Magó, Ph.D., Hungarian Institute of Agricultural Engineering Gödollo, Hungary
Professor Victor Ros, Ph.D., Technical University of Cluj-Napoca, Romania
Professor Sindir Kamil Okyay, Ph.D., Ege University, Faculty of Agriculture, Bornova - Izmir, Turkey
Professor Stavros Vougioukas, Ph.D., Aristotle University of Tessaloniki
Professor Nicolay Mihailov, Ph.D., University of Rousse, Faculty of Electrical Engineering, Bulgaria
Professor Silvio Košutić, Ph.D., University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Croatia
Professor Selim Škaljić, Ph.D., University of Sarajevo, Faculty of Agriculture, Bosnia and Herzegovina
Professor Dragi Tanevski, Ph.D., "Ss. Cyril and Methodius" University in Skopje, Faculty of Agriculture, Macedonia
Professor Zoran Dimitrovski, Ph.D., University "Goce Delčev", Faculty of Agriculture, Štip, Macedonia

Контакт подаци уредништва (Contact)

11080 Београд-Земун, Немањина 6, п. фах 127, тел. (011)2194-606, 2199-621, факс: 3163-317, 2193-659, e-mail: gogi@agrif.bg.ac.rs , жиро рачун: 840-1872666-79.

11080 Belgrade-Zemun, str. Nemanjina No. 6, Po. box: 127, Tel. 2194-606, 2199-621, fax: 3163-317, 2193-659, e-mail: gogi@agrif.bg.ac.rs , Account: 840-1872666-79

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

НАУЧНИ ЧАСОПИС

**AGRICULTURAL ENGINEERING
SCIENTIFIC JOURNAL**

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ, ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ,
ИНСТИТУТ ЗА ПОЉОПРИВРЕДНУ ТЕХНИКУ
UNIVERSITY OF BELGRADE, FACULTY OF AGRICULTURE,
INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING

WEB адреса

<http://www.agrif.bg.ac.rs/publications/index/pt>

Издавачки савет (*Editorial Council*)

Проф. др Јоцо Мићић, Проф. др Властимир Новаковић, Проф. др Марија Тодоровић,
Проф. др Ратко Николић, Проф. др Милош Тешић, Проф. др Божидар Јачинац,
Проф. др Драгољуб Обрадовић, Проф. др Драган Рудић, Проф. др Милан Тошић,
Проф. др Петар Ненић

Техничка припрема (*Technical editor*)

Иван Спасојевић, Пољопривредни факултет, Београд

Лектор и коректура: (*Proofreader*)

Гордана Јовић

Превод: (*Translation*)

Данијела Ђорђевић, Весна Ивановић

Штампа (*Printed by*)

"Академска издања" – Земун
Часопис излази четири пута годишње

Тираж (*Circulation*)

350 примерака

Pretplata za 2012 godinu iznosi 2000 dinara za institucije, 500 dinara za pojedince i 100 dinara za studente po svakom broju časopisa.

Радови објављени у овом часопису индексирани су у базама (*Abstracting and Indexing*):

AGRIS i SCIndeks

Издавање часописа помогло (*Publication supported by*)

Министарство просвете и науке Републике Србије

Na osnovu mišljenja Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije po rešenju br. 413-00-606/96-01 od 24. 12. 1996. godine, časopis POLJOPRIVREDNA TEHNIKA je oslobođen plaćanja poreza na promet robe na malo.

РЕЧ УРЕДНИКА

Часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА, у својој мисији, односно, доприносу информацији и афирмацији области механизације пољопривреде, у укупном тиражу од четири броја 2011. године приказује радове који представљају резултате досадашњих истраживања наших сталних и нових сарадника. У нади да ће се заједница аутора који објављују своје радове у нашем часопису и даље ширити, унапређујући његов квалитет на обострано задовољство, овом приликом се свима захваљујем.

Укупни обим часописа обухвата 48 радова из области пољопривредне технике, који се могу груписати по тематским областима од генералног развоја, информационих технологија, погонских јединица, обраде земљишта, сетье и неге гајених биљака, убирања и транспорта, као и интензивног гајења и обновљивих извора енергије. Неравномерност у структури заступљености поједињих тема може имати исходиште у смислу сугерисања тематских скупова у наредном периоду, пре свега када се имају у виду актуелни моменти у стварању пословног амбијента у пољопривреди сходно процесима европских интеграција, међународних споразума и значајних извозних могућности наше пољопривредне производње. Овоме свакако треба додати неопходност истицања тема од националног значаја, пре свега када је у питању: пословање водним ресурсима, механизација сточарске производње и развој и примена технолошко-техничких система складишно дистрибутивних центара као генералног доприноса организацији малих пољопривредних производиођача, тржишно атрактивних сировина и при томе стварању амбијента већег степена финализације примарне производње. У наредном периоду истраживачи би требали да се оријентишу и на афирмацију обновљивих извора енергије базираних на могућностима остваривим у примарној пољопривредној производњи. У том смислу било би веома корисно објединити и усмерити истраживачке иницијативе свих релевантних институција наше земље.

Поред тога, наглашава се значајно учешће аутора из иностранства у доприносу размене информација на међународном нивоу.

Посебно се чињеница да је значајан број радова резултат научно-истраживачких пројеката финансиралих од стране Владе Републике Србије у категорији националних, технолошких и иновационих пројеката.

Захваљујући се ауторима радова, мора се нагласити да се у наредном периоду, обзиром на наведено, очекују шири и разноврснији садржаји доприноса стручњака пољопривредне технике, у реализацији мисије часописа и афирмацији струке.

Проф. др Горан Тописировић

POVODOM 40. ROĐENDANA NAŠEG INSTITUTA

Odsek za Poljoprivrednu tehniku Poljoprivrednog fakulteta u Beogradu, formiran je odlukom Nastavno-naučnog veća Fakulteta školske 1971/72. Dotadašnja „Grupa za mehanizaciju poljoprivrede“ prerasta u nastavni Odsek „Mehanizacija poljoprivrede“. Godine 1989. Odsek dobija novi naziv „Održavanje i eksploracije mehanizacije u poljoprivredi“, a 1998. godine, sadašnji naziv „Odsek za poljoprivrednu tehniku“.

Za rad i razvoj Odseka usko je vezano i osnivanje Instituta.

Godine 1970/71 na našem Fakultetu se formira 9 Instituta. Jedan od njih je „Institut za mehanizaciju i racionalizaciju rada u poljoprivredi“. U okviru Instituta formirane su 4 katedre: Katedra za poljoprivredne mašine, Katedra za fiziku i matematiku, Katedra za organizaciju i racionalizaciju rada i Katedra za narodnu odbranu. Reorganizacijom Fakulteta, Katedra za organizaciju i racionalizaciju rada je prerasla u Institut za agroekonomiju. Novom reorganizacijom Fakulteta 1973. godine Institut dobija sadašnji naziv „Institut za poljoprivrednu tehniku“.

U proteklih 40 godina Institut je prolazio kroz više razvojnih faza. Posle početnih problema usledila je dinamična aktivnost zahvaljujući entuzijazmu zaposlenih, ali i značajnoj pomoći Fakulteta i šire zajednice.

Intenzivna saradnja sa proizvodnim i srodnim institucijama doprinosi da Odsek obrazuje veliki broj diplomiranih inženjera za mehanizaciju poljoprivrede. Paralelno se odvija i nastava na poslediplomskim studijama i izradi doktorskih disertacija.

Odsek sačinjavaju tri katedre: Katedra za mehanizaciju poljoprivrede, Katedra za matematiku i fiziku i Katedra za tehničke nauke.

Naučno-istraživački rad na Institutu efikasno utiče na unapređenje nastavnog procesa. Razvoj se ogleda u vrlo značajnom poboljšanju nastavne kadrovske strukture. Obrazovanje mlađih kvalitetnih nastavnika je obeležje ovog perioda, kao i značajan broj diplomiranih inženjera, magistara i doktora nauka.

Delatnosti Instituta prate kretanja u društvu i potrebe proizvodnih delatnosti. U tom smislu se održava kontinuitet na usavršavanju nastavnog plana Odseka koji se prilagođava potrebama održavanja i eksploracije mehanizacije u poljoprivredi. Dostignuta tehnička i organizaciona opremljenost Instituta, kao i kadrovska struktura u funkciji su daljeg razvoja.

Ovaj značajni i dragoceni jubilej kruniše još jednu fazu u razvoju i usavršavanju Instituta. Rezultate uloženog rada u tom periodu baštiniće nastupajuće generacije nastavnika i saradnika Instituta.

Tradicija i pouzdane osnove postoje, a nadamo se i jasna vizija budućnosti. Pored mnogo zdravlja i uspeha u godinama koje dolaze, želimo da Institut za poljoprivrednu tehniku nastavi čvrstim korakom u susret narastajućim i varljivim izazovima XXI veka.

Do sledećeg jubileja.

*Uredništvo i saradnici časopisa
„Poljoprivredna tehnika“*

S A D R Ž A J

ENERGETSKA EFIKASNOST ASINHRONIH MOTORA U POLJOPRIVREDI Đukan Vukić, Branko Radičević, Nenad Floranović, Milan Kocić.....	1-9
ANALIZA POTREBNIH KARAKTERISTIKA POGONSKOG MOTORA POLJOPRIVREDNOG TRANSPORTERA Boris Stojić, Ferenc Časnji, Aleksandar Poznić.....	11-18
ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ И ДИГИТАЛНА КОМУНИКАЦИЈА ФАЗНО РЕГУЛИСАНИХ ИСПРАВЉАЧА ЗА ИНДУСТРИЈСКЕ СИСТЕМЕ БЕСПРЕКИДНОГ НАПАЈАЊА Владимир Вукић.....	19-28
AUTONOMNI SISTEM ZA PRAĆENJE RADA REZERVOARA KOJI SU BEZ NAPAJANJA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM Predrag Pejić, Nenad Floranović, Đukan R. Vukić, Zoran P. Stajić.....	29-38
SISTEM CENTRALIZOVANOG UPRAVLJANJA PUMPNIM STANICAMA U SISTEMIMA VODOSNABDEVANJA Zoran P. Stajić, Milan Kocić, Aleksandar Janjić, Danijela Stajić.....	39-49
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE U FUNKCIJI RAZVOJA POLJOPRIVREDNE TEHNIKE Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Dragoljub Radonjić, Jasna Glišović.....	51-58
EKSPLOATACIONI POKAZATELJI TMA ZA DOPUNSKU OBRADU ZEMLJIŠTA U VIŠEGODIŠNJIM ZASADIMA Milovan Živković, Vaso Komenić, Mirko Urošević, Dragoljub Mitrović.....	59-67
PRILOG ODREĐIVANJU EKONOMIČNOSTI TREŠENJA VIŠANJA I ŠLJIVA Dragan Z. Živković, Milan M. Veljić.....	69-78
OPRAVDANOST UVODENJA MEHANIZOVANE BERBE MALINE U SRBIJI Mirko Urošević, Rade Radojević, Dragan Petrović, Milica Bižić.....	79-86
RACIONALIZACIJA TRANSPORTA JABUKA IZ VOĆNJAKA Mirko Urošević, Milovan Živković, Radomir Manojlović.....	87-92
MATEMATIČKA INTERPRETACIJA PARAMETARA VIBRACIONOG DODAVAČA VOĆA PO MODELU MASA-OPRUGA-PRIGUŠIVAČ Dragan Marković, Milan Veljić, Vojislav Simonović, Ivana Marković.....	93-98
EKSPLOATACIONI PARAMETRI VUČENOG KOMBAJNA ZA BERBU GROŽĐA „ VOLENTIERI VG 2000/2TA“ Radomir Manojlović, Dragoljub Mitrović, Ivan Bulatović, Mirko Urošević, Milovan Živković.....	99-108
PRIMENA GIS U PROCENI TOPOGRAFSKIH I HEMIJSKIH PARAMETARA POGODNOSTI ZA UZGOJ VINOVE LOZE Zoran Dinić, Veljko Perović, Goran Topisirović, Dragan Čakmak.....	109-118

C O N T E N T S

ENERGY EFFICIENCY OF INDUCTION MOTORS IN AGRICULTURE Đukan Vukić, Branko Radičević, Nenad Floranović, Milan Kocić.....	1-9
ANALYSIS OF REQUIRED CHARACTERISTICS OF AN AGRICULTURAL TRANSPORTER PRIME MOVER Boris Stojić, Ferenc Časnji, Aleksandar Poznić.....	11-18
POWER EFFICIENCY AND DIGITAL COMMUNICATION OF PHASE-CONTROLLED RECTIFIERS FOR INDUSTRIAL UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY SYSTEMS Vladimir Vukić.....	19-28
AUTONOMOUS SYSTEM FOR RESERVOIR MONITORING WITHOUT DISTRIBUTION NETWORK POWER SUPPLY Predrag Pejić, Nenad Floranović, Đukan R. Vukić, Zoran P. Stajić.....	29-38
PUMP STATION CENTRALIZED MANAGEMENT IN WATER SUPPLY SYSTEMS Zoran P. Stajić, Aleksandar Janić, Milan Kocić, Danijela Stajić.....	39-49
INFORMATION TECHNOLOGIES IN FUNCTION OF AGRICULTURAL TECHNIQUE DEVELOPMENT Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Dragoljub Radonjić, Jasna Glišović.....	51-58
EXPLOITATION INDICATORS OF TMA FOR ADDITIONAL SOIL TILLAGE IN ORCHARDS Milovan Živković, Mirko Urošević, Vaso Komnenić, Dragoljub Mitrović.....	59-67
A CONTRIBUTION TO DETERMINING THE ECONOMY SOUR CHERRY AND PLUM SHAKING Dragan Z. Živković, Milan M. Veljić.....	69-78
JUSTIFICATION FOR THE INTRODUCTION OF MECHANIZED HARVESTING RASPBERRY IN SERBIA Mirko Urošević, Rade Radojević, Dragan Petrović, Milica Bižić.....	79-86
RATIONALIZATION OF APPLE TRANSPORT FROM ORCHARD Mirko Urošević, Milovan Živković, Radomir Manojlović.....	87-92
MATHEMATICAL INTERPRETATION PARAMETERS OF DOZATOR FOR FRUITS ON THE BASE OF SPRING-MASS-DAMPER SYSTEM Dragan Marković, Milan Veljić, Vojislav Simonović, Ivana Marković.....	93-98
OPERATING PARAMETERS OF DRAGGED COMBINES „VOLENTIERI VG 2000/2TA“ FOR GRAPEVINE HARVESTING Radomir Manojlović, Dragoljub Mitrović, Ivan Bulatović, Mirko Urošević, Milovan Živković.....	99-108
GIS APPLICATION IN EVALUATION OF TOPOGRAPHIC AND CHEMICAL PARAMETERS FOR SUITABILITY OF GROWING GRAPE VINES Zoran Dinić, Veljko Perović, Dragan Čakmak, Goran Topisirović.....	109-118



UDK: 631.621.314

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

ENERGETSKA EFIKASNOST ASINHRONIH MOTORA U POLJOPRIVREDI

Đukan Vukić^{1*}, Branko Radičević¹, Nenad Floranović², Milan Kocić²

¹*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet-Institut za poljoprivrednu tehniku,
Beograd-Zemun*

²*Istraživačko-razvojni centar ALFATEC, Niš*

Sažetak: U radu je ukazano na neke mogućnosti povećanja energetske efikasnosti asinhronih električnih motora sa posebnim osvrtom na primenu i energetsku efikasnost u oblasti poljoprivredne proizvodnje. Najvažnije mere koje u tom smislu treba preduzeti su: primena energetski efikasnih asinhronih motora, pravilan izbor motora po snazi, zamena starih motora niskog stepena korisnog dejstva, podešavanje vrednosti napona napajanja, kompenzacija reaktivne energije i optimizacija regulisanih elektromotornih pogona sa asinhronim motorima.

Ključne reči: *asinhroni motor, energetska efikasnost, električna energija, gubici, stepen korisnog dejstva*

UVOD

Asinhroni električni motori, koji se izvode kao trofazni i jednofazni, predstavljaju najrasprostranjeniji električni motor i oni su danas najveći potrošači električne energije. Pogoni sa asinhronim motorima troše između 35% i 40% od celokupne proizvedene električne energije, tako da oni predstavljaju jednu od najznačajnijih oblasti za uštedu električne energije, [1]. I u oblasti poljoprivredne proizvodnje asinhroni motori imaju

*Kontakt autor: Đukan Vukić, Nemanjina 6, 11080 Beograd-Zemun.
E-mail: vukied@agrif.bg.ac.rs

Rad je rezultat istraživanja u okviru sledećih projekta: 1) „Unapređenje biotehnoloških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda“, TR-31051, i 2) „Razvoj novih informaciono-komunikacionih tehnologija, korišćenjem naprednih matematičkih metoda, sa primenama u medicini, telekomunikacijama, energetici, zaštiti nacionalne baštine i obrazovanju“, III-44006, koje finasira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

značajnu primenu, tako da je i to oblast gde se povećanjem energetske efikasnosti mogu ostvariti značajne uštede električne energije, [2].

Sve do sredine 1970-tih godina glavni zahtev pri projektovanju asinhronih motora bio je da se postignu minimalni troškovi materijala i izrade motora. Sa rastom cene električne energije kriterijum optimalnosti postaje minimum ukupnih troškova u koje su pored proizvodnih troškova uključeni i godišnji troškovi za gubitke aktivne električne energije, a ponekad i troškovi reaktivne električne energije.

Prvo su u SAD, sa ciljem da ukupni troškovi budu najmanji, propisane minimalne vrednosti stepena korisnog dejstva za motore snage 1-150 kW. U periodu od 1995. do 2000. godine i u Evropi je preovladao stav da je nužno preći na primenu motora koji imaju što manje gubitke, tj. na proizvodnju energetski efikasnih asinhronih motora, a ne motora čija je cena što manja. Kao rezultat toga usvojen je Internacionalni standard IEC 60034-30, [3].

Pri definisanju energetskih klasa u novom Internacionalnom standardu su definisane klase IE1 (standard efficiency), IE2 (high efficiency) i IE3 (premium efficiency). U SAD su već danas najviše zastupljeni motori klase IE2. Zastupljenost motora više energetske klase u Evropi je manje, jer su i promene u tom smislu počele kasnije. Međutim, u narednom periodu doći će do značajnih promena, u skladu sa Direktivom 2005/35/EC, [4]. To će dovesti do toga da će motori veće energetske efikasnosti početi sve više da se primenjuju i u zemljama gde primena tih motora nije obavezna, kao što je to sada slučaj i u Srbiji.

Povećanje energetske efikasnosti pogona sa asinhronim motorima ne postiže se samo upotrebom energetski efikasnih asinhronih motora, već se postiže i primenom niza mera koje pre svega utiču na smanjenje troškova električne energije, ali i energetske efikasnosti komplettnog elektromotornog pogona i njegovih komponenti u celini. Naravno, najvažniji, ali ne i jedini parametar energetske efikasnosti je utrošak i optimizacija troškova električne energije, pošto analize pokazuju da utrošena električna energija čini više od 96% ukupnih troškova, dok cena motora učestvuje samo sa 3%, a troškovi održavanja oko 1%.

Veliki doprinos unapređenju poljoprivredne proizvodnje, odnosno povećanju prinosa po jedinici površine i povećanju produktivnosti rada sa što nižom cenom proizvodnje daje primena savremenih tehničkih sredstava pomoću kojih se vrši mehanizacija poljoprivredne proizvodnje. Primena električnih motora u tom smislu ima značajnu ulogu.

Električni motori nalaze veliku primenu u skoro svim oblastima poljoprivrede. S obzirom na velike prednosti električnih motora u odnosu na motore sa unutrašnjim sagorevanjem (tehničke, ekonomске, kvalitativne), oni se gde je god to moguće u poljoprivredi, koriste kao uređaji za proizvodnju mehaničkog rada.

Najvažnije oblasti poljoprivredne proizvodnje u kojima električni motori nalaze primenu su: snabdevanja imanja vodom, transport na ekonomskom dvorištu, obrada zemlje, melioracije i navodnjavanje, ratarstvo, stočarstvo, priprema stočne hrane, mlekarstvo, prehrambena tehnologija, vinogradarstvo i voćarstvo, sistemi za hlađenje i održavanje odgovarajuće mikro klime, radionice i remontne organizacije poljoprivrednih mašina i dr., [5].

Imajući u vidu karakteristike radnih mašina u poljoprivredi pokazuje se da su za primenu u poljoprivredi ubedljivo najpogodniji asinhroni motori sa kaveznim rotorom čije snage najčešće iznose od 10 kW, a ređe do 50 kW. Na svakom poljoprivrednom

imanju srednje veličine instalirano je više stotina asinhronih motora, tako da je neophodno posebnu pažnju obratiti na povećanje energetske efikasnosti primenjenih asinhronih motora, kako postojećih motora, tako i motora u okviru novih elektromotornih pogona.

MATERIJAL I METOD RADA

Asinhroni motor je sa strane statora priključen na električnu mrežu iz koje uzima električnu snagu $P_1 = qUI \cos \varphi$ (utrošena snaga). Rotor je mehanički spregnut sa radnom mašinom kojoj predaje korisnu mehaničku snagu P , slika 1.

Razlika između utrošene električne snage P_1 i korisne mehaničke snage P jednaka je ukupnim gubicima $\sum P_\gamma$ koji se javljaju u motoru i koji se sastoje od električnih, magnetnih i mehaničkih gubitaka, odnosno od gubitaka u bakru, gubitaka u gvožđu i gubitaka usled trenja i ventilacije, [6], [7]:

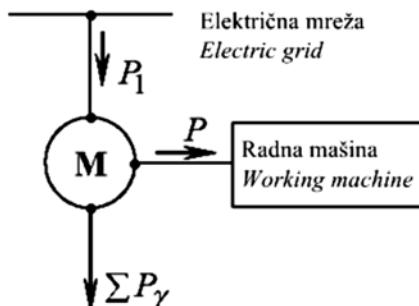
$$\sum P_\gamma = P_1 - P = P_{\gamma el} + P_{\gamma mag} + P_{\gamma meh} \quad (1)$$

Takođe, važe sledeće jednačine:

$$\sum P_\gamma = P_{Cu} + P_{Fe1} + P_{fv} \quad (2)$$

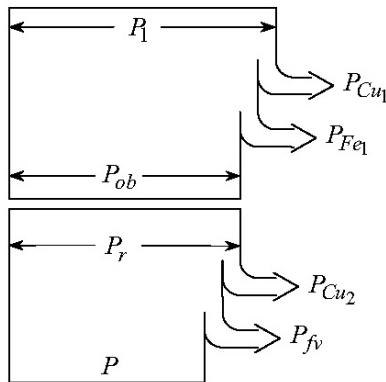
$$\sum P_\gamma = P_{Cu1} + P_{Cu2} + P_{Fe1} + P_{fv} \quad (3)$$

gde su: P_{Cu1} i P_{Cu2} gubici u bakru statora i rotora, P_{Fe1} gubici u gvožđu statora i P_{fv} gubici usled trenja i ventilacije. Gubici u gvožđu rotora su zanemarljivo mali, [8].



Slika 1. Principijelna šema asinhronog motora
Figure 1. Principal scheme of an asynchronous motor

Tok od utrošene do korisne snage asinhronog motora prikazan je energetskim bilansom na slici 2.



Slika 2. Energetski bilans asinhronog motora
Figure 2. The energy balance of an asynchronous motor

Odnos snaga P i P_1 definiše stepen korisnog dejstva asinhronog motora:

$$\eta = \frac{P}{P_1} = \frac{P}{P + \sum P_\gamma} \quad (4)$$

koji se kreće u granicama od 0,75 do 0,95 u zavisnosti od snage motora. Sa porastom nominalne snage motora povećava se stepen korisnog dejstva, [6].

Gubici u bakru statora i rotora (električni gubici) srazmerni su kvadratu odgovarajuće struje, a gubici u gvožđu statora (magnetični gubici) kvadratu napona. Te činjenice ukazuju na pravac u kome treba delovati da bi se ti gubici smanjili.

Asinhroni motor je induktivni potrošač što znači da pri radu uzima iz mreže pored aktivne i reaktivnu snagu. Odnos tih snaga definisan je faktorom snage $\cos\varphi$. Struja koju trofazni asinhroni motor pri nekoj snazi opterećenja P uzima iz mreže jeste:

$$I = \frac{P}{\eta\sqrt{3}U \cos\varphi} \quad (5)$$

To znači da će za istu korisnu snagu snagu P motor uzimati iz mreže utoliko manju struju što je faktor snage $\cos\varphi$ veći. Minimalna struja se ima za $\cos\varphi = 1$. Pošto su električni gubici srazmerni sa kvadratom struje to se povećanjem faktora snage, pored ostalog, značajno smanjuje ta vrsta gubitaka.

Povećanje faktora snage na optimalnu vrednost postiže se kompenzacijom reaktivne snage i to pomoću kondenzatora koji se vezuju paralelno sa motorom na način prikazan na slici 3.

Sa aspekta vrednosti faktora snage koji se podešava kompenzacija može biti totalna ($\cos\varphi = 1$) ili delimična ($\cos\varphi = 0,9-0,95$), a u zavisnosti od toga da li se kompenzacija vrši za jedan ili za više motora, pojedinačna ili grupna, [6], [11].

Pri delimičnoj kompenzaciji, ukoliko motor ima faktor snage $\cos\varphi$, a kompenzacijom se želi dobiti faktor snage $\cos\varphi_M$, ($\cos\varphi_M < 1$), kondenzatori vraćaju reaktivnu energiju:

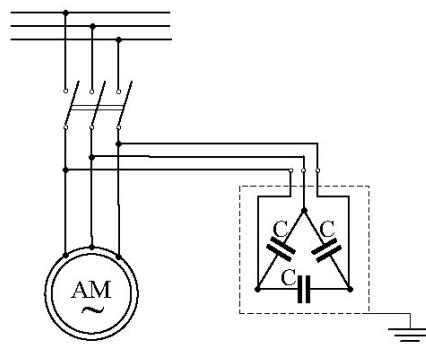
$$Q_c = Q - Q_M = P_1 (\tg\varphi - \tg\varphi_M) = kP_1 \quad (6)$$

pri čemu je $Q = P_1 \tg\varphi$ reaktivna snaga koja se iz mreže uzima pre kompenzacije, a $Q_M = P_1 \tg\varphi_M$ reaktivna snaga koja se iz mreže uzima nakon kompenzacije. Koeficijent K iznosi:

$$K = \tg\varphi - \tg\varphi_M = \frac{\sin(\varphi - \varphi_M)}{\cos\varphi \cos\varphi_M} \quad (7)$$

Kompenzacijom reaktivne energije postižu se sledeći efekti, od opštег i posebnog interesa:

1. Racionalno korišćenje elektroenergetskih izvora;
2. Smanjenje gubitaka u mreži;
3. Smanjenje padova napona;
4. Smanjenje utroška električne energije i povećanje energetske efikasnosti motora;
5. Povoljniji obračun troškova električne energije.



Slika 3. Kompenzacija reaktivne snage asinhronog motora
Figure 3. Reactive power compensation for an asynchronous motor

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Povećanje energetske efikasnosti asinhronih motora u poljoprivredi i prehrambenim tehnologijama moguće je primenom nekoliko mera i postupaka u okviru njihove eksploracije.

Asinhroni motori, samo zbog greške u izboru snage, često rade sa niskim stepenom korisnog dejstva. Prema istraživanjima iz [1] srednja vrednost opterećenja za motore snage od 1–100 kW je oko 70 %. Slična situacija je i u poljoprivrednoj proizvodnji. Predimenzionisan motor je skuplji za 50–100%. Utrošena aktivna snaga se malo menja (1%), ali je zato reaktivna snaga povećana čak za 50–70%. Povećani troškovi za reaktivnu energiju detaljno su razmotreni i analizirani u [1]. Ti troškovi premašuju cenu motora.

Dilema koja se javlja pri kvaru nekog asinhronog motora jeste da li taj motor premotavati ili kupiti novi motor. Pokazuje se da motori posle premotavanja imaju povećane gubitke snage od 10–30%, što dovodi do smanjenja stepena iskorišćenja za 1–3%. Troškovi remonta i premotavanja motora snage ispod 15 kW, koji su inače masovno zastupljeni u poljoprivrednoj proizvodnji, su često veći od nabavke odgovarajućeg novog motora. Zato je tada najekonomičnije rešenje nabaviti novi motor odgovarajuće nominalne snage više energetske klase. Veliki broj starih motora je predimenzionisan pa je moguće izabrati motor manje nominalne snage. To je naravno neophodno tačno utvrditi dodatnom analizom gde obavezno treba uzeti u obzir i podatak koliko iznosi časovno iskorišćenje datog motora u toku godine.

Kvalitet napona napajanja asinhronog motora definiše se ispunjavanjem propisanih kriterijuma u pogledu:

1. Vrednosti napona (dozvoljena odstupanja su u granicama $U_n \pm 5\%$);
2. Dozvoljena nesimetrija napona, koja treba da je manja od 2%;
3. Dozvoljena harmonijska distorzija napona.

Vrednost napona napajanja ima značajan uticaj na stepen iskorišćenja i faktor snage motora, pa prema tome i na aktivne i reaktivne gubitke i utrošak energije, [6], [9]. Taj uticaj, za razliku od drugih potrošača, npr. termičkih, je različit u zavisnosti od strukture motora po vrsti, veličini i stepenu opterećenosti ($p = P/P_n$). Kod motora manjih snaga taj uticaj je veći.

Kada su u pitanju neregulisani električni pogoni asinhronog motora, a takav je najveći broj u poljoprivrednoj proizvodnji, primenom mere podešavanja vrednosti napona u mreži potrošača u dozvoljenim granicama $\pm 5\%$ mogu se postići značajne uštede koje se ogledaju u smanjenju gubitaka aktivne snage i potrošnji reaktivne energije u motorima i napojnim vodovima. Prema [1] za niskonaponske motore snage 1–300 kW mogu se ostvariti uštede u potrošnji aktivne energije u iznosu 0,5–2%, a u potrošnji reaktivne energije čak 12–20%.

Kod neregulisanih elektromotornih pogona sa asinhronim motorima, pored postupaka podešavanja napona napajanja, uštede u potrošnji električne energije mogu se ostvariti i promenom vrste sprege motora, tj. prebacivanjem iz sprege trougao u spregu zvezda, za slučaj kada je opterećenje motora značajno manje od nominalnog [$P \leq (0,3-0,4)P_n$]. Tada je fazni napon smanjen sa $U_f = U_n$ na $U_f = 0,577U_n$, pa su smanjeni gubici u motoru i reaktivna snaga, [6].

Nesimetrija napona napajanja se najčešće javlja zbog prisustva velikih i monofaznih potrošača i nesimetričnog opterećenja pojedinih faza mreže, što je naročito izraženo u seoskim uslovima i manjim poljoprivrednim gazdinstvima. Kao posledica nesimetričnog napona napajanja, javlja se više negativnih efekata koji utiču na rad asinhronih motora koji se napajaju iz takve mreže. Ti efekti se ogledaju u sledećem:

1. Smanjuje se maksimalni i polazni momenat motora, jer se pored direktnе javlja i inverzna komponenta momenta;
2. Povećava se klizanje zbog čega se povećavaju gubici u kolu rotora i potrošnja električne energije;
3. Povećavaju se gubici u gvožđu rotora, jer je i inverzna učestalost rotora dvostruko veća od učestalosti statora;
4. Smanjuje se stepen korisnog dejstva i povećava zagrevanje motora.

Ovi efekti su utoliko izraženiji što je veći stepen nesimetrije. Zato je neophodno da dozvoljeni stepen nesimetrije napona uvek bude u granicama određenim propisom.

Nesinusoidalni oblik napona napajanja asinhronog motora javlja se ili u slučaju kada se motor napaja preko pretvarača promenljive učestalosti u cilju regulisanja brzine ili zbog postojanja drugih nelinearnih potrošača ili pretvarača koji se napajaju iz te mreže. U tom slučaju, u talasnem obliku napona napajanja motora pored osnovnog javljaju se i viši vremenski harmonici koji negativno utiču na rad motora, uključujući i pojavu dodatnih gubitaka, [10]. Prema propisu dozvoljena harmonijska distorzija napona je $THD_u \leq 3\text{-}8\%$ (viša vrednost u mreži nižih napona).

Zahtevi za primenom regulisanih asinhronih motora u poljoprivredi javljaju se u slučajevima kada oni služe za pokretanje ventilatora i pumpi većih snaga, [11], [12]. Pokazuje se da je regulacijom protoka fluida (vazduh, voda) i upravljanjem brzine pogonskog asinhronog motora promenom učestalosti napona napajanja moguće postići značajne uštede u potrošnji energije. Te uštede mogu dostići 30–50% u odnosu na druge vidove regulisanja protoka fluida (ventili, prigušivači, podešavanja lopatica i sl.). Pri tome je za svaki konkretan slučaj potrebno izvršiti odgovarajuću tehnokonomsku analizu, pre svega zbog relativno visokih cena pretvarača za regulisanje brzine.

Visoke uštede električne energije regulisanjem brzine posebno se mogu ostvariti u pogonima sa delimično opterećenim motorima. Npr. za smanjenje brzine ventilatora sa 100% na 50% utrošena snaga motora opada sa 100% na 12,5%. Drugim rečima, kada puna ventilacija nije neophodna znatno je ekonomičnije smanjiti brzinu nego da motor radi sa punim brojem obrtaja, a da se protok vazduha prigušuje pomoću ventila u vazdušnom kanalu, kako bi se smanjila prekomerna ventilacija, [13]-[15].

ZAKLJUČAK

Električni motori su jedan od najvećih potrošača električne energije u poljoprivredi. Zato je neophodno preuzimanje mera za povećanje energetske efikasnosti pogona sa asinhronim motorima u toj oblasti i postizavanje što veće uštede utrošene električne energije. Te mere se mogu podeliti u tri grupe. U prvu grupu spada proizvodnja energetski efikasnih asinhronih motora klase IE1, IE2 i IE3. Drugu grupu čine mere za unapređenje energetske efikasnosti asinhronih motora tokom eksploracije, što se često

naziva energetskim menadžmentom motora. U te mere spada pravilan izbor motora po snazi, bolje održavanje, zamena starih motora niskog stepena korisnog dejstva, poboljšanje kvaliteta napona napajanja motora, izbor optimalne vrednosti napona napajanja u intervalu koji je dozvoljen po propisu, kompenzacija reaktivne energije i primena regulisanih asinhronih motora. Treća grupa mera se odnosi na povećanje energetske efikasnosti kompletnog elektromotornog pogona i tu spada optimizacija pogona i izbor efikasnih mehaničkih sistema.

Primenom navedenih mera iz druge i treće grupe može se ostvariti ušteda električne energije u električnim pogonima sa asinhronim motorima u poljoprivredi u iznosu od 5 do 8%. Većom primenom energetski efikasnih asinhronih motora taj procenat će se značajno povećati.

LITERATURA

- [1] Kostić, M., 2010. *Povećanje energetske efikasnosti elektromotora u pogonima*, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd, Srbija
- [2] Vukić, Đ., 1995. *Pogonske mašine u poljoprivredi – Elektromotori u poljoprivredi*, Poljoprivredni fakultet, Beograd, Srbija
- [3] IEC 60034-30 Ed 1, 2008. *Rotating electrical machines – Part 30: Efficiency Classes of single speed three-phase cage induction motors* – Edition 1.0, Geneva, Switzerland
- [4] Direktiva 2005/32/EC, 2005. Commission for the European Communities with regard to ecodesign requirements for electric motors and their variable speed drives, Brussels, Belgium
- [5] Vukić, Đ., 1994. *Primena i eksploatacija kaveznih asinhronih motora u poljoprivredi*, Poljotehnicka, br. 2, Beograd, Srbija, pp. 46-49.
- [6] Vukić, Đ., 2011. *Električni motori*, Visoka škola elektrotehnike i računarstva, Beograd, Srbija
- [7] Vukić, Đ., 1996. *Elektrotehnika*, Naučna knjiga, Beograd, Srbija
- [8] Vukić, Đ., Stajić, Z., Radić, P., 2004. *Asinhrone mašine – zbirka zadataka*, Akadembska misao, Beograd, Srbija
- [9] Kostić, M., 1997. *Uticaj napona u mreži na opterećenja i potrošnju električne energije*, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd, Srbija
- [10] Vukić, Đ., 1985. *Uticaj vremenskih harmonika na rad asinhronog motora*, Elektrotehnika, br. 12, Beograd, Srbija, pp. 11E-13E
- [11] Hindmarsh, J., 1994. *Electrical Machines and Their Applications*, Pergamon Press, Oxford, England
- [12] Vukić, Đ., 1994. *Poluprovodničko regulisanje brzine asinhronog kavezognog motora*, Poljotehnicka, br. 3, Beograd, Srbija, pp. 38-41.
- [13] EuP Lot 11, 2008. *Water Pumps (in commercial buildings, drinking water pumping food industry and agriculture)*, Report to European Commission, Dideot, UK
- [14] Radić, M., Nikolić, D., Stajić, Z., Vukić, Đ., 2005. *Praktičan primer poređenja energetske efikasnosti malih pumpnih stanica*, Poljoprivredna tehnika, br. 2, Beograd, Srbija, pp. 43-53.
- [15] Vukić, Đ., Stajić, Z., Ercegović, Đ., 1998. *Optimizacija elektromotornog pogona pumpi sa asinhronim motorima*, Poljoprivredna tehnika, br. 2, Beograd, Srbija, pp. 65-77.

ENERGY EFFICIENCY OF INDUCTION MOTORS IN AGRICULTURE

Dukan Vukić¹, Branko Radičević¹, Nenad Floranović², Milan Kocić²

¹*University of Belgrade, Faculty of Agriculture-Institute of Agricultural Technology, Belgrade-Zemun, ²Research and Development Center ALFATEC, Niš*

Abstract: The paper points to some possibilities for increasing the energy efficiency of asynchronous electric motors with special emphasis on the use and energy efficiency in agricultural production. The most important measures in this regard should be taken are: the application of energy-efficient induction motors, selection of motors based on electric power, replacing the old motors with low level of efficiency, setting the value of supply voltage, reactive power compensation and optimization of regulated electric drives with induction motors.

Key words: *asynchronous motor, energy efficiency, electricity, the losses, the degree of efficiency*

Datum prijema rukopisa: 28.10.2011.

Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 04.11.2011.

Datum prihvatanja rada: 05.11.2011.



UDK: 631.3

Originalni naučni rad
Original scientific paper

ANALIZA POTREBNIH KARAKTERISTIKA POGONSKOG MOTORA POLJOPRIVREDNOG TRANSPORTERA

Boris Stojić*, Ferenc Časnji, Aleksandar Poznić

*Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za mehanizaciju i
konstrukciono mašinstvo, Novi Sad*

Sažetak: U zavisnosti od uslova transporta, upotreba lakog poljoprivrednog transportnog vozila može predstavljati povoljniju alternativu upotrebi konvencionalnih načina transporta u poljoprivredi, odnosno traktora sa prikolicom ili teretnog vozila. Ovim putem moguće je postići doprinos povećanju energetske efikasnosti, poboljšanju zaštite zemljišta, efikasnijem obavljanju transportnih operacija i sl. U ovom radu analizira se razvoj poljoprivrednog transporterera pre svega sa stanovišta potrebnih karakteristika pogonskog motora. Razmatrane su potrebne performanse sa aspekta vučno-brzinskih pokazatelja, ali i drugih relevantnih parametara. Potrebna snaga pogonskog motora treba da bude bliska intervalu od 25-35 kW. Konačan izbor motora koji će biti korišćen treba izvršiti na osnovu tehničko-ekonomске analize izvedenih rešenja raspoloživih na tržištu.

Ključne reči: poljoprivreda, transport, vozilo, razvoj, pogonski motor

UVOD

U poljoprivrednom transportu dominantnu ulogu danas, kao i u dosadašnjem periodu, ima upotreba traktora sa prikolicom. U pojedinim situacijama, međutim, opravdano je koristiti vozila manjeg kapaciteta, posebno razvijena i prilagođena lakom poljoprivrednom transportu. U slučaju prevoza ograničenih količina materijala, zamena traktora lakisim transportnim vozilom doprinosi smanjenju potrošnje goriva i emisije štetnih gasova. Time se takođe daje doprinos povećanju bezbednosti saobraćaja smanjenjem zastupljenosti teške poljoprivredne mehanizacije u javnom saobraćaju.

* Kontakt autor: Boris Stojić, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad.
E-mail: bstojic@uns.ac.rs

Ovaj rad je realizovan u okviru Projekta TR-31046 "Unapređenje kvaliteta traktora i mobilnih sistema u cilju povećanja konkurentnosti, očuvanja zemljišta i životne sredine" finansiranog od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Ovakvo vozilo, dalje, zbog kompaktne konstrukcije ostvaruje bolje manevarske sposobnosti, a ravnomernija raspodela težine na točkovima omogućava bolje propulzivne karakteristike i zaštitu poljoprivrednog zemljišta.

Potrebe za postojanjem alternativnog vozila za potrebe lakog poljoprivrednog transporta i pojedinih agrotehničkih operacija trenutno se ogledaju u upotrebi lakih terenskih četvorocikala i univerzalnih radnih vozila za ove aktivnosti. Pored ovih vrsta vozila, u upotrebi su već duže vreme i posebni namenski poljoprivredni transporteri, koji su doduše nešto slabije zastupljeni, što se može pripisati visoko specifičnim konstruktivnim parametrima. Ovaj rad se bavi razvojem novog koncepta vozila iz kategorije poljoprivrednih transporterata, koje može biti opremljeno dodatnim funkcionalnostima za obavljanje određenih operacija, a može biti korišćeno i za transportne poslove van poljoprivrede, npr. u komunalnim službama i sl.. U početnoj fazi razvoja potrebno je prvo izabrati pogonski motor na osnovu tehničkih i eksploracionih uslova, da bi dalje na osnovu izabranog motora mogli da se izaberu i dimenziioni ostali mehanički sklopovi vozila. Stoga će u radu biti analiziran razvoj vozila pre svega sa stanovišta potrebnih karakteristika pogonskog motora, u funkciji predviđenih uslova upotrebe. S obzirom na složenost postupka razvoja, njegovi drugi aspekti kao što su izbor generalnog koncepta vozila, njegovih sklopova i komponenata, radnih modula itd. biće razmatrani u drugim publikacijama.

MATERIJAL I METOD RADA

U radu su korišćeni standardni metodi inžinjerskih proračuna iz odgovarajućih disciplina, kao i upotreba podataka iz relevantnih tehničkih publikacija.

REZULTATI I STRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Proračun potrebnih performansi pogonskog motora

Radi sticanja orijentacije o potrebnim performansama motora potrebno je izvršiti okvirni proračun snage potrebne za savladavanje otpora kretanja u nekim karakterističnim uslovima rada. Analizom generalnog koncepta vozila i uslova upotrebe (tretiranoj u okviru druge publikacije), došlo se do zaključka da je iz razloga pojednostavljenja sertifikacije vozila i smanjenja kriterijuma vezanih za potrebnu kategoriju vozačke dozvole korisnika preporučljivo da maksimalna brzina kretanja vozila ne prelazi 45 km h^{-1} , u kom slučaju se ono kategorizuje kao radna mašina. S obzirom na to da se za ovaj red veličine brzina kretanja aerodinamička dejstva mogu zanemariti, u transportnom režimu (tj. bez dejstva otpora radnog organa) na vozilo deluju sledeći otpori:

- otpor kotrljanja točkova, F_f
- otpor uspona, F_α
- otpor inercije, F_{IN}

Otpor kotrljanja F_f na podlozi sa uzdužnim nagibom pod uglom α može se, kao što je poznato, odrediti prema obrascu:

$$F_f = f \cdot G \cdot \cos\alpha \quad (1)$$

gde je f – koeficijent otpora kotrljanja, a G tekuća vrednost težine vozila.

Otpor uspona, F_α , izračunava se prema obrascu:

$$F_\alpha = G \cdot \sin\alpha \quad (2)$$

Otpor inercije F_{IN} merodavan je pri razmatranju parametara zaleta. Kod analize parametara ubrzanja, uobičajeno je vrednovanje karakteristika vozila na osnovu kriterijuma kao što su vreme odnosno put zaleta. Stoga ovde neće biti direktno analiziran otpor ubrzanja, već će, prema pojednostavljenom postupku, biti doneta procena vremena zaleta do određene brzine na osnovu snage pogonskog motora. Prema [1], vreme zaleta može se orijentaciono proceniti na osnovu maksimalne snage motora koristeći sledeći pristup, polazeći od bilansa snage:

$$dE_K = P_a \cdot dt \quad (3)$$

gde je: dE_K – elementarni priraštaj kinetičke energije, P_a – snaga koja stoji na raspolažanju za ubrzavanje na osnovu "viška" vučne sile (tj. razlike između pogonske sile na točku i otpora kretanja), dt – elementarni vremenski interval;

Prema predloženom pristupu, proces ubrzavanja analizira se tako da se usvoji pojednostavljenje prema kojem snaga P_a tokom ubrzanja ima konstantnu vrednost, $P_a = P_{SR} = \text{const}$; radi daljeg pojednostavljenja proračuna, usvaja se $P_{SR} = P_{MAX} / 2$, gde je P_{MAX} – maksimalna snaga motora.

U datom izvoru navode se podaci prema kojima predloženi pristup, iako vrlo aproksimativan, pokazuje visok stepen slaganja sa stvarnim parametrima zaleta izvedenih vozila, pa se može smatrati prikladnim za donošenje orijentacionih procena karakteristika zaleta. Uvrštavanjem navedenih pojednostavljenja u izraz (3), posmatrajući ubrzavanje vozila od $v=0$ do $v=v_{MAX}$, može se napisati:

$$m \cdot v_{MAX}^2 \approx P_{MAX} \cdot T_Z \quad (4)$$

gde je: m – masa vozila. Iz obrasca (4) može se približno proceniti vreme zaleta T_Z do zadate brzine v_{MAX} .

Da bi se sproveo proračun na osnovu prethodnih razmatranja, potrebno je poznavati težinu odnosno masu vozila, kao i koeficijente otpora kotrljanja za podloge po kojima se vozilo kreće. U nedostatku realnih podataka, pristupiće se usvajanju orijentacionih vrednosti. Na osnovu posebnih razmatranja vezanih za generalne karakteristike i koncept vozila, čije je publikovanje predviđeno u okviru posebnog rada, za orijentaciona izračunavanja otpora kretanja za težinu vozila sa punim opterećenjem usvaja se vrednost $G = 25000 N$ – ukupna težina vozila.

Kada se vozilo kreće na tvrdoj podlozi, koeficijent otpora kotrljanja zavisi prevashodno od izabranih pneumatika, pa se može očekivati da vrednosti koeficijenta u ovom slučaju približno odgovaraju onima uobičajenim za drumska vozila, odnosno da budu reda veličine 0,01. Pošto će vozilo biti opremljeno gumama za vanputne uslove

koje karakteriše nešto kompleksniji gazeći sloj, gde se mogu očekivati nešto veći gubici histerezisa, za proračun otpora kotrljanja na tvrdoj podlozi biće usvojena sledeća vrednost koeficijenta $f = 0,015$ – koeficijent otpora kotrljanja na tvrdoj podlozi.

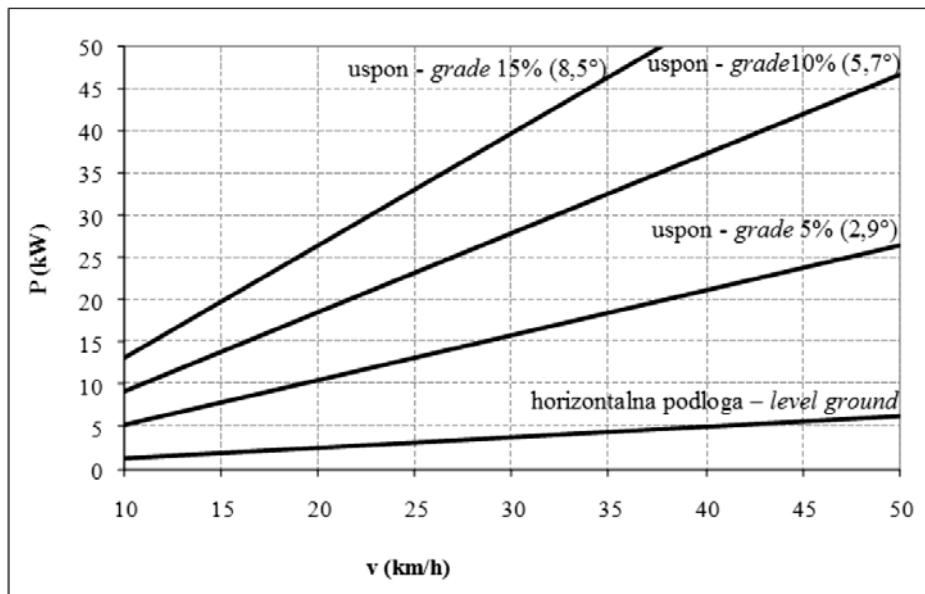
Opravdanost usvojene pretpostavke potvrđuju rezultati ispitivanja traktorskih pneumatika na tvrdim podlogama [2, 3].

Na mekim podlogama pretežni procenat energije potrebne za savladavanje otpora kotrljanja potiče od deformacije podloge [6]. U zavisnosti od vrste i stanja podloge, kao i vrednosti pritiska pneumatika na podlogu, koeficijent otpora kotrljanja može varirati u veoma širokim granicama [4,5]. Za proračun otpora kotrljanja na mekoj podlozi biće usvojena vrednost $f = 0,1$ – koeficijent otpora kotrljanja na mekoj podlozi.

Usvojena vrednost približno odgovara srednjoj vrednosti za zemljane puteve [5].

Na osnovu prethodnih razmatranja izvršen je proračun potrebne snage na točku za različite uslove kretanja. Rezultati izračunavanja prikazani su na grafikonu 1 i u tabelama 1 i 2.

Na grafikonu 1 data je potrebna snaga motora u zavisnosti od brzine kretanja za potpuno opterećeno vozilo na tvrdoj podlozi, za različite nagibe podloge. Brzina kretanja potpuno opterećenog vozila na uzbrdici u javnom saobraćaju predstavlja važan pokazatelj bezbednosti u saobraćaju. Kapacitet pogonskog motora mora da obezbedi da vozilo i u ovim uslovima prema bude u mogućnosti da dostigne takvu brzinu da predstavlja što manju smetnju za ostala vozila koja se kreću po putu. Takođe, s obzirom na to da je reč o transportnom vozilu, brzina kretanja je veoma važan pokazatelj i kao faktor transportnog kapaciteta.



Grafik 1. Potrebna snaga motora P u zavisnosti od brzine kretanja v za potpuno opterećeno vozilo na tvrdoj podlozi, za različite nagibe podloge

Chart 1. Needed engine power P depending on velocity v for fully loaded vehicle on the firm ground, at different upward slopes

U tabeli 1 prikazane su vrednosti potrebne snage motora za konstantnu brzinu kretanja koja iznosi 5 km h^{-1} , u zavisnosti nagiba podloge, za potpuno opterećeno vozilo pri savlađivanju uspona na mekoj podlozi. Cilj ove tabele je da prikaže potrebnu snagu motora u zavisnosti od nagiba podloge, u situaciji savlađivanja strmih uspona. Iako je, teorijski, izborom odgovarajućeg prenosnog odnosa u transmisiji moguće postići dovoljno veliku vučnu silu pri bilo kojoj snazi motora, pri razmatranju realnih uslova neophodno je usvojiti neku vrednost brzine čije je dostizanje celishodno sa aspektima funkcionalnosti vozila kao transportnog sredstva. Vrednost od 5 km h^{-1} izabrana je proizvoljno ali u skladu sa navedenim kriterijumom.

U tabeli 2 dato je orijentaciono vreme zaleta T_Z do brzine od 40 km h^{-1} u zavisnosti od maksimalne raspoložive snage motora P_{MAX} . Vreme zaleta je, kao i brzina kretanja, važan pokazatelj bezbednosti u javnom saobraćaju i transportnog kapaciteta, što iziskuje da njegova vrednost bude uzeta u obzir pri dimenzionisanju pogonskog motora.

Tabela 1. Potrebna snaga motora P za konstantnu brzinu kretanja $v=5 \text{ km h}^{-1}$, u zavisnosti nagiba podloge, za potpuno opterećeno vozilo na mekoj podlozi

Table 1. Required engine power P for constant velocity $v=5 \text{ km h}^{-1}$, depending on upgrade angle, for fully loaded vehicle at the soft terrain

Uspon (%) Upgrade (%)	Ugao nagiba (°) Upgrade angle (°)	Potrebna snaga (kW) Required power (kW)
10	5,71	8,1
20	11,31	12,0
30	16,70	15,7
40	21,80	19,0
50	26,57	21,9
100	45,00	31,8

Tabela 2. Orijentaciono vreme zaleta T_Z do brzine $v = 40 \text{ km h}^{-1}$ u zavisnosti od maksimalne raspoložive snage motora P_{MAX}

Table 2. Approximate acceleration time up to 40 km h^{-1} depending on available engine power P_{MAX}

Maksimalna snaga motora <i>Maximum engine power</i> $P_{MAX} [\text{kW}]$	Vreme zaleta do 40 km h^{-1} <i>Acceleration time to 40 km h^{-1}</i> $T_Z [\text{s}]$
10	31,5
20	15,7
30	10,5
40	7,9
50	6,3

Na osnovu prikazanih rezultata izračunavanja, može se doneti zaključak o redu veličine potrebne snage pogonskog motora. Pri tome treba imati u vidu navedene kriterijume vezane za transportni kapacitet i bezbednost saobraćaja, a uzimajući u obzir očekivan frekventan rad u brdskim uslovima (usponi, meke podloge). Jednoznačni kriterijum za tačan izbor potrebne snage motora ne postoji, ali na osnovu prikazanih rezultata može se orijentaciono proceniti da vrednost maksimalne snage motora kojoj

treba težiti leži približno u zoni intervala 25-35 kW. Na performanse vozila, osim maksimalne snage, u velikoj meri utiče i sam tok krive snage odnosno obrtnog momenta.

Ostale relevantne karakteristike pogonskog motora

Zbog energetske efikasnosti i robusnosti Diesel motora, on predstavlja optimalni izbor za baznu izvedbu transportera. Kao alternativu Diesel motoru, treba takođe imati u vidu mogućnost korišćenja Otto motora prilagođenog upotrebi alternativnih pogonskih goriva kao što su TNG ili KPG.

Za konačan izbor potrebno je analizirati motore dostupne na tržištu i uzeti u obzir i ostala njihova svojstva prema kojima se može vrednovati njihova prikladnost za upotrebu u predmetnom vozilu, u koja treba ubrojati sledeće:

- potrošnja goriva
- pouzdanost i vek trajanja
- pogodnost održavanja, postojanje servisne mreže i dostupnost rezervnih delova
- prilagođenost sistema za napajanje i podmazivanje radu u specifičnim vanputnim uslovima (strmi nagibi, zaprljana sredina)
- klasa emisije izduvних gasova, emisija buke i vibracija
- pogodnost za korišćenje alternativnih goriva, u zavisnosti od vrste motora

S obzirom na to da je ovde prikazan postupak dimenzionisanja pogonskog motora izvršen na osnovu transportnih performansi, za slučaj pogona priključnog vratila potrebno je izvršiti dodatnu proveru kapaciteta u skladu sa predviđenim oblastima primene.

Mogućnosti daljeg razvoja pogonskog sistema

Predviđena namena vozila za transport u brdsko planinskim uslovima predstavlja najbolju pretpostavku za mogućnost rekuperacije kinetičke i potencijalne (visinske) energije. Prema dosadašnjim iskustvima [1] i s obzirom na vrstu i namenu vozila, svršishodno je analizirati hibridni pogon zasnovan na kombinaciji motora SUS sa elektro- odnosno hidrostatičkim pogonom kao tehničke mogućnosti za ugradnju rekuperativnog sistema. Iako u početnoj fazi razvoja poljoprivrednog transportera nije planiran razvoj i upotreba ovakvih sistema, oni svakako treba da budu predmet budućih analiza. U svetlu aktuelnih nastojanja da se smanji potrošnja goriva i emisija štetnih gasova, rekuperacija energije predstavlja rešenje sa značajnim potencijalom za realizaciju ovih ciljeva. Dodatni troškovi koje prouzrokuje njihova upotreba pod odgovarajućim uslovima mogu biti kompenzovani preko smanjenja utroška goriva i štetnog uticaja na okolinu.

ZAKLJUČAK

U radu su razmotreni kriterijumi za izbor pogonskog motora poljoprivrednog transportera na osnovu zadatih uslova rada odnosno otpora kretanja u transportnom režimu. Izvršeno je orijentaciono dimenzionisanje motora na osnovu procene otpora kretanja, i zaključeno je da treba težiti izboru motora čija se snaga nalazi unutar ili u

blizini intervala 25-35 kW. Ova snaga omogućava zadovoljavajuće performanse vozila sa aspekta transportnog kapaciteta i bezbednosti saobraćaja, pri čemu maksimalna brzina iz administrativno-tehničkih razloga ne bi trebalo da pređe 45 km h⁻¹. Pored snage, za izbor motora merodavna su i druga svojstva, kao što su potrošnja goriva, emisija, prilagođenost specifičnim uslovima rada, vek trajanja itd. Preporučeno je da se koristi Diesel motor ili Otto motor prilagođen za rad sa alternativnim gorivima.

U daljem postupku sledi analiza pogonskih motora raspoloživih na tržištu i konačan izbor motora koji će biti korišćen, na osnovu svih nabrojanih kriterijuma. Izabran motor, dalje, predstavlja ulazni parametar za izbor koncepta i parametara transmisije. Nakon toga sledi razrada i konačno definisanje koncepta vozila i izbor ostalih mehaničkih sklopova. Po završetku ove faze planira se izrada prototipa, pre svega virtuelnog a potom i realnog.

Za dalje pravce istraživanja pogonskog sistema predlaže se razmatranje pitanja upotrebe hibridnog pogona odnosno sistema za rekuperaciju energije, koji može značajno da doprinese poboljšanju energetske efikasnosti vozila u uslovima transporta na brdskom terenu. Opravданost istraživanja vezanih za ovakve sisteme zasnovana je, osim na direktnim efektima vezanim za poboljšanje karakteristika vozila, takođe i na osvajanju savremenih tehnoloških rešenja, kao i konkurentnosti vozila na zahtevnijim tržištima.

LITERATURA

- [1] Guzella, L., Sciaretta, A., 2007. *Vehicle Propulsion Systems*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- [2] Kising, A., Göhlich, H., 1988. *Ackerschlepper – Reifendynamik*, Teil 1: Fahrbahn und Prüfstandergebnisse, Grundlagen der Landtechnik, 38(1988)3, s. 78-87.
- [3] Ronai, D., Muzikravić, V., 1989. *Izveštaj o laboratorijskom ispitivanju pneumatika 12.4-28* proizvodača „Rumaguma“ i „Continental“, FTN Novi Sad.
- [4] Simić, D., 1977. *Motorna vozila*. Naučna knjiga, Beograd.
- [5] Wallentowitz, H., 1995. *Längsdynamik von Kraftfahrzeugen*. IKA Aachen.
- [6] Wong, J.Y., 2001. *Theory of the Ground Vehicles*, John Wiley & Sons, New York.

ANALYSIS OF REQUIRED CHARACTERISTICS OF AN AGRICULTURAL TRANSPORTER PRIME MOVER

Boris Stojić, Ferenc Časnji, Aleksandar Poznić

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Mechanization and Design Engineering, Novi Sad

Abstract: Depending on transport conditions, light agricultural transport vehicle can represent more favorable alternative to conventional approach to agricultural transport, i.e. use of tractor with trailer or a lorry. This way it is possible to achieve greater energy efficiency, better soil protection, more efficient transport etc. In this paper development of agricultural transport vehicle is analysed from the point of view of required

characteristics of the prime mover. Powertrain performance characteristics needed in terms of vehicle tractive characteristics are considered, taking into account other relevant parameters as well. Maximum engine power should be close to interval of 25-35 kW. Final choice of engine that will be used has to be made based on technical and economic analysis of existing designs available on the market.

Key words: *agriculture, transport, vehicle, development, prime mover*

Datum prijema rukopisa: 01. 11. 2011.

Datum prijema rukopisa sa ispravkama:

Datum prihvatanja rada: 04. 11. 2011.



UDK: 621.314.63

Оригинални научни рад
Original scientific paper

ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ И ДИГИТАЛНА КОМУНИКАЦИЈА ФАЗНО РЕГУЛИСАНИХ ИСПРАВЉАЧА ЗА ИНДУСТРИЈСКЕ СИСТЕМЕ БЕСПРЕКИДНОГ НАПАЈАЊА

Владимир Вукић*

Електротехнички институт „Никола Тесла”, Београд

Сажетак: У раду су представљени мрежом комутовани фазно регулисани исправљачи са дигиталним регулаторима развијеним у Електротехничком институту „Никола Тесла“. Дигитални регулатори исправљача типа „ДРИ 07“ засновани су на микроконтролеру „Intel“ 80C196KB16. Описана су техничка решења примењена на исправљачима серије ДРИ, са посебним освртом на могућности успостављања дигиталне комуникације са управљачким рачунарским системима коришћењем стандардних индустриских протокола комуникације. Галвански одвојена „half-duplex“ серијска веза стандарда RS-485 даје могућност лаког повезивања великог броја међусобно удаљених исправљача са једним програмабилним логичким контролером подешеним за вршење конверзије протокола комуникације, као и даље прослеђивање података централном рачунару о стању свих исправљача у погону. Приказани су резултати испитивања фактора снаге, укупног хармонијског изобличења струје и степена корисног дејства исправљача. Извршено је упоређивање добијених резултата са одговарајућим подацима о исправљачима водећих западноевропских производа. На фазно регулисаном исправљачу снаге 90 kVA, оптерећеном са 50% номиналне струје, измерене су вредности степена корисног дејства од најмање 96,6%.

Кључне речи: фазно регулисани исправљач, микроконтролер 80C196, степен корисног дејства, фактор снаге, укупно хармонијско изобличење струје, систем беспрекидног напајања, индустриски протокол комуникације

* Контакт аутор: Владимир Вукић, Косте Главинића 8А, 11000 Београд.
e-mail: vladimir.vukic@ieent.org

Рад је настао у оквиру пројекта ТР 33020, „Повећање енергетске ефикасности хидроелектрана и термоелектрана Електропривреде Србије развојем технологије и уређаја енергетске електронике за регулацију и аутоматизацију“, који је финансирало Министарство просвете и науке Републике Србије

УВОД

Све већа аутоматизација производње и увођење управљачких рачунарских система довели су до подизања захтева везаних за напајање индустријских потрошача електричном енергијом високог квалитета. Због осетљивих процеса производње, од електропривреде, преко хемијске до прехранбене индустрије, не само да трајни прекиди напајања електричном струјом могу да доведу до великих застоја и губитака у производњи, већ и краткотрајни нестанак или пад напона може да изазове испад критичних потрошача.

Трендови дигитализације производне опреме и њеног повезивања од централног управљачког рачунара па до појединачних сензора посебно су изражени у прехранбеној индустрији [1]. Основни примењени систем повећања ефикасности постројења се састојао у аутоматизацији процеса и повезивања што већег броја машина и сензора (и преко 700 [1]) у јединствени систем са напредним индустријским протоколом комуникације. Овако бројна и често просторно веома удаљена дигитална електронска опрема захтева веома стабилно и квалитетно напајање, уз примарни значај поузданог напајања електричном енергијом централног управљачког рачунарског система. Не треба занемарити ни чињеницу да чак и краткотрајни испади или нетачна показивања електронских мерних претварача, попут детектора pH вредности, притиска, протока, температуре, садржаја воде или концентрације конзерванса могу да доведу до погоршања карактеристика, па и кварења читавих серија прехранбених производа [2].

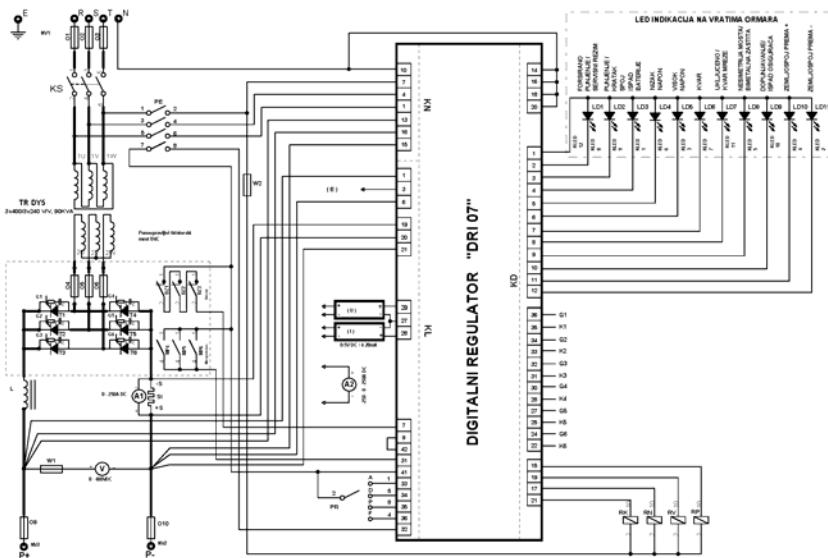
Због наведених разлога, односно потребе за формирањем технолошки напредног погона прехранбене индустрије, неопходно је подизање поузданости рада и енергетске ефикасности постројења. Због тога је приликом разматрања ефикасности индустријског процеса неопходна и анализа ефеката примене система беспрекидног напајања. Ипак, уређаји беспрекидног напајања и сами представљају потрошаче електричне енергије, па је и у овом случају важан избор поузданих и енергетски ефикасних уређаја, као и паралелна анализа њихове набавне цене, трошкова одржавања и потрошње електричне енергије.

У овом раду су описани мрежом комутовани фазно регулисани тиристорски исправљачи серије ДРИ који представљају део индустријског система беспрекидног напајања једносмерном струјом. Анализирана је њихова енергетска ефикасност и квалитет електричне енергије, као и техничке могућности прикључивања исправљача на индустријску телекомуникациону мрежу.

ОПИС ФАЗНО РЕГУЛИСАНОГ ИСПРАВЉАЧА ДРИ 220-250

Дигитални регулисани исправљач ДРИ 220-250 је један од тиристорских исправљача серије ДРИ, развијених и произведених у Електротехничком институту „Никола Тесла“. Управљање уређајем врши дигитални регулатор исправљача типа „ДРИ 07“, заснован на микроконтролеру “Intel” 80C196KB16. Управљачке функције микропроцесорске картице „uP3“ су реализоване програмски, а основна намена је генерирање упаљачких импулса за тиристоре и реализација регулатора [3]. Исправљачи серије ДРИ имају функције аутоматског

троструког укључења у случају трајног квара, „меког” старта, контроле присуства и фазног редоследа мрежног напона, детекције високог и ниског напона батерије, кратког споја, несиметрије напона тиристорског моста изазване отказом тиристора, као и сигнализације квара безнапонским контактима и светлосном сигнализацијом. Програмски су реализоване регулационе петље по напону и струји исправљача.



Слика 1. Шема електричних веза исправљача ДРИ 220-250

Figure 1. Circuit diagram of the rectifier DRI 220-250

Дигитални регулатор исправљача „ДРИ 07“ налази се у затвореној алуминијумској кутији са прикључним клемама са бочне леве и десне стране. На предњој страни кутије су монтирани осигурачи за кола наизменичне и једносмерне струје, потенциометар за подешавање напона, прикључни конектор кабла за комуникацију и тастер за ресет процесора. Напајање регулатора „ДРИ 07“ изведено је преко DC/DC претварача (опсега улазних једносмерних напона 85 - 375 V) напајаног двострано, мрежним напоном 220 V, 50 Hz и напоном батерије.

У случајевима рада исправљача са наливеним оловним батеријама, преко четвроположајног гребенастог прекидача режим пуњења батерије (допуњавање, пуњење, форсирено пуњење) може да се подеси ручно, а могуће је и задавање аутоматског режима пуњења батерије према IUU карактеристици [4].

У оквиру упаљачког склопа реализовано је шест галвански изолованих излаза за паљење тиристора. Мерена вредност излазног напона исправљача се преко напонског разделника и филтерског степена доводи на A/D конвертор микроконтролера. У истом склопу налази се и коло за детекцију испада батерије. Појава високог брума исправљача, односно велике наизменичне компоненте

излазног једносмерног напона, представља индикацију испада батерије. Сигнали са шантова исправљача и батерије се доводе на диференцијалне појачаваче, одакле се прилагођене и филтриране вредности шаљу у микроконтролер за потребе регулације и заштите. Такође, сигнали напона и струје исправљача се прослеђују на мрнне претвараче струје опсега 4 - 20 mA. Поред обраде у микропроцесору, сигнал струје се доводи и на активни филтер, који у случају прегоревања једног осигурача у тиристорском мосту или престанка рада једног тиристора детектује несиметрију моста. Прекострујна заштита је реализована као независни аналогни склоп који приликом реаговања блокира пролазак импулса ка гејтовима тиристора.



Слика 2. Фазно регулисани исправљачи ДРИ 220-250 и ДРИ 110-500 у индустриском разводу једносмерне струје

Figure 2. Phase-controlled rectifiers DRI 220-250 and DRI 110-500 in industrial direct current distribution system

Посебну целину на плочи аналогне електронике представља земљоспојно реле, које детектује успостављање електричне везе између позитивног или негативног пола прикључене батерије и система уземљења. Праг реаговања земљоспојног релеа је подесив у опсегу 10 kΩ - 1 MΩ.

Галванској изолацији је приликом развоја дигиталног регулатора типа „ДРИ 07“ посвећена велика пажња, будући да су фазно регулисани исправљачи у системима беспрекидног напајања обично предвиђени за напајање потрошача једносмерне струје који нису повезани са системом уземљења. Будући да се на дигитални регулатор исправљача типа „ДРИ 07“ доводи улазни наизменични напон 3·380 V, 50 Hz, али и једносмерни напон батерије, веома је важно да не дође до повезивања различитих потенцијала који би утицали на исправност мерно-регулационе или комуникационе електронике, а нарочито на безбедност руковоца. Због тога су сви наизменични напони галвански одвојени посредством мерних трансформатора, гејтови тиристора преко импулсних трансформатора, а сви логички улази управљачке електронике (стана прекидача,

ултрабрзих осигурача, биметала, земљоспојног релеа...) изоловани су помоћу оптокаплера, типичних мерних уређаја са оптичким паровима [5]. Коришћени су оптокаплери типа 4N27, пробојног напона до 5300 V. Канал серијске комуникације стандарда RS-485 је такође оптички изолован помоћу интегрисаног кола MAX 1480A, максималног битског протока 2,5 Mb/s и максималног пробојног напона до 2000 V [6].

Дигитална серијска комуникација

Приликом поправке или испитивања исправљача могуће је његово пребацивање у сервисни режим рада. У сервисном режиму се врши деактивирање свих програмских заштита, а вредност угла палења тиристора се задаје непосредно, без могућности регулације. Исправљач у сервисни режим рада може да се пребаци задавањем команде са рачунара, преко галвански изоловане „half - duplex“ серијске везе стандарда RS-485. Помоћу серијске везе више дигиталних регулатора исправљача типа „ДРИ 07“ може да комуницира са надређеним рачунаром (добија потребне параметре, прослеђује мерење величине, као и параметре режима рада и деловања заштита), без ризика од отказа комуникационе опреме због различитих потенцијала батерија.

Паралелним повезивањем више исправљача серијском везом стандарда RS-485 могуће је прослеђивање информација (на растојању до 1200 m) са великог броја исправљача на један индустриски програмабилни логички контролер (ПЛЦ). Једноставним додавањем одговарајућих комуникационих модула, уз мање интервенције на управљачком програму ПЛЦ-а, корисник може да повеже све дигиталне регулаторе исправљача са управљачким рачунарским системом постројења преко неког индустриског протокола комуникације. Фазно регулисани исправљачи серије ДРИ су до сада приклучивани на централни рачунар преко протокола „PROFIBUS DP“ (посредством „Omron“-ових ПЛЦ контролера серије CJ1 [7]), али је могућа примена и других стандардних индустриских протокола комуникације, попут „Modbus“, „DeviceNet“, „CompoNet“, „CompoBus/S“, „PROFINET-IO“, „Ethernet“ или „EtherNet/IP“ [7]. Ипак, могућа је остваривање комуникације са исправљачима серије ДРИ и преко хијерархијски низких протокола, попут „Controller-Area Network“ или серијске везе стандарда RS-232 [7]. Иако је „CAN-bus“ протокол првенствено намењен за основну комуникацију у компактним вишепроцесорским системима, попут савремених аутомобила, грађевинских или пољопривредних машина, код исправљача серије ДРИ је, посредством ПЛЦ-а „Omron“ серије CJ1, могућа његова примена за повезивање са другим дигиталним уређајима. Иако производи процесних рачунарских система обично захтевају комуникацију према вишим хијерархијским протоколима, могућност приклучивања исправљача серије ДРИ на „CAN-bus“ комуникациону мрежу може да буде веома значајна у прехранбеној индустрији, будући да се комуникација са великим бројем процесних и пољопривредних машина обавља управо према „Controller-Area Network“ протоколу [8].

РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Приликом пуштања у рад исправљача ДРИ 220-250 (номинални напон допуњавања 245,3 V, номинална струја 250 A) извршено је снимање карактеристика уређаја. Снимање активних снага, несинусоидалног фактора снаге и укупног хармонијског изобличења струје вршено је анализатором снаге "Chauvin Arnoux" CA 8334B (пропусни опсег 10 - 70 Hz, мерење напона до 600 V и струја до 3000 A; мерна несигурност за снаге, напоне и струје је 0,5%). Степен корисног дејства је накнадно одређиван као количник активне снаге на излазу исправљача и активне снаге измерене на улазним контактима исправљача. Наизменична струја је мерена струјним клештима "Chauvin Arnoux", опсега 0-100 A, а једносмерна струја је мерена на шанту исправљача (250 A, 60 mV) помоћу напонског мernog канала осцилоскопа "Fluke" 196C. Једносмерни излазни напон је мерен универзалним инструментом "RishMulti 18S", мерне несигурности 0,03%.

Приликом испитивања пуноуправљивог тиристорског исправљача ДРИ 220-250 током рада према IUU карактеристици, након дубоког пражњења наливене оловне батерије, мерење су вредности хармонијског изобличења струје (THDI), несинусоидалног фактора снаге и степена корисног дејства. Мерења су вршена у аутоматском раду, у режиму пуњења батерије и при активној регулације струје (Ideo IUU карактеристике, референтна вредност 125 A). Да би се избегле грешке настале због немогућности истовременог очитавања података са свих инструмената, показивања два волтметра и анализатора снаге су фотографисана, а подаци о измереним напонима и снагама су накнадно очитавани са фотографија.

Измерене вредности фактора снаге имају вредности које одговарају номинално оптерећеним пуноуправљивим тиристорским исправљачима. Ипак, за струју исправљача од око 51% номиналне вредности, мерење вредности су нешто боље од очекиваних. Приликом претходних испитивања исправљача ДРИ 220-160ПТД приликом испитивања у режиму пуњења са око 63% номиналног оптерећења измерене су вредности фактора снаге несинусоидалне струје $\lambda = 0,665$ и укупног хармонијског изобличења струје THDI = 0,36 [9]. На добијене вредности фактора снаге и хармонијског изобличења првенствено утичу разлике у привидној снази и преносном односу енергетских трансформатора исправљача ДРИ 220-250 и ДРИ 220-160ПТД. Треба приметити да је већ при оптерећењу од око половине номиналне струје (додуше, у режиму пуњења, а не допуњавања) исправљач ДРИ 220-250 достигао вредност фактора снаге од 0,78 коју један од производа тиристорских исправљача [10] наводи као стандардну вредност за номинално оптерећене уређаје, као и да је током рада исправљача у режиму пуњења вредност THDI стално имала вредности уобичајене за рад 220 V исправљача са номиналном струјом [9].

У Табели 1 су приказане и измерене вредности улазних и излазних активних снага исправљача. Из података о активним снагама израчунати су и подаци о степену корисног дејства и укупним губицима у уређају. Израчунате су вредности степена корисног дејства у опсегу 97,3% – 98,2%, а укупни израчунати губици у исправљачу крећу се у опсегу од 598 W до 877 W. Ипак, због близких вредности улазних снага (измерене помоћу анализатора снаге "Chauvin Arnoux" CA 8334B) и излазних снага (производ излазног једносмерног напона и излазне струје мерење на

шанту исправљача), израчунате вредности фактора снаге и степена корисног дејства не могу бити прихваћене као тачне. Мерна несигурност анализатора снаге је око 0,5%, а треба још додати и мерне несигурности волтметара, тако да, за наведене податке, може да се процени укупна мерна несигурност одређивања снаге на око 300 W. То је, за израчунате вредности губитака, изузетно велика вредност. Због тога је потребно извршити процену губитака у исправљачу који би се упоредили са добијеним вредностима.

Табела 1. Измерене вредности активних снага (P_{AC} , P_{DC}), несинусоидалног фактора снаге (λ), укупног степена хармонијског изобличења струје (THDI), струје (I_{isp}), напона (U_{DC} , U_{AC}) и степена корисног дејства (η) исправљача ДРИ 220-250

Table 1. Measured values of active powers (P_{AC} , P_{DC}), power factor (λ), total harmonic distortion in current (THDI), current (I_{isp}), voltage (U_{DC} , U_{AC}) and overall efficiency (η) of rectifier DRI 220-250

P_{AC} [kW]	λ	THDI [%]	I_{isp} [%I _{nom}]	I_{isp} [A]	U_{DC} [V]	U_{AC} [V]	P_{DC} [kW]
32,26	0,722	33,7	51,17	127,9	245,4	3,9	31,386
32,13	0,723	33,7	51,17	127,9	245,5	3,8	31,404
32,14	0,723	33,6	51,17	127,9	245,9	3,8	31,452
33,29	0,745	33,2	51,33	128,3	254,1	3,4	32,609
33,49	0,767	32,5	50,5	126,3	260,5	3,2	32,892
34,18	0,768	32,5	51	127,5	261,2	3,2	33,303
34,30	0,785	32,1	50,5	126,3	265,6	3,1	33,533

На основу података о испитивању трансформатора (преносни однос 400/240 V/V, секундарна струја 216,5 A, губици празног хода $P_0 = 514$ W ($I_0 = 3,4\%$), губици кратког споја $P_{Cu} = 1403$ W ($u_{ks} = 2,8\%$)), уз прорачунату секундарну струју трансформатора од 104,4 A (48,2% номиналне секундарне струје трансформатора од 216,5 A; једносмерна струја исправљача 127,9 A), добија се вредност губитака у трансформатору од 840 W [11]. Губици снаге у 250 A пригушници оптерећеној са око 50% номиналне струје су процењени на око 20 W. Из каталога компаније "Semikron" се одређује да су губици у тиристорском мосту са шест тиристора SKT 250 око 280 W, за струју од око 130 A [12]. Губици управљачке и мерне електронике могу да се процене на око 15 W, док остали губици у бакарним кабловима, прекидачима, релејима, инструментима и високоучинским осигурачима не би требало да премаше 15 W при раду са половином номиналне струје. На крају може да се изврши процена губитака у исправљачу ДРИ 220-250, при раду са струјом од око 127 A, на највише 1170 W, чиме би вредност степена корисног дејства исправљача била најмање 96,6%.

Ако усвојимо процењену вредност степена корисног дејства, уочава се да је код исправљача ДРИ 220-250 постигнута још већа енергетска ефикасност у односу на ионако добар степен корисног дејства од 96%, забележен код исправљача ДРИ 220-160ПТД при струји потрошача од око 40% номиналне вредности. Основни разлози измерених већих вредности степена корисног дејства су већа номинална

снага трансформатора исправљача ДРИ 220-250 (око 50%), али и много једноставнија конструкција, без двоструког LC филтера, са веома малим бројем потрошача и компактном управљачком електроником. Подизањем степена корисног дејства са 96% на бар 96,6% при раду са 51% номиналне струје остварује се смањивање губитака у исправљачу ДРИ 220-250 за око 215 W. Међутим, ако се изврши упоређивање добијених података са подацима других производиоца објављеним у литератури [9],[10],[13],[14], усвајајући вредност степена корисног дејства стандардних тиристорских исправљача на тржишту од око 94% при раду са половином номиналне струје, добија се разлика у губицима од око 2,6%, што представља уштеду снаге у режиму допуњавања (референтни напон 245,3 V) од најмање 840 W. При просечној цени kWh електричне енергије од 0,05 €, уз дневне уштеде енергије од 17 kWh, при трајном раду са 50% номиналног оптерећења у режиму допуњавања, постигла би се уштеда од најмање 6200 € током процене десетогодишње експлоатације једног исправљача ДРИ 220-250 у односу на коришћење стандардних западноевропских уређаја.

Повећање енергетске ефикасности фазно регулисаних исправљача ДРИ 220-250 је постигнуто првенствено једноставном и робусном конструкцијом енергетског кола. Пројектовање трансформатора за широк опсег радних напона, уз остављање резерве снаге при номиналном оптерећењу од око 10%, имали су велики утицај на смањивање укупних губитака. Резерва снаге је била још већа у случају тиристорског моста. Једноставна топологија енергетског кола, уз коришћење релативно кратких каблова великог пресека, такође је имала утицаја на мале губитке снаге исправљача ДРИ 220-250. Одсуство филтерских кондензатора, блидер-отпорника за пражњење кондензатора и пратеће електричне опреме довело је до елиминисања потенцијалних губитака у излазним капацитивностима и отпорностима. Једноставна управљачка електроника, без дисплеја и пратећих активних сензора, додатно је допринела повећању енергетске ефикасности.

На крају, треба навести и да је једноставан уређај, са веома малим бројем елемената, робуснији и поузданiji од веома сложених уређаја енергетске електронике. Коришћење тиристорског моста са дискретним елементима и природним хлађењем представља још један начин да се подигне поузданост. Употребом форсирано хлађеног тиристорског моста са тиристорским модулима за мању струју смањила би се цена исправљача, али би се повећали губици снаге, уз смањивање поузданости уређаја.

У случају исправљача ДРИ 220-250 се јасно види да недостатак локалне телекомуникационе електронике не мора да буде хендикеп уколико група уређаја, помоћу серијске везе стандарда RS-485 и једног ПЛЦ-а, може да се повеже са управљачким рачунарским системом и да сваки појединачни уређај достави податке о свом режиму рада и мереним величинама.

ЗАКЉУЧАК

Мрежом комутовани исправљачи са дигиталним регулаторима типа „ДРИ 07“ засновани на “Intel”-овим микроконтролерима 80C196KB16 представљају уређаје проверене у вишегодишњој експлоатацији, у којој су демонстрирали високу поузданост, уз једноставно руковање и одржавање.

Постојање галвански одвојене „half-duplex” серијске везе стандарда RS-485 даје могућност лаког повезивања великог броја међусобно удаљених исправљача и прослеђивање њихових података ка централном рачунару, без ризика од отказа комуникационе опреме због различитих потенцијала прикључених батерија. У досадашњој експлоатацији су фазно регулисани исправљачи серије ДРИ били повезивани у дигиталне комуникационе мреже преко програмабилних логичких контролера “Omron” серије CJ1 посредством индустријског протокола комуникације “PROFIBUS DP”, а на исти начин могу да се приклуче и на комуникационе мреже које раде са протоколима “Modbus”, “DeviceNet”, “CompoNet”, “CompoBus/S”, “PROFINET-IO”, “Ethernet”, “EtherNet/IP” и “Controller-Area Network”.

Једноставном и робусном конструкцијом енергетског кола исправљача, као и употребом штедљиве управљачке електронике, уз постојање резерве снаге критичних елемената енергетског кола, постигнут је степен корисног дејства исправљача ДРИ 220-250 оптерећеног са 50% номиналне струје од најмање 96,6%.

Наведени резултати препоручују исправљаче серије ДРИ као оптимално решење за индустријска постројења у којима су услови експлоатације тешки (екстремне температуре, прашина, хемијски агресивна средина...), тражени трошкови експлоатације ниски, а захтевана поузданост уређаја висока, уз поседовање основних телекомуникационих могућности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Benson, I.B., Millard, J.W.F., 2001. *Food compositional analysis using near infra-red absorption technology*. Објављено у Instrumentation and sensors for the food industry, Kress-Rogers, E., Brimelow, C.J.B. (eds.), pp. 137-186, Cambridge, England: CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- [2] Kress-Rogers, E., 2001. *Instrumentation for food quality assurance*. Објављено у Instrumentation and sensors for the food industry, Kress-Rogers, E., Brimelow, C.J.B. (eds.), pp. 1-30, Cambridge, England: CRC Press, Woodhead Publishing Limited.
- [3] Јанковић, М., Вукић, В., Добричић, С., Проле, Р., 2005. *Микропроцесорско управљање тиристорским исправљачем за напајање плазматорона*. Електропривреда. 58 (3): 45-52.
- [4] Вукић, В., 2008.-2009. *Тиристорски исправљач управљан програмабилним логичким контролером са модуларним чоперским излазним степеном*. Зборник радова, Електротехнички институт „Никола Тесла”. 19: 85-92.
- [5] Радичевић, Б., Вукић, Ђ., Ерцеговић, Ђ., Ољача, М., 2009. *Оптички сензори и њихова примена на пољопривредним машинама*. Пољопривредна техника. 34 (1): 123-136.
- [6] 2005. *Complete, isolated RS-485/RS-422 Data Interface*. Maxim Integrated Products.
- [7] 2009. *Industrial Automation Guide 2009/2010*. Omron Corporation.
- [8] Глигоријевић, К., Ољача, М., Вукић, Ђ., Златановић, И., Радичевић, Б., Пајић, М., Радојевић, Р., Ољача, В., Димитровски, З., 2009. *Примена CAN Bus мрежа на тракторима и радним машинама*. Пољопривредна техника. 34 (1): 115-122.
- [9] Вукић, В., Проле, Р., Јевтић, Д., 2010. *Ново постројење са тиристорским исправљачима и разводом једносмерне струје за напајање хидроелектране*. Зборник радова, Електротехнички институт „Никола Тесла”. 20: 143-156.
- [10] 2002. *Profitec S: Battery-Charging Rectifier*. AEG Power Supply Systems, 2002.

- [11] Сушић, С., 2010. *Испитни лист трансформатора ТМТ 90-400.240 бр. 10272.* Степп.
- [12] 2005. *Power Electronics – Discrete Diode / Thyristor Chips.* Semikron International GmbH.
- [13] 2003. *Technical Data Sheet: SDC Rectifier: Battery Charger 24-220 V/25-1200 A.* Gutor Electronic LTD, 2003.
- [14] 2006. *Rectifiers for stationary battery systems - Standard thyristor-controlled rectifiers THYROTRONIC Line.* Benning Power Electronics LTD.

POWER EFFICIENCY AND DIGITAL COMMUNICATION OF PHASE-CONTROLLED RECTIFIERS FOR INDUSTRIAL UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY SYSTEMS

Vladimir Vukić

Electrical Engineering Institute “Nikola Tesla”, Belgrade

Abstract: In this paper are presented line-frequency phase-controlled rectifiers with digital control units developed in Institute “Nikola Tesla”. Digital control units of the type “DRI 07” are based on microcontroller „Intel” 80C196KB16. Implemented technical solutions are described, with emphasis on capabilities to establish digital communication with a central process computer implementing standard industrial communication protocols. Electrically isolated „half-duplex” serial communication of RS-485 standard enables easy connection of numerous, mutually remote rectifiers with one programmable logic controller adjusted for the conversion of communication protocols, also as further proceeding of data on the state of all rectifiers in a facility to the process control system. Results of the examinations of power factor, total current harmonic distortion and overall efficiency are presented. Comparison of procured results with corresponding data related to the rectifiers made by the leading west-european manufacturers. On phase-controlled rectifier rated for 90 kVA, loaded with 50% of its nominal current, overall efficiency of at least 96.6% was measured.

Key words: *phase-controlled rectifier, microcontroller 80C196, overall efficiency, power factor, THDI, uninterrupted power supply system, industrial communication protocol*

Датум пријема рукописа: 26. 10. 2011.

Датум пријема рукописа са исправкама:

Датум прихватања рада: 04. 11. 2011.



UDK: 681.5:621.642.3

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

AUTONOMNI SISTEM ZA PRAĆENJE RADA REZERVOARA KOJI SU BEZ NAPAJANJA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Predrag Pejić¹*, Nenad Floranović¹, Đukan R. Vukić², Zoran P. Stajić³

¹*Istraživačko-razvojni centar "Alfatec" d.o.o. Niš*

²*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,
Beograd-Zemun*

³*Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Nišu*

Sažetak: Poljoprivredni sistemi u velikoj meri zavise od sistema vodosnabdevanja, bilo da se radi o navodnjavanju, zaštiti od poplava ili snabdevanju vodom za piće. Međutim, u velikom broju slučajeva, rezervoari se grade na lokacijama na kojima nema napajanja električnom energijom, tako da rad elektronskih sistema namenjenih upravljanju sistemom nije moguć, ukoliko se ne obezbedi autonomni izvor napajanja. U ovom radu je opisano tehničko rešenje primenjeno za formiranje autonomnog sistema za praćenje parametara rada rezervoara u kojima nema napajanja električnom energijom iz distributivnih sistema. Radi ilustracije, prikazani su i rezultati praktične primene jednog ovakvog sistema na rezervoaru u Nišu.

Ključne reči: *autonomni sistem, rezervoar vode, električna energija, monitoring*

UVOD

U različitim sistemima vodosnabdevanja, sistemima zaštite od poplava i sistemima za navodnjavanje, rezervoari imaju veoma značajnu ulogu zbog mogućnosti da akumuliraju određenu količinu vode. Oni omogućavaju održavanje pritiska vode u ovakvim sistemima u okviru zadatih granica i određenu autonomiju u radu čak i kada pumpne stanice nisu u pogonu. Sa druge strane, u sistemima zaštite od poplava, uloga

* Kontakt autor: Predrag Pejić, Bulevar Nikole Tesle 63/5, 18000 Niš, Srbija.
E-mail: predrag.pejic@alfatec.rs

Rad je deo realizacije projekta „Razvoj novih informaciono-komunikacionih tehnologija, korišćenjem naprednih matematičkih metoda, sa primenama u medicini, telekomunikacijama, energetici, zaštiti nacionalne baštine i obrazovanju“ (III 44006), koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

rezervoara je da omoguće prihvati i skladištenje određene količine vode u slučaju pojave viškova vode i da na taj način smanje rizik od pojave plavnih talasa.

Koja god da je primarna uloga rezervoara i u kojim god da se sistemima nalaze, oni dominantno utiču na rad pumpnih stanica koje u njih pumpaju vodu. Zavisno od tipa i primjenjenog nivoa automatizacije u radu pumpnih stanica nivo vode u rezervoaru je veličina koju treba pratiti i na osnovu koje treba izdavati komande za uključivanje/isključivanje pumpnih agregata. Pored toga, često se javlja potreba i za informacijama vezanim za bezbednost ovih objekata ili za praćenje nekih drugih parametara na ovim lokacijama. Međutim, u velikom broju slučajeva rezervoari se grade na lokacijama na kojima nema napajanja električnom energijom, tako da rad elektronskih sistema koji bi bili primjenjeni u ove svrhe nije moguć, ukoliko se ne obezbedi autonomni izvor napajanja.

Pored pitanja nedostupnosti napajanja električnom energijom iz distributivnog sistema, drugi problem je izbor elektronskih komponenti i uređaja koji mogu da rade sa visokim stepenom pouzdanosti i sa malom potrošnjom električne energije.

Kod ovakvih sistema veliki problemi su pouzdanost energetska efikasnost. Zato je u projektovanju važno primeniti optimalne algoritme upravljanja koji bi omogućili malu potrošnju električne energije, ali i omogućili povećanje pouzdanosti sistema.

Pored opisa sistema, u radu su prikazani i rezultati praktične primene jednog ovakvog sistema na jednom rezervoaru u Nišu. Uprkos relativno maloj snazi fotonaponskih panela i relativno malom kapacitetu akumulatora, pokazano je da u gotovo trogodišnjoj eksploataciji sistema nije bilo otkaza i da se sistem pokazao pouzdanim, čak i u uslovima rada u izuzetno hladnim i snežnim zimskim mesecima.

MATERIJAL I METODE RADA

Tehničko rešenje [2] primenjeno za izradu autonomnog sistema za praćenje rada rezervoara koji su bez napajanja električnom energijom, prikazano na slici 1, predstavlja deo sistema upravljanja pumpnim postrojenjem. Rešenje u ovom slučaju služi za prikupljanje relevantnih podataka o nivou vode u rezervoaru, podataka o stanju opreme ugradenoj u realizovanom rešenju kao i podataka o okruženju objekta u kome su rezervoar o prema smešteni.

Ovakvo rešenje se može iskoristiti i u slučajevima kontrole iz udaljenog centra i u slučaju postojanja napajanja objekta rezervoara s tom razlikom što autonomni izvor napajanja preuzima ulogu rezervnog sistema napajanja.

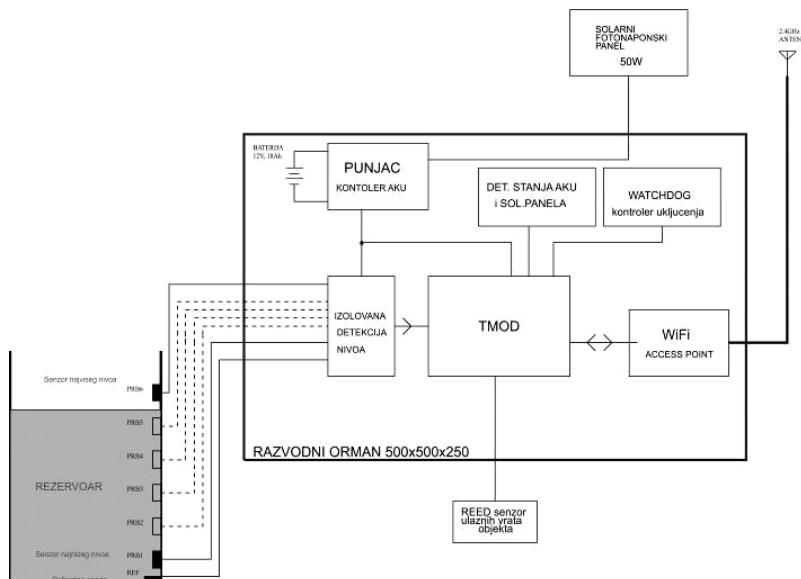
Prilikom projektovanja sistema u obzir su uzeti sledeći aspekti rada sistema:

1. Napajanje sistema;
2. Akvizicija podataka;
3. Kontrola rada;
4. Komunikacija sa udaljenim centrom.

Napajanje sistema. Kako na poziciji rezervoara ne postoji priključak na distributivnu mrežu, sistem se napaja iz autonomnog izvora baziranog na primeni fotonaponskog panela kao izvora električne energije. Mikro solarna elektrana je izabrana kao optimalno rešenje [4] na osnovu više faktora:

- Dostupne količine solarne energije po lokaciji
- Troškova ugradnje
- Troškova održavanja

Kada je reč o količini dostupne solarne energije [5], za područje Niša sa širom okolinom ima se veoma povoljna situacija, određena geografskim položajem. Srednja dnevna solarna iradijacija za optimalnu ravan u toku godine, za definisano geografsko područje, ima relativno visoku vrednost i iznosi $4130 \text{ Wh/m}^2/\text{dan}$ [1].



Slika 1. Blok dijagram autonomnog sistema

Figure 1. Autonomous system block diagram

Na osnovu procenjene potrošnje uređaja ugrađenih u tehničko rešenje izabran je panel nominalne snage 50W. Predviđena proizvodnja panela za područje Niša je procenjena korišćenjem softvera PVGIS [1]. Rezultati procene su dati u Tabeli 1 i na Grafiku 1.

Jednosmerna struja dobijena iz fotonaponskog panela se, tokom sunčanog dela dana, preko odgovarajućeg solarnog kontrolera punjača, skladišti u akumulator. Regulator ima funkciju usmeravanja energije na punjenje akumulatora i napajanje elektronskih komponenti.

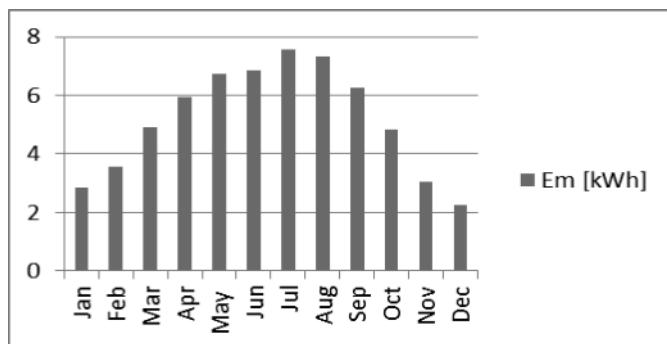
Namena ove komponente je da puni akumulator po U-I karakteristici (definisano od strane proizvođača panela) iz solarnog fotonaponskog panela, kao i da kontroliše napon akumulatora pri pražnjenju, sa zaštitom od dubokog pražnjenja.

Akumulator ima funkciju skladištenja električne energije, nominalnog napona 12V i projektovanog kapaciteta 18Ah, koji može da u slučaju kvara solarnog panela, odnosno u najgorim zimskim uslovima bez sunca, snabdeva elektroniku u ormaru električnom energijom u trajanju od 7 dana.

Tabela 1. PVGIS procena proizvodnje el. energije
Table 1. PVGIS estimation of solar electricity generation

Mesec - Month	Ed ¹	Em ²	Hd ³	Hm ⁴
Jan	0.09	2.85	2.02	62.6
Feb	0.13	3.58	2.86	80.2
Mar	0.16	4.915	3.70	115
Apr	0.2	5.95	4.78	143
May	0.215	6.75	5.39	167
Jun	0.23	6.85	5.77	173
Jul	0.245	7.55	6.21	193
Aug	0.235	7.35	6.04	187
Sep	0.21	6.25	5.10	153
Oct	0.155	4.85	3.72	115
Nov	0.1	3.06	2.33	69.9
Dec	0.07	2.245	1.6	49.6
Godišnje - Yearly		62		1510

- 1 Ed Srednja dnevna proizvedena električna energija (kWh)
Average daily electricity production from the given system (kWh)
- 2 Em Srednja mesečna proizvodnja datog sistema (kWh)
Average monthly electricity production from the given system (kWh)
- 3 Hd Srednja dnevna suma globalne iradijacije (kWh/m²)
Average daily sum of global irradiation (kWh/m²)
- 4 Hm Srednja mesečna suma globalne iradijacije (kWh/m²)
Average monthly sum of global irradiation (kWh/m²)



Grafik 1. PVGIS procena proizvodnje električne energije
Chart 1. PVGIS estimates of solar electricity generation

Akvizicija podataka. Pošto je osnovna ideja bila razviti sistem praćenja rada rezervoara koji su bez napajanja električnom energijom, pored načina napajanja, detekcija nivoa vode predstavljala je ključni cilj razvoja tehničkog rešenja. Takođe, bilo je potrebno pratiti i određene parametre radnog okruženja kao što je na primer detektovanje ulaska u objekat rezervoara.

Za prikupljanje navedenih podataka su iskorišćeni sledeći uređaji:

1. 6-kanalni detektor nivoa u rezervoaru,
2. komandno-kontrolni modul.

Detektor nivoa vode u rezervoaru, na osnovu sondi potopljenih u rezervoar, detektuje diskretne nivoe vode. Postoji šest sondi za merenje i jedna referentna sonda koja se postavlja na samo dno rezervoara. Na referentnu sondu se dovodi jednosmerni napon. Kada je neka od mernih sondi potopljena, kroz vodu protiče struja reda $\sim 1\text{-}5\text{mA}$, koju detektuje elektronika nivometra i tada se odgovarajući izlaz nivometra aktivira. Aktivno stanje izlaza je definisano kao napon od 12 V. Neaktivno stanje detektora je definisano kao napon 0 V. Svi izlazi detektora su opto-izolovani.

Detektovane nivoe vode detektor prosleđuje uređaju koji te signale dalje obrađuje i omogućava dalji prenos. Za navedene potrebe u tehničkom rešenju je upotrebljen komandno-kontrolni modul CCM 16/10 [3]. Ovaj komandno-kontrolni modul predstavlja kompaktni uređaj projektovan za prikupljanje informacija sa digitalnih ulaza, njihov prenos do udaljenog komandnog centra i upravljanje digitalnim izlazima na osnovu izdatih komandi. CCM-16/10 se u različitim aplikacijama koristi kao periferna jedinica kojom upravlja industrijski računar ili direktno, nadležni komandni centar.

U navedenom tehničkom rešenju ima funkciju prihvatanja digitalnih signala sa:

- šestokanalnog detektora nivoa vode u rezervoaru,
- senzora otvaranja vrata,
- detektora stanja akumulatora (napona) i rada foto-naponskog panela.

U prikazanom tehničkom rešenju CCM 16/10 komunicira sa industrijskim računarom u pumpnoj stanci putem ethernet komunikacionog kanala preko WiFi access point-a (AP-a). Komandno-kontrolni modul prosleđuje izmereni nivo vode rezervoara, stanje akumulatora i ulaznih vrata na objektu rezervoara.

Mapiranje signala na digitalnim ulazima je sledeće:

- DI-2 nivo napona akumulatora, DI-2=1 ako $V_{aku}>11.3\text{V}$
- DI-3 nivo napona akumulatora, DI-3=1 ako $V_{aku}>11.8\text{V}$
- DI-4 nivo napona akumulatora, DI-4=1 ako $V_{aku}>12.4\text{V}$
- DI-5 prisutnost foto naponskog panela, DI-5=1 ako $V_{fp}>8\text{V}$
- DI-6 vrata objekta DI-6=1 ako su vrata zatvorena
- DI-9 nivo vode 1, (minimalni) DI-9=1 ako je nivo postignut
- DI-10 nivo vode 2, DI-10=1 ako je nivo vode postignut
- DI-11 nivo vode 3, DI-11=1 ako je nivo vode postignut
- DI-12 nivo vode 4, DI-12=1 ako je nivo vode postignut
- DI-13 nivo vode 5, DI-13=1 ako je nivo vode postignut
- DI-14 nivo vode 6, DI-14=1 ako je novo vode postignut

Mapiranje signala na izlazima komandno-kontrolnog modula je kao što sledi:

- DO-8=1 auto-isključenje po završenoj komunikaciji sa pumpnom stanicom
- DO-9=1 uključenje WiFi AP-a
- DO-10=1 uključenje detektora nivoa u rezervoaru i detektora stanja akumulatora (napona) i rada foto-naponskog panela

Komandno-kontrolni modul je projektovan tako da poseduje ukupno 16 digitalnih ulaza i 10 digitalnih izlaza. Iz gore navedene liste se vidi da je iskorišćeno 11 digitalnih ulaza i 3 digitalna izlaza, što znači da postoji značajan kapacitet proširenja funkcija tehničkog rešenja.

Kontrola rada sistema. Kada je u pitanju kontrola rada sistema, prioritet je dat kontroli stanja sistema napajanja i kontroli radnih režima elektronskih uređaja. U tom smislu su primjenjeni principi:

1. detekcije stanja akumulatora i fotonaponskog sistema,
2. upravljanja radnim režimima ugrađenih uređaja.

Podatak o sistemu napajanja jedan je od najvažnijih aspekata na koji je obraćena pažnja upravo iz razloga što je cilj bio obezbiti visok nivo pouzdanosti autonomnog sistema. U tu svrhu je upotrebljen detektor stanja akumulatora (napona) i rada foto-naponskog panela.

Princip po kome detektor radi je detekcija napona akumulatora u 3 diskretna nivoa. Kada je napon akumulatora veći od praga detektovanja, odgovarajući izlaz detektora je aktiviran. Postavljeni pragovi su 11.3V, 11.8V, 12.4V. Pored detekcije stanja akumulatora, detektor ima ulogu provere stanja fotonaponskog panela. Ukoliko je fotonaponski panel osvetljen dnevnom svetlošću odgovarajući izlaz detektora je aktiviran. Aktivno stanje izlaza je definisano kao napon od 12V. Neaktivno stanje detektora je definisano kao napon 0V.

Kako je potrošnja sistema na poziciji rezervoara kritična zbog nemogućnosti napajanja iz distributivne niskonaponske mreže i ograničenog napajanja iz fotonaponskog panela u toku zimskog perioda, bilo je potrebno optimizovati algoritme upravljanja elementima sistema. Praksa je pokazala da postizanje visoke pouzdanosti sistema ne podrazumeva neprekidan rad svih delova sistema. Tako su za potrebu izrade tehničkog rešenja upotrebljena dva radna režima:

- aktivno stanje
- "sleep mod"

U tu svrhu kontrole radnim režimima elektronskih uređaja je upotrebljen kontroler uključenja komandno-kontrolnog modula CCM-16/10 koji nosi oznaku "watchdog tajmer". Njegova uloga je upravljanje uključenjem CCM-16/10 na osnovu određenog optimizovanog algoritma.

Na osnovu poznatih karakteristika elektronskih uređaja upotrebljenih u tehničkom rešenju određeno je da je potrošnja komponenta u navedenom "sleep" režimu manja od $200\mu\text{A}$. Tokom sleep režima tajmer kontrolera odbrojava 15 min, nakon čega kontroler prelazi u aktivni režim i svojim relejnim kontaktom aktivira napajanje komandno-kontrolnog modula CCM-16/10. Kada CCM-16/10 završi predviđeni ciklus, izlazom DO-8 signalizira kontroleru da ponovo pređe u sleep režim. Ukoliko CCM-16/10 ne signalizira DO-8 izlazom da je završio sa radom, posle 3 min kontroler automatski prelazi u sleep mod. Ovaj kontroler ima i ulogu detektovanja asinhronog događaja otvaranja vrata objekta rezerovara. Ukoliko se vrata otvore, kontroler automatski izlazi iz "sleep" režima, sa navedenim načinom rada.

Vremenski interval od 15 min je rezultat optimizacije algoritma upravljanja tokom početnih ispitivanja sistema. Na osnovu dijagrama potrošnje vode iz prethodnog perioda, izabran je tačan vremenski trenutak u kome se manifestovala najmanja potrošnja. U tako dobijenom vremenskom trenutku merena je brzina i maksimalna visina porasta vode u rezervoaru pri najmanjoj potrošnji. Na taj način je optimizovano i rastojanje na koje su sonde postavljene i vremenski interval očitavanja nivoa.

Iz opisanog se vidi da ovaj deo sistema u izvesnoj meri obezbeđuje distribuiranu inteligenciju jer kontroliše rad sistema po određenom algoritmu.

Komunikacija sa udaljenim centrom. Opisano tehničko rešenje ima značajnu prednost što za komunikaciju sa sistemom upravljanja odnosno udaljenim komandnim

centrom može da primeni većinu savremenih načina komunikacije kao što su: digitalni radio modemi, Wi-Fi, Dial-Up, ADSL, 3G, GSM/GPRS, fiberoptic itd.

U konkretnom slučaju je tehničko rešenje deo većeg centralizovanog sistema upravljanja, pa je za komunikaciju sa industrijskim računaram upotrebljen bežični WiFi Access Point (AP). Njegova uloga je da ostvari link sa *Access Point-om* u pumpnoj stanicici. Po ostvarivanju linka CCM-16/10, na upit od industrijskog računara u pumpnoj stanicici, prosledjuje podatke o stanjima na svojim ulazima i izlazima.

Isti princip se može iskoristiti i sa komunikacijom sa udaljenim centrom, gde je za način komunikacije moguće upotrebiti jedan od gore navedenih komunikacionih kanala.

Algoritam upravljanja. Početna pretpostavka je da je kontroler uključenja CCM-16/10 u "sleep" režimu. Po isteku 15 minuta aktiviraće se i uključiti napajanje CCM-16/10 modula koji će DO-10 izlazom aktivirati rad detektora nivoa vode u rezervoaru i detektora stanja akumulatora i fotonaponskog panela. Aktivirani detektori svojim izlazima pobuduju odgovarajuće ulaze CCM-16/10 modula, preslikavajući stanje nivoa vode u rezervoaru i stanje napunjenoštakumulatora. CCM-16/10 modul po očitavanju stanja na svojim ulazima, aktivira izlazom DO-9 napajanje WiFi AP-a. AP po ostvarivanju linka sa *Access Point-om* u pumpnoj stanicici, podatke iz CCM-16/10 prebacuje u industrijski računar u pumpnoj stanicici. Po završetku prebacivanja podataka CCM-16/10 izlazom DO-8 signalizira kontroleru da pređe u "sleep" režim. Ovim je ciklus završen.

Drugi mogući scenario je detekcija otvaranja vrata objekta. Kada su vrata objekta otvorena, kontroler uključenja CCM-16/10 modula, automatski izlazi iz "sleep" režima i počinje prethodno opisani aktivni ciklus. Važno je napomenuti da CCM-16/10 aktivira *Access Point* samo u slučaju da se stanja njegovih ulaza razlikuju u odnosu na prethodni ciklus. Na ovaj način se vrši dodatna ušteda energije u sistemu.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Opisano tehničko rešenje [2] je primenjeno na primeru rezervoara vodovodnog sistema u Knez Selu kod Niša. Na slici 2 je prikazan realizovan i ugrađen sistem. Na slici 3 je prikazan nosač antene sa ugrađenim solarnim panelima.



Slika 2. Realizovan autonomni sistem

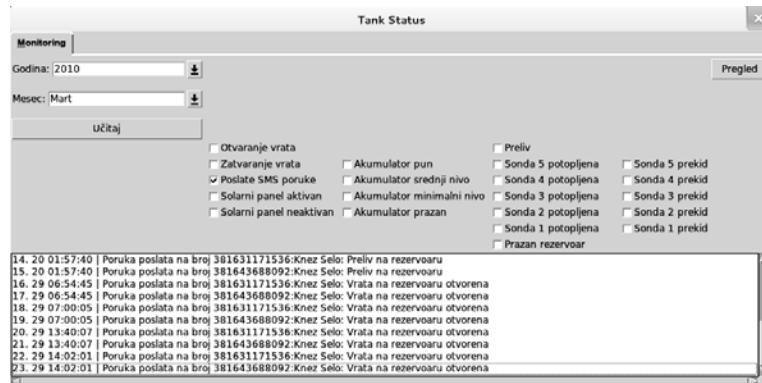
Figure 2. Implemented autonomous system



Slika 3. Fotonaponski paneli i antena WiFi AP

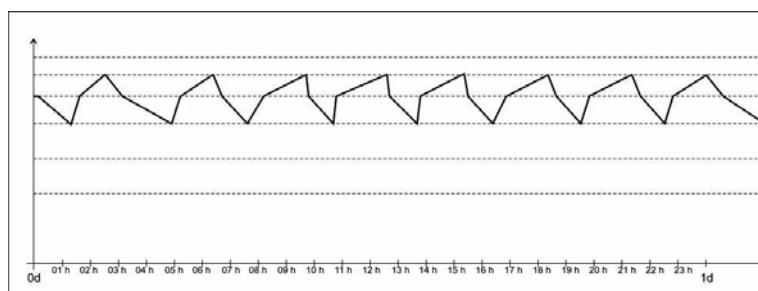
Figure 3. Photovoltaic panel and WiFi AP

Pored hardverske realizacije sistema bilo je potrebno izraditi i odgovarajući grafički korisnički interfejs putem kojeg bi bilo lako vršiti pregled snimljenih podataka. Na slici 4 je prikazan izgled korisničkog interfejsa za pregled podatka.



Slika 4. Korisnički interfejs za nadzor podataka

Figure 4. Monitoring data user interface



Grafik 2. Primer dnevnih očitanih vrednosti nivoa vode u rezervoaru

Chart 2. Example of daily readings of reservoir water level values

Prednosti predloženog tehničkog rešenja za formiranje autonomnog sistema za praćenje rada rezervoara koji su bez napajanja električnom energijom su:

- sistem je potpuno autonoman po pitanju napajanja;
- omogućuje upotrebu većine savremenih komunikacionih kanala;
- postoji mogućnost korišćenja većeg broja komunikacionih kanala (redundantnost u slučaju otkaza jednog od njih);
- omogućava prenos svih relevantnih podataka, tj. praćenje rada sistema i daljinsko upravljanje;
- sistem poseduje modularnost i lako se širi njegova funkcionalnost;

Tokom eksplotacije javili su se i određeni problemi na koji su uticali na izmenu predložene metodologije i dinamike održavanja. U periodu eksplotacije javila su se tri tipa otkaza delova sistema:

- pogrešna informacija usled pojave kalcifikacije sondi;

- otkaz izlaznog relea kontrolera uključenja CCM 16/10;
- otkaz akumulatora usled oksidacije priključnih klema akumulatora.

Korektivne mere preduzete na osnovu registrovanih kvarova obuhvataju korekciju predložene dinamike održavanja i preventivnu zamenu relea pre isteka njihovog deklarisanog radnog veka.

Važno je napomenuti da je u slučajevima nastanka kvarova sistem automatski vršio obaveštavanje operatera SMS porukom (Slika 4) sa specifikacijom kvara ili događaja u sledećem obliku:

,,05. 16 09:27:51 | Poruka poslata na broj 3816311*****:

Knez Selo: Rele u kvaru -*kod kvara*”

U slučaju otkaza akumulatora javlja se prekid u radu autonomnog sistema. Međutim sistem centralizovanog upravljanja pumpnim stanicama je u mogućnosti da bez posledica, na osnovu implementiranih algoritama učenja, automatski primeni odgovarajući odgovor na novonastalu situaciju tako da nema posledica po funkcionalnost sistema vodosnabdevanja.

ZAKLJUČAK

Sistem za praćenje rada rezervoara koji su bez napajanja električnom energijom, koji je prikazan u radu, služi za praćenje rada rezervoara koji su bez napajanja električnom energijom, ali se uz određene modifikacije, može efikasno primenjivati i u situacijama kada na rezervoarima postoji napajanje električnom energijom. U takvim situacijama ovaj sistem bi služio kao rezervni sistem napajanja i na taj način bi povećao pouzdanost sistema.

U radu je pokazano i da je u pogledu komunikacije predloženo tehničko rešenje otvorenog tipa i da je umesto Access Point-a moguće primeniti većinu savremenih komunikacionih modema.

Treba imati u vidu i da je tehničko rešenje prikazano u radu realizovano na osnovu konkretnih zahteva naručioca, ali i da postoji mogućnost proširenja sistema u smislu korišćenja preostalih digitalnih ulaza (npr. različiti senzori i detektori u cilju povećanja bezbednosti objekta), ili dodavanja inteligentnih elektronskih uređaja sa kojima bi CCM 16/10 ostvarivao komunikaciju preko RS 485 komunikacionog porta (inteligentni senzori temperature, inteligentni uređaji za merenje parametara kvaliteta vode, itd.).

Eksplotacijom opisanog tehničkog rešenja je pokazano da ovakav sistem, uz redovno održavanje elemenata, može neometano da funkcioniše pri svim vremenskim uslovima. Takođe je potvrđena i njegova visoka pouzdanost.

Ovo rešenje je projektovano tako da može imati primenu i u različitim inteligentnim sistemima energetskog menadžmenta, odnosno u inteligentnim energetskim mrežama (Smart Grids) [6].

LITERATURA

- [1] European Commission, European Solar Test Installation. *Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps*, PVGIS Dostupno na adresi: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>. [datum pristupa: 8.11.2011.]

- [2] Stajić, Z., Pejić, P., Stoilković, M., Mijucić, B., Stanković, M., 2010. *Tehničko rešenje: Autonomni sistem za praćenje rada rezervoara koji su bez napajanja električnom energijom; Kategorija: M85*; Istraživačko-razvojni centar "ALFATEC" Niš, april 2010; Dostupno na adresi: http://alfatec.rs/?page_id=61. [datum pristupa: 8.11.2011.]
- [3] Stajić, Z., Ilić D., Pejić, P., Kocić, M., Tasić, M.: *Tehničko rešenje: Komandno-kontrolni modul CCM 16/10; Kategorija: M84*; Istraživačko-razvojni centar "ALFATEC" Niš, april 2010; Dostupno na adresi: http://alfatec.rs/?page_id=61. [datum pristupa: 8.11.2011.]
- [4] Radičević, B., Vukić, Đ., Rajaković, N., 2008. *Stanje i perspektive obnovljivih izvora energije u Srbiji*, Poljoprivredna tehnika, Godina XXXIII, Broj 3, Str. 89 – 98, Beograd, decembar 2008.
- [5] Radičević, B., Mikićić, D., Vukić, Đ., 2009. *Energetski potencijal sunca u Srbiji i primena energije sunca u poljoprivredi*, Poljoprivredna tehnika, Godina XXXIV, Broj 4, Str. 53 – 62, Beograd, decembar 2009.
- [6] Stajić Z., Janjić A., Simendić Z., 2011. *Power quality and electrical energy losses as a key drivers for smart grid platform development*, Proceedings of the 15th WSEAS International Conference on Systems, "Recent Researches in System science", Corfu Island, Greece, July 14-16, pp. 417-422, 2011.

AUTONOMOUS SYSTEM FOR RESERVOIR MONITORING WITHOUT DISTRIBUTION NETWORK POWER SUPPLY

Predrag Pejić¹, Nenad Floranović¹, Đukan R. Vukić², Zoran P. Stajić³,

¹*Research and Development Center ALFATEC, Niš;*

²*University of Belgrade, Faculty of Agriculture-Institute of Agricultural Technology,
Belgrade-Zemun;*

³*University of Niš, Faculty of Electronic Engineering, Niš,*

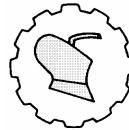
Abstract: Agricultural systems depend on water supply systems in great extent, whether they are used for irrigation, flood prevention or drinking water supply. However, in great number of cases, water reservoirs are built on locations without electrical energy supply, which makes the use of electronic control systems impossible, unless the autonomous electrical source is not assured. In this paper, technical solution for autonomous supply of the system for the monitoring of water reservoir performances, without public distribution grid supply is presented. The system is based on photovoltaic solar panel, and architecture and system functionality are described. For the sake of illustration, results of practical application of one system located in Niš are presented.

Key words: *autonomous system, water tank, electrical energy, monitoring*

Datum prijema rukopisa: 07.11.2011.

Datum prijema rukopisa sa ispravkama:

Datum prihvatanja rada: 09.11.2011.



UDK: 681.5/628.29

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

SISTEM CENTRALIZOVANOG UPRAVLJANJA PUMPNIM STANICAMA U SISTEMIMA VODOSNABDEVANJA

Zoran P. Stajić^{1*}, Milan Kocić², Aleksandar Janjić², Danijela Stajić³

¹ Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Niš

² Istraživačko-razvojni centar „Alfatec“ d.o.o. Niš

³ Elektrotehnička škola „Nikola Tesla“, Niš

Sažetak: U radu je opisan sistem centralizovanog upravljanja pumpnim stanicama. Pumpne stanice imaju veoma značajnu ulogu i predstavljaju elemente sistema od kojih se očekuje velika pouzdanost u radu. Međutim, većinu pumpnih stanica u našoj zemlji, bilo da se nalaze u komunalnim ili poljoprivrednim sistemima, karakteriše veoma nizak nivo tehničke opremljenosti. Ovakvo stanje ima za posledicu brojne negativne efekte kao što su: smanjenje energetske efikasnosti ovih sistema, povećanje troškova proizvodnje i povećanje broja kvarova u sistemu. U ovom radu su prikazane savremene tendencije kada su u pitanju upravljanje i kontrola procesa i uređaja na daljinu. Predložena je kompletna arhitektura sistema za upravljanje i dat je opis realizovanog integriranog tehničkog rešenja u sistemima vodosnabdevanja. Uvođenje kompletног centralizovanog rešenja za upravljanje pumpnim stanicama omogućava visoku pouzdanost i sigurnost u sistemu, povećani stepen energetske efikasnosti, kao i optimizovane procedure operativnog upravljanja i održavanja sistema.

Ključne reči: sistemi daljinskog upravljanja, multiagenti, vodosnabdevanje, pumpne stanice

UVOD

Bilo da se nalaze u sistemima vodosnabdevanja, irigacionim sistemima ili sistemima zaštite od poplava, pumpne stanice (PS) imaju veoma značajnu ulogu i predstavljaju elemente sistema od kojih se očekuje velika pouzdanost u radu [1], [2], [3], [4]. Njihovi

* Kontakt autor: Zoran Stajić, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija.
E-mail: zoran.stajic@alfatec.rs

Rad je deo realizacije projekta III 44006, koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

ispadi iz pogona u dužem vremenskom periodu nisu poželjni i obično imaju veoma negativne posledice. Iz tih razloga, poželjno je stalno pratiti rad pumpnih stanica i povećati njihov stepen zaštite i njihovu pouzdanost [2], a u slučaju pojave neželjenih ispada, omogućiti što brže otklanjanje uzroka ispada i ponovno puštanje PS u pogon.

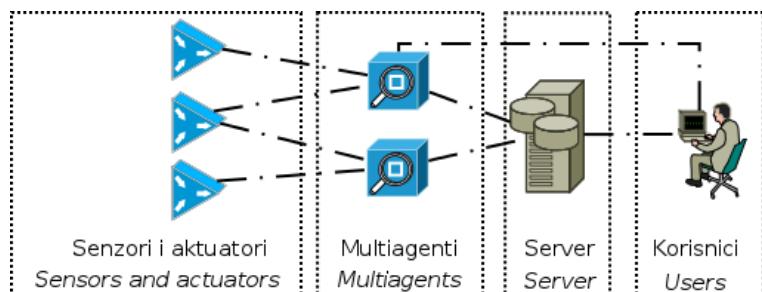
U ovom radu opisan je sistem centralizovanog upravljanja (SCU) pumpnim stanicama u sistemima vodosnabdevanja, koji je razvijen za potrebe centralizovanog praćenja i upravljanja radom PS iz jednog komandno-kontrolnog centra (KKC). Zahvaljujući detaljnim informacijama o radu pumpnih agregata i prateće opreme, koje pruža ovo tehničko rešenje [1], moguće je staviti ga u funkciju rezervnog sistema zaštite pumpnih stanica [2] i time smanjiti broj kvarova na minimalnu moguću meru i povećati pouzdanost sistema. Dodatna prednost sistema ogleda se u tome što on omogućava da se u slučaju nastanka kvara ili otkaza bilo kog elementa koji ugrožava rad pumpne stanice, informacije o tome odmah proslede nadležnim centrima i da se u što kraćem roku preduzmu odgovarajuće akcije na ponovnom puštanju PS u pogon.

Pored detaljnog opisa SCU PS u radu su prikazani i rezultati njegove dvogodišnje primene u jednoj PS u kojoj se javljao veliki broj problema. Posebna pažnja usmerena je na situacije koje su izazivale česte ispade PS i na načine prevaziđaženja ovih problema.

MATERIJAL I METODE RADA

Da bi se obezbedilo pravilno nadgledanje sistema i upravljivost sa privilegijama, SCU PS [1] je koncipiran tako da ima hijerarhijsku strukturu obezbeđujući time nadgledanje protoka podataka do najvišeg nivoa u sistemu upravljanja [6].

Funkcionalna arhitektura sistema prikazana je na Sl. 1.



Slika 1. Prikaz funkcionalne arhitekture sistema

Figure 1. Functional scheme of a system

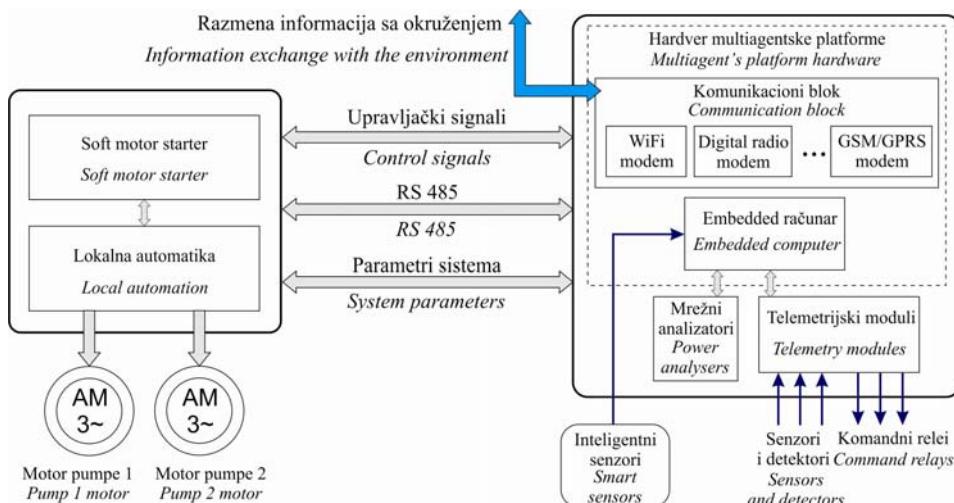
Sistem se identificuje kroz četiri nivoa: nivo senzora i aktuatora [7], nivo multiagenata [5], nivo servera podataka i nivo SCADA korisničke aplikacije.

Nivo senzora i aktuatora pokriva uređaje koji učestvuju u neposrednom menjaju i prikupljanju informacija sredine samog sistema. Tu se najčešće svrstavaju uređaji kojima se upravlja putem nekog od standardnih protokola (MODBUS, IEC, DNP3 i dr.), kao što su: panelni mrežni analizatori, telemetrijski i komandno-kontrolni moduli, PLC-i, motor starteri, frekventni regulatori, inteligentni temperaturni senzori i sl.

Multiagenti [5] predstavljaju specijalizovane softverske module čiji je zadatak da, na osnovu prikupljenih informacija sa senzora i predefinisanih zahteva, šalju signalizaciju aktuatorima i posredno utiču na stanje u sistemu.

Server podataka predstavlja nivo na kojem su smešteni svi relevantni podaci o sistemu. Pristup podacima sistema iz spoljne okoline vrši se isključivo preko servera podatka. Podaci se serveru dostavljaju od agenata s jedne strane i korisničkih aplikacija s druge strane, preko multikomunikacione infrastrukture koja podržava veliki broj komunikacionih kanala (ethernet, GSM/GPRS, digitalni radio modemi, wireless i dr.).

Nadgledanje sistema vrši se iz komandno-kontrolnog centra preko SCADA korisničke aplikacije [1]. Aplikacija pruža korisniku uvid u sve elemente sistema kao i u trenutno stanje sistema, uz hronološki registrator dogadaja.



Slika 2. Integracija nivoa multiagenata i nivoa senzora i aktuatora

Figure 2. Integration of multiagent level and sensor-actuator level

Na Slici 2 prikazana je blok šema integracije nivoa multiagenata [5] sa nivoom senzora i aktuatora u PS [7]. Za ova dva nivoa, koji su ključni za temu ovog rada, značajno je napomenuti da komunikacija sa panelnim mrežnim analizatorima i praćenje (snimanje) svih električnih parametara pogonskih motora pumpi, omogućava detaljan uvid u rad PS. Na ovaj način, indirektno se može stići slika i o radu pojedinih elemenata PS čiji se rad ne prati direktno [2]. Iz tih razloga, informacije sa panelnih mrežnih analizatora daju najbolji uvid u kompletno ponašanje sistema, i pomoću njih se lako otkriva svaka nepravilnost [2]. Tako detaljne informacije, u kombinaciji sa dodatnim informacijama koje stižu sa komandno-kontrolnih modula, ili implementiranim inteligentnih senzora, omogućavaju da se za svaku od karakterističnih situacija projektuju odgovarajući multiagenti i da se za većinu njih nađu softverska rešenja, koja se mogu implementirati iz KKC, bez potrebe za obilaskom objekata.

U narednom delu su opisana ovakva rešenja, za različite situacije u PS Knez Selo.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Elementi SCU PS koji je opisan u prethodnom odeljku, instalirani su na lokacijama PS Knez Selo (Sl. 3, Sl. 4), rezervoara Knez Selo (Sl. 5) i PS niskog pritiska "Mediana" (Sl. 6) koje pripadaju JKP „Naissus“ Niš.



Slika 3. Pumpna stanica „Knez Selo“
Figure 3. Pump station „Knez Selo“



Slika 4. Oprema u PS „Knez Selo“
Figure 4. Equipment in PS „Knez Selo“



Slika 5. Rezervoar „Knez Selo“
Figure 5. Reservoir „Knez Selo“



Slika 6. Pumpna stanica niskog pritiska „Mediana“
Figure 6. Low pressure pump station „Mediana“

U svim ovim slučajevima demonstrirana je interoperabilnost primjenjenog tehničkog rešenja sa opremom različitih proizvođača [8]. Pri tome je to učinjeno i na nivou savremenih inteligentnih elektronskih uređaja (PLC Siemens, panelni mrežni analizatori Schneider i Circutor, frekventni regulator Danfoss, motor Starter Mitzubishi, itd.), kao i na nivou stare opreme koja je već decenijama postojala u ovim objektima, što je nesumnjivo jedna od najvećih prednosti ovog sistema.

U pogledu komunikacionih kanala takođe su demonstrirane različite tehnologije (digitalni radio, Wi-Fi, GSM/GPS modemi i njihove kombinacije), što ukazuje na to da ovaj sistem spada u red najsavremenijih multifunkcijskih multikomunikacionih sistema koji veoma jednostavno mogu postati deo složenijih inteligentnih sistema energetskog menadžmenta ili inteligentnih energetskih mreža (Smart Grids) [9], [10].

Od posebnog interesa za ovaj rad je činjenica da su, pored osnovnih funkcija daljinskog upravljanja u normalnim radnim režimima, koje poseduje SCU PS, dograđene i brojne funkcije informisanja i alarmiranja na pojavu različitih neregularnih stanja, kao i funkcije rezervnog sistema zaštite PS, čime je ovaj sistem značajno unapređen. Razvoj i implementaciju dodatnih naprednih funkcija uslovili su praktični problemi koji su se javljali u eksploraciji PS (posebno u PS Knez Selo). Opis dodatnih funkcija koje su realizovane isključivo kao rezervni sistemi zaštite PS, dat je u narednom delu kroz opis problema koji su se javljali i primenjenih algoritama za njihovo otklanjanje.

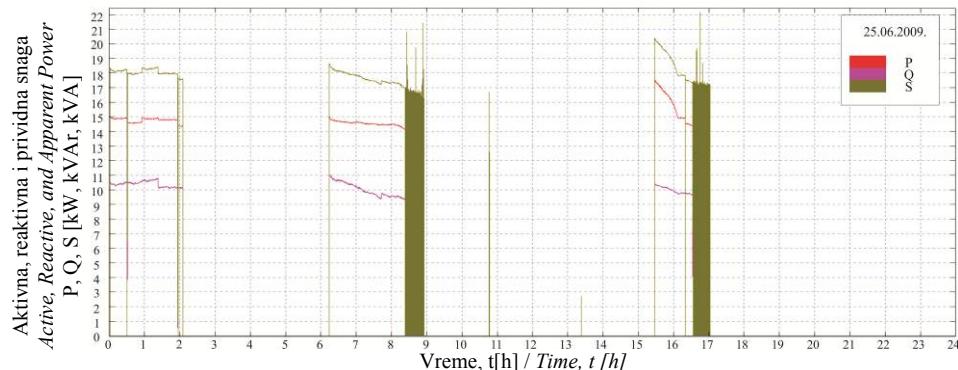
Zaštita od nepotrebnih uključenja/isključenja pumpnih agregata

Već po instaliranju sistema i njegovom puštanju u pogon (25.05.2009. godine) u PS Knez Selo je uočeno da se u toku rada pumpnih agregata periodično javlja veliki broj nepotrebnih uključenja, odn. isključenja. Pregledom snimljenih podataka za mesec jun zaključeno je da je kod oba agregata zabeleženo ukupno oko 500 nepotrebnih uključenja i isključenja (Graf. 1). Razlog za to bio je u tome što se radi o PS koja iz druge visinske zone vodu prepumpava u treću, tako da relativno često (u uslovima povećane potrošnje ili pri ispadu neke od PS u nižim visinskim zonama) dolazi do pada pritiska na usis pumpi. Da bi se spričio rad pumpi „na suvo“, na usisnom cevovodu PS postoji presostat čiji je zadatak da, pri pojavi pritiska manjeg od neke unapred zadate vrednosti, preko izvršnog relea, daje signal za isključenje pumpnog agregata koji je u radu.

Kako su često pojave pada pritiska bile prolazne, to su pumpe u takvim uslovima mogle da nastave sa radom odmah nakon ponovnog uključenja, pa je lokalna automatika bila podešena tako da, već nakon 30 sekundi od prorade zaštite i isključenja pumpe, pokuša sa ponovnim uključenjem. Naravno, kada se nije radilo o prolaznim kvarovima periodična neuspšena uključenja (i isključenja) pumpnih agregata su se ponavljala dok neki od elemenata u sistemu ne strada ili dok, nakon pražnjenja rezervoara i dojave od strane građana, osoba zadužena za održavanje ne otkloni kvar ili ispusti vazduh iz cevovoda i ponovo pokrene pumpu.

Ovako veliki broj nepotrebnih uključenja i isključenja pumpnih agregata izlagao je svu opremu velikim naprezanjima, pa su i remonti opreme bili veoma česti, kao i ispadi PS iz pogona. Zahvaljujući adekvatnom projektovanju u SCU PS i primjenjenim protokolima koji su omogućili da se u ovom sistemu svaki od računara u udaljenim objektima vidi kao deo jedinstvene *peer-to-peer VPN* mreže, opisani problem je rešen softverski iz KKC, bez potrebe za odlaskom u PS, ili za bilo kakvom hardverskom izmenom sistema. Ova mogućnost takođe predstavlja jednu od dominantnih prednosti

primjenjenog tehničkog rešenja, tako da je korišćena i prilikom rešavanja problema koji su opisani u narednim primerima.



Grafik 1. Rad pumpe sa nepotrebnim uključenjima i isključenjima

Chart 1. Unnecessary on/off regimes in pump operation

Za prevazilaženje prethodno opisanog problema, projektovan je agent [5] koji, na osnovu informacija o nivou vode u rezervoaru i podataka o snazi koju pogonski motor pumpe koja je u radu vuče iz mreže, daje komande za uključenje ili isključenje pumpnih agregata i šalje odgovarajuće SMS poruke. Primenom ovog agenta, broj isključenja i uključenja pumpnih agregata nakon svakog prvobitnog reagovanja sistema zaštite sveden je na maksimalno 3, od kojih su dva uzastopna pokušaja bila u razmaku od 30 sekundi, a treći se dešavao 10 minuta nakon drugog. U slučaju da je i treći pokušaj bio neuspešan, agent je slao SMS poruku licu zaduženom za održavanje PS Knez Selo: „Pumpa ne može da startuje zbog reagovanja sistema zaštite od rada „na suvo“.“

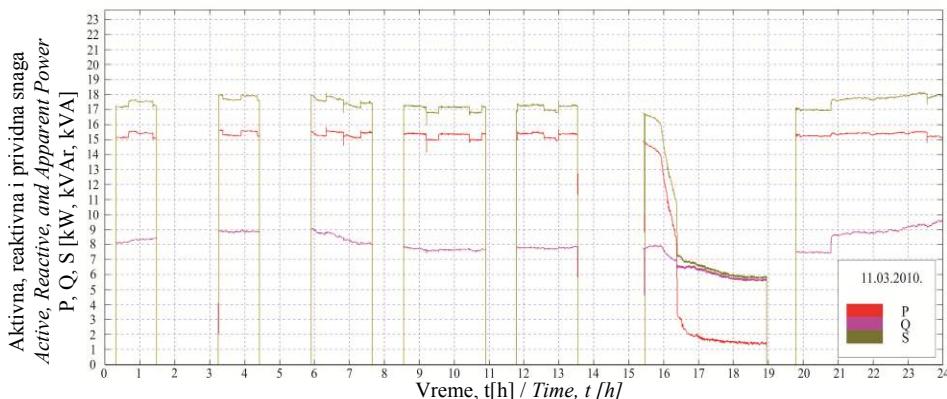
Zaštita od rada pumpe „na suvo“

Veliki broj prorada sistema zaštite od rada pumpe „na suvo“ dovodio je do novog, daleko ozbiljnijeg problema u radu PS, koji je takođe zahtevao adekvatno rešenje. Naime, zbog nekoliko stotina prorada sistema zaštite dolazilo je, s vremenom na vreme, do kvarova na izvršnom releu presostata, nakon čega je ovaj sistem zaštite bio van funkcije i pumpni agregati su ulazili u nedozvoljene režime rada (rad „na suvo“), koji su često trajali i po nekoliko časova (Graf. 2). Zbog pogoršanih uslova hlađenja, u ovakvim situacijama su često stradali ležajevi pumpi, ili su se, zbog prevelikih termičkih naprezanja, javljala i druga mehanička oštećenja, nakon kojih su pumpe morale biti remontovane.

Analizirajući ponovo snimljene dijagrame (Graf. 2), autori su zaključili da u ovakvim situacijama pumpni agregati ulaze u takav režim da pogonski motori iz mreže povlače snage mnogo manje čak i od snage praznog hoda.

Merenjima koja su izvršena na pumpnim agregatima je zaključeno da je snaga koju pogonski motori oba pumpna agregata vuku iz mreže u praznom hodu (pri potopljenom radnom kolu i maksimalno zatvorenim ventilima na potisu) veća od 13 kW. Ovaj uslov je iskorišćen za realizaciju novog agenta koji predstavlja rezervni sistem zaštite pumpi

od rada „na suvo“. U tom smislu, čim sistem u normalnim režimima rada pumpi detektuje snage motora manje od 13 kW, već nakon 30 sekundi daje signal za isključenje pumpnog agregata. Ova komanda u sistemu ima tretman identične komande koju je, u normalnim okolnostima, izdavao presostat. Nakon toga se procedura opisana u prethodnom odeljku ponavlja i krajnji ishod je ponovno uspešno uključenje, ili slanje SMS poruke ekipi održavanja nakon tri neuspela pokušaja (Graf. 2). Format poruke je sada drugačiji i ukazuje na moguć kvar presostata.



Grafik 2. Problem nedozvoljenog rada pumpi (rad „na suvo“)
Chart 2. Problem of irregular pump operation (“dry mode” operation)

Zaštita od prekida komunikacije sa rezervoarom

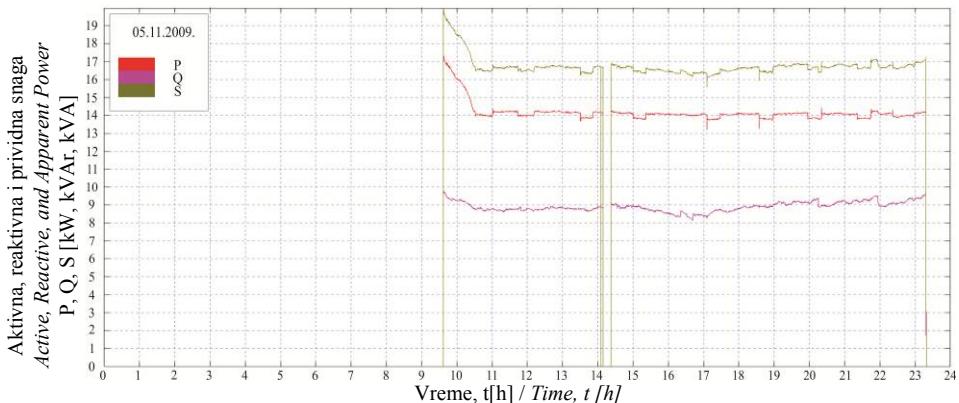
U pojedinim slučajevima u toku eksploracije PS postoji mogućnost prekida komunikacije sa rezervoarom. U dosadašnjoj dvoipogodišnjoj eksploraciji sistema, ova pojava se desila dva puta: jednom zbog stradanja izvršnog relea u *watchdog* tajmer modulu na rezervoaru, a drugi put zbog pražnjenja akumulatora. Praktičan ishod problema prekida komunikacije između PS i rezervoara zavisi od stanja u kojem se nalazila PS pre gubitka komunikacije. Ukoliko je u trenutku gubitka komunikacije neka od pumpi u PS radila, ona će nastaviti sa radom i neće dobiti odgovarajući signal za isključenje (Graf. 3). Posledica toga će biti nepotrebno pumpanje mnogo veće količine vode i njeno prelivanje iz rezervoara, što pored nepotrebne potrošnje električne energije, ima i štetne ekološke posledice zbog oticanja hlorisane vode ka najbližim rekama. Ako su, pak, u trenutku nestanka komunikacije, pumpe u PS bile isključene, one neće dobiti odgovarajući signal za uključenje i ubrzo će doći do potpunog pražnjenja rezervoara.

Pražnjenje rezervoara takođe ima veoma neželjene posledice jer nepotrebno ostavlja potrošače bez vode, a ima za posledicu i povećanje potrošnje aktivne snage u periodu punjenja rezervoara (Graf. 1, Graf. 3), što povećava maksimalnu angažovanu snagu i iznose na računima za utrošenu električnu energiju.

Da bi se izbegle negativne posledice gubitka komunikacije između rezervoara i PS, iskorisćeni su podaci iz normalnog rada PS kao podrška odlučivanju i projektovan je novi agent.

Agent iz normalnih režima rada PS izvlači podatke o najdužem i prosečnom vremenu rada pumpnih agregata, zavisno od doba dana i od meseca u godini, kao i o najdužem i prosečnom trajanju pauze između dva uključenja.

Prvi put kada rad pumpi potraje više od najdužeg radnog intervala ovaj agent daje komandu za isključenje pumpe, zatim čeka za period najduže zabeležene pauze, nakon čega nastavlja sa cikličnim uključenjima i isključenjima pumpnih agregata prema prosečnom vremenu rada odnosno pauze za aktuelno doba dana i za dati mesec.



Grafik 3. Problem gubitka komunikacije sa rezervoarom (izostanak signala za isključenje)
Chart 3. The problem of communication loss between the reservoir and PS („off signal“ absence)

Kada do prekida komunikacije dođe u režimima kada su pumpe u PS bile isključene, odmah po isteku najdužeg vremena pauze između dva registrovana uzastopna uključenja pumpi, agent daje komandu za uključenje i nakon najdužeg perioda rada nastavlja sa periodičnim isključenjima i uključenjima prosečnog trajanja. Na taj način sprečavaju se veći preliv ili pražnjenja rezervoara do dolaska ekipe održavanja, kojoj se šalje SMS čim se pokrene agent ili, ukoliko se pojavi desi noću, na početku radnog vremena.

Ostale zaštite

Zaštita od kalcifikacije sondi za merenje nivoa vode (pojava kamenca). Zbog pojave kamence na sondama javljaju se i situacije kada sonde ne mogu adekvatno preneti impulse nakon potapanja, ali se i ovakve situacije lako detektuju i blagovremeno signaliziraju ekipama održavanja.

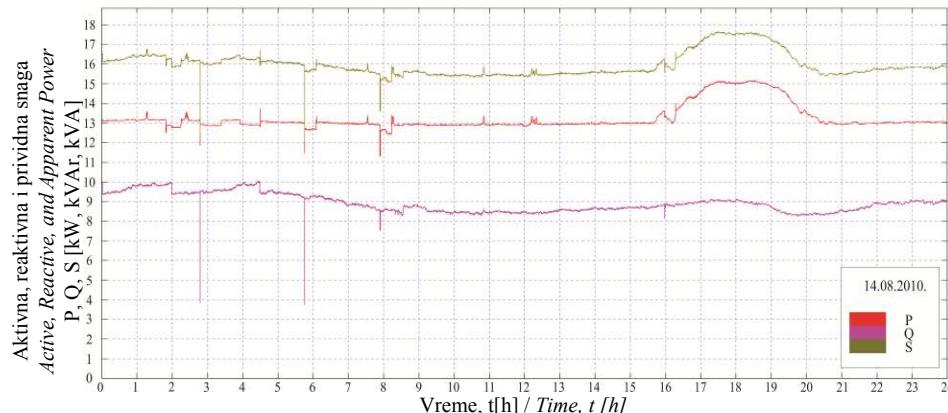
Zaštita od preliva i od nepotrebnog pražnjenja rezervoara. U normalnim okolnostima ulogu zaštite od preliva igra sonda postavljena 15 cm iznad gornje granične sonde koja daje nalog za isključenje pumpi, a 5 cm od samog preliva, a u slučajevima gubitka komunikacije ili pojave kamenca na sondama prethodno opisani agenti. Ulogu zaštite od pražnjenja rezervoara imaju donja granična sonda i prethodno opisani agenti.

Zaštita od neovlašćenih upada u objekte. Ova zaštita je realizovana pomoću senzora vrata koji su postavljeni na vratima objekata, detektora pokreta unutar objekata i web

kamera. Agent koji je u ovu svrhu realizovan šalje odgovarajuće SMS poruke odmah nakon otvaranja vrata ili reagovanja nekog od detektora pokreta.

Indikacija povećane potrošnje vode u sistemu

Naglo povećanje potrošnje vode u sistemu dovodi do pada napora i povećanja protoka pumpi i aktivne snage koju pogonski motor pumpe povlači iz mreže (Graf. 4).



Grafik 4. Primer uvećanja potrošnje vode u sistemu
Chart 4. An example of excessive water consumption in the system

Snaga na vratilu pumpe (približno i aktivna snaga koju pogonski motori u ovakvim režimima povlače iz mreže) se menja proporcionalno trećem stepenu protoka, pa povećanje protoka izaziva veliki porast snage u odnosu na normalne režime rada pumpe. Ovakvo povećanje aktivne snage nije karakteristično za normalne režime rada i javlja se kod naglih većih padova pritiska u cevovodu (pučanje cevi, neovlašćena potrošnja i sl.). Ove pojave prati još jedan agent analizirajući povećanje ukupne aktivne snage, a već posle nekoliko minuta od nastanka pojave, šalje SMS poruke nadležnim službama. Na ovaj način su otkrivena dva oštećenja na potisnom cevovodu PS Knez Selo.

ZAKLJUČAK

U radu su, na primeru pumpne stanice i rezervoara "Knez Selo", koji pripadaju JKP "Naissus" Niš, prikazani rezultati praktične primene sistema centralizovanog upravljanja pumpnim stanicama. Pokazano je da, ovo savremeno tehničko rešenje [1], koje je instalirano u pomenutim objektima 25.05.2009. godine, zbog svoje interoperabilnosti, ima praktično neograničene mogućnosti nadogradnje u smislu uključivanja novih elemenata (različiti davači, motor starteri, frekventni regulatori, PLC-i, itd.). Pored toga, pokazano je da je sistem koncipiran tako da se, nakon otkrivanja bilo kakve nepravilnosti u radu PS, projektovanjem i primenom odgovarajućih multiagenata koji mogu preuzeti ulogu rezervnih sistema zaštite, najveći broj problema može softverski prevazići i

sprečiti njihovo ponovno pojavljivanje. Na ovaj način, značajno se redukuje broj ispada PS, smanjuju se troškovi održavanja i povećava energetska i poslovna efikasnost PS.

Rešenje je primenljivo na sve tipove PS i omogućava jednostavnu integraciju sa inteligentnim sistemima energetskog menadžmenta ili sa "smart grid" aplikacijama.

LITERATURA

- [1] Stajić, Z., Kocić, M., Pejić, P., Antić, D., Tasić, M., 2010. *Sistem centralizovnog upravljanja pumpnim stanicama u komunalnim sistemima gradova*; tehničko rešenje, kategorija: M82-industrijski prototip, Elektronski fakultet u Nišu, Odluka br. 07/01-005/10-085 od 29.04.2010, Dostupno na adresi: http://alfatec.rs/tehnicka_resenja/3_scu_ps_ind_prototip.pdf, 2010. [datum pristupa: 14.11.2011.]
- [2] Stajić, P. Z., Milenković, V., 2006. *Measuring information system for the pump station control in the function of prevention engineering*, Facta Universitatis Series: Working and Living Environmental Protection Vol. 3, No. 1, pp. 73-81, 2006.
- [3] Stajic, Z., Radić, M., 2008. *An example of extreme increase of pump station's energy efficiency*, Communications in dependability and quality management - An International Journal, Vol. 11, No. 2, June 2008.
- [4] Radić, M., Nikolić, D., Stajić, Z., Vukić, Đ., 2005. *Praktičan primer povećanja energetske efikasnosti malih pumpnih stanica reprojektovanjem*, Poljoprivredna tehnika, Godina XXX, Broj 2, Str. 43 – 52, Beograd, decembar 2005.
- [5] Stephen, D.J., McArthur, D.J.S., Davidson, M.E., Catterson, M.V. Dimeas, L.A., Hatzigaryiou, D.N., Ponci, F., Funabashi, T., 2007. *Multi-Agent Systems for Power Engineering Application Part I: Concepts, Approaches, and Technical Challenges, and Part II: Technologies, Standards, and Tools for Building Multi-agent Systems*, IEEE transactions on power systems, vol. 22, No. 4, pp. 1743-1759, November 2007.
- [6] Cembrano, G., Wells, G., Quevedo, J., Perez, R., Argelaguet, R., 2000. *Optimal control of a water distribution network in a supervisory control system*, Control Engineering Practice, Vol. 8, No. 10, pp. 1177-1188, 2000.
- [7] Oljača, V.M., Vukić, Đ., Ercegović, Đ., Radivojević, D., Momirović, N., Topisirović, G., Gligorević, K., Radičević, B., 2008. *Bežični senzori u poljoprivredi danas, i buduće perspektive primene*, Poljoprivredna tehnika, Godina XXXIII, Broj 1, Str. 7 – 20, Beograd, decembar 2008.
- [8] IEEE Std 2030™-2011, *IEEE Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS), End-Use Applications, and Loads*, IEEE Standards Association, New York, USA, September 2011.
- [9] Stajić, Z., Janjić, A., Simendić, Z., 2011. *Power quality and electrical energy losses as a key drivers for smart grid platform development*. Proceedings of the 15th WSEAS International Conference on Systems, “Recent Researches in System science”, Corfu Island, Greece, July 14-16, pp. 417-422, 2011.
- [10] Janjić, A., Stajić, Z., Radović, I., 2011. *Power Quality Requirements for the Smart Grid Design*, International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing, Issue 6, Vol. 5, pp. 643 – 651, 2011.

PUMP STATION CENTRALIZED MANAGEMENT IN WATER SUPPLY SYSTEMS

Zoran P. Stajić¹, Aleksandar Janić², Milan Kocić², Danijela Stajić³

¹ University of Niš, Faculty of Electronic Engineering, Niš;

² Research and Development Center „ALFATEC“, Niš;

³High school of Electrical Engineering „Nikola Tesla“, Niš

Abstract: The pump station centralized management system is described in this paper. Pump stations represent the elements of extreme importance in these systems with the great level of expected reliability. However, the majority of these stations in Serbia, whether they are used for utility systems, or for agriculture, is characterized with low technical level. This condition consequently leads to the great number of negative effects, resulting in decreased energy efficiency, increased operational costs and increased number of failures. In this paper, modern trends in remote process control of these systems are presented. Complete system architecture is proposed, and the implementation of this technical solution on one water supply system in Serbia is described. The introduction of centralized solution for the pump stations control enables high system reliability and security, increased energy efficiency and optimized procedures of operational control and maintenance.

Key words: *remote control systems, multiagents, water supply, pumping stations*

Datum prijema rukopisa: 07.11.2011.

Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 14.11.2011.

Datum prihvatanja rada: 17.11.2011.



UDK: 631.372:669-8

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

INFORMACIONE TEHNOLOGIJE U FUNKCIJI RAZVOJA POLJOPRIVREDNE TEHNIKE

Rajko Radonjić*, Aleksandra Janković, Dragoljub Radonjić, Jasna Glišović

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

Sažetak: U ovom radu su razmotreni trendovi primene aktivnih komponenata i informacionih tehnologija u konstrukcijama savremene poljoprivredne mehanizacije. Predložen je i diskutovan jedan pristup analizi traktorskih sistema sa aspekta korišćenih strategija upravljanja i raspodele zadataka upravljanja po hijerarhijskim nivoima. Značaj karakteristika podistema, vozač – traktor, i regulator - traktor, na performanse praćenja putanjem ukupnog traktorskog sistema ilustrovan je sa simulacionim rezultatima

Ključne reči: *traktor, sistem, informacione tehnologije, nivoi upravljanja, model, simulacija.*

UVOD

Različite konfiguracije poljoprivrednih mašina i oruđa u sprezi sa pogonskim jedinicama, traktorima, kao traktorski sistemi, zavisno od operacije koju obavljaju, zahtevaju veći prostor za kretanje sa većim brojem stepeni slobode u odnosu na druge tipove kopnenih vozila. Misli se pre svega, na šinska vozila, koja su strogo vođena šinama, kao i drumska, koja su slobodno vođena, ali u granicama raspoloživog i uredenog koridora kretanja. Osim toga, traktorski sistemi se kreću i rade u težim uslovima s obzirom na mogućnosti realizovanja potrebne propulzivne sile, održavanja stabilnog i bezbednog kretanja uz istovremeno ispunjavanje sve strožih agrotehničkih i ekonomskih zahteva. Pri tome, treba imati u vidu i kompleksnu funkciju ljudskog operatora, rukovaoca traktorskog sistema, koja u slučaju manuelnih komandi, obuhvata često, istovremeno upravljanje kretanjem traktora i radom priključenog uređaja.

Gore istaknuti problemi su prisutni počev od upotrebe prvog traktora pa do današnjeg vremena a bitno su uticali na razvoj konstrukcije poljoprivredne mehanizacije, prateće opreme, načina obavljanja radnih procesa, kontrole i upravljanja. Pri tome, prve kontrolisane promenljive odnosile su se na radne parametre motora traktora i to, broja

* Kontakt autor: Rajko Radonjić, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, Srbija.

E-mail: rradonjic@kg.ac.rs

obrtaja kolenastog vratila, temperature i pritiske radnih medija, hlađenje, podmazivanje i sl., u smislu zaštite od preopterećenja i postizanja razumnog veka upotrebe.

Jedna od značajnih komponenti sistema, uredaj za priključak radne mašine/oruđa za traktor, namenjen za vuču, pogon, podizanje, spuštanje tereta i sl., realizovan je u tom periodu kao mehanički prostorni mehanizam. I tako, od mehanike, preko hidraulike, elektrotehnike/elektronike, njihovih kombinacija u mehatroniku, uz primenu računarske tehnike, do informaciono – komunikacionih tehnologija i svestranu podršku globalnih i lokalnih pozicionih sistema, trasiran je razvojni put poljoprivredne mehanizacije sa posebno intenzivnim tempom razvoja zadnje dve decenije. Uz to, treba istaći da su ovome izuzetno doprinele informacione tehnologije [1], [2], [3], [5], [6], [11], segmenti direktno uključeni u proces razvoja poljoprivredne tehnike, kao i oni preneti iz srodnih sektora, terenskih i drumskih vozila, [7], [8], [12].

MATERIJAL I METODE RADA

Povećanje efikasnosti poljoprivredne proizvodnje zahteva primenu savremene mehanizacije sa mogućnošću kontrole i optimalnog doziranja inputa, odnosno, ulaganja rada, energije, goriva, maziva, semena, hraniva, zaštitnih sredstava i sl., kao i kontrole izlaza, odnosno, uslova i načina ubiranja useva, načina transporta, skladištenja, čuvanja. I na kraju, pokazatelj efikasnosti korišćenja mehanizacije je odnos prema zahtevima očuvanja mehaničkih, fizičkih, hemijskih potencijalnih svojstava tla, kao preduslova za uspešnu proizvodnju u narednim periodima. Pri specifikaciji ovih zahteva i očekivanih rezultata posebno se ponderiše značaj primene adekvatnih traktorskih sistema, njihova usaglašenost s obzirom na vučnu efikasnost, energetske zahteve, kvalitet obavljenih radnih zadataka.

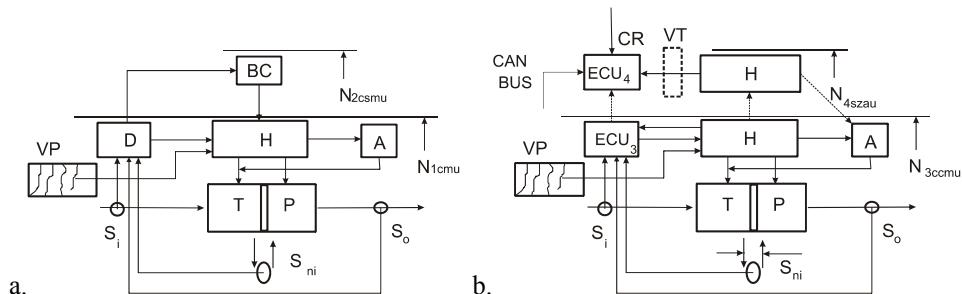
Progres u razvoju i primeni savremenih naučnih i tehničkih dostignuća, kao što je prethodno istaknuto, omogućava optimalno projektovanje baznih komponenta traktorskih sistema, pogonske, vučene jedinica, kao i implementaciju komponenata aktivne kontrole, njihovu integraciju, značajnog preduslova za delimičnu ili potpunu automatizaciju radnih procesa i operacija. Ovim se stvara autonomni traktorski sistem, sa mogućnostima uključivanja u lokalne i globalne sisteme za podršku kretanja i rada.

Imajući u vidu gore iznete probleme i u vezi sa njima aktuelne zahteve, u okviru konkretnih istraživačkih zadataka, formirali smo sopstveni pristup za analizu i vrednovanje kontrolno – upravljačkih funkcija traktorskog sistema, po nivoima, zavisno od stepena implementacije komponenata aktivne kontrole i raspodele funkcija između ljudskog faktora i automatskih regulatora, dakle, automatskih upravljačkih jedinica. Pri tome, naš pristup se u određenom smislu razlikuje od pristupa prikazanih u radovima, [9], [10].

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Prema Sl. 1a, ljudski faktor, rukovalac, H , formira sa traktorom T i priključnom mašinom - oruđem, P , zatvoren regulacioni krug. Za kontrolno – upravljačku akciju rukovalac koristi informacije iz svog vidnog polja VP , kao i sa pokazivača D , koji su spregnuti senzorima, na ulazu sistema S_i , na izlazu, S_o , na mestima interakcije

traktorskog sistema sa okruženjem, S_{ni} . Dakle, ovaj nivo interakcije rukovalac – traktorski sistem, obeležen je sa oznakom N_{1cmu} , kao najniži hijerarhijski nivo kontrole sa manuelnim upravljanjem, pri kome rukovalac na bazi prikupljenih informacija i formirane odluke dejstvuje na manuelne komande za promenu parametara kretanja i rada, direktno i/ili preko servopojačala, A . Viši nivo kontrole i upravljanja, N_{2syum} , prikazan na istoj slici (Sl. 1a), uz primenu računara, BC , za prijem podataka sa senzora, obradu istih i komuniciranje sa rukovaocem, u smislu obavljanja manuelnog upravljanja, predstavlja korak dalje u poboljšanju performansi posmatranog radnog sistema.

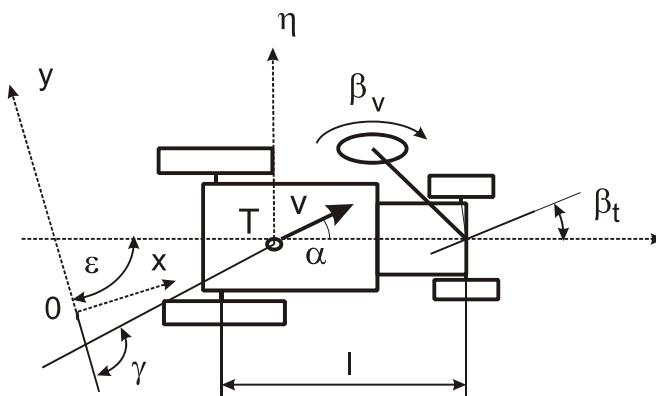


Slika 1(a,b). Nivoi upravljanja traktorskih sistema

Figure 1(a,b). Control levels of tractor systems

H	rukovalac
<i>operator</i>	
T	traktor
<i>tractor</i>	
P	priključna mašina
<i>attachment</i>	
VP	vidno polje rukovaoca
<i>operators field of view</i>	
D	pokazivač
<i>display</i>	
S_i	senzori na ulazu u sistem
<i>sensors at systems entrance</i>	
S_o	senzori na izlazu iz sistema
<i>sensors at systems exit</i>	
S_{ni}	senzori na mestima interakcije traktorskog sistema sa okruženjem
<i>sensors at points of interaction of tractor system and surroundings</i>	
A	servopojačalo
<i>servo-amplifier</i>	
ECU_i	elektronske kontrolne i upravljačke jedinice
<i>electronic control and operation units</i>	
N_{1cmu}	najniži nivo kontrole sa manuelnim upravljanjem
<i>lowest control level with manual operation</i>	
N_{2syum}	viši nivo kontrole i upravljanja
<i>higher control and operation level</i>	
N_{3ccmu}	nivo kontrole i upravljanja uz komunikaciju kontrolne jedinice i rukovaoca
<i>control and operation level with communication of control unit and operator</i>	
N_{4szau}	nivo kontrole i automatskog upravljanja.
<i>control level with automatic operation</i>	

Slika 1b prikazuje više nivoa komuniciranja i raspodele funkcija između rukovaoca, radnog sistema, sistema kontrole i upravljanja, kontrolnih centara, sistema za podršku i navođenje. Naime, u strukturu posmatranog radnog sistema, uvedene su elektronske kontrolne i upravljačke jedinice, opštne oznaće, ECU_i , sa specificiranim funkcijama na strani traktora i na strani priključne mašine. Viši nivoi primene podrazumevaju njihovu integraciju i umreženje u $CAN BUS$ sistem. Nivo kontrole i upravljanja na Sl. 1b, obeležen sa N_{3ccmu} , obezbeđuje značajnu komunikaciju između kontrolne jedinice, na ovom nivou označena sa ECU_3 , i rukovaoca, H u smislu informisanja o stanju, vrednostima kontrolisanih promenljivih i sugestije za akciju manuelnog upravljanja preko A . Na sledećem hijerarhijskom nivou, N_{lszau} , (Sl. 1b gore), rukovalac je oslobođen funkcije manuelnog upravljanja. Njegova funkcija je sada, inicijalna naredbodavna, kroz specificiranje ulaznih podataka radnog zadatka. Dalje funkcije, prikupljanje i obrada podataka, kontrola, upravljanje u smislu vođenja i izvršenja radnih procesa obavlja napredan informaciono – komunikacioni sistem.



Slika 2. Model bočne dinamike traktora

Figure 2. Tractor lateral dynamics model

Za ravanski model traktora, prikazan na Sl. 2, sa bočno elastičnim pneumaticima, mogu se uspostaviti relacije između koordinata položaja referentne tačke T , i uticajnih parametara, [4]:

$$\gamma = \gamma_1(\varepsilon, \alpha) = \gamma_2(v, l, \beta_t, \delta_1, \delta_2) \quad (1)$$

$$y = y(v, \varepsilon, \alpha) \quad (2)$$

sa uvedenim oznakama:

$\gamma, \varepsilon, \alpha$ ugaone koordinate,
angle coordinates,

y translatorna koordinata,
translational coordinate,

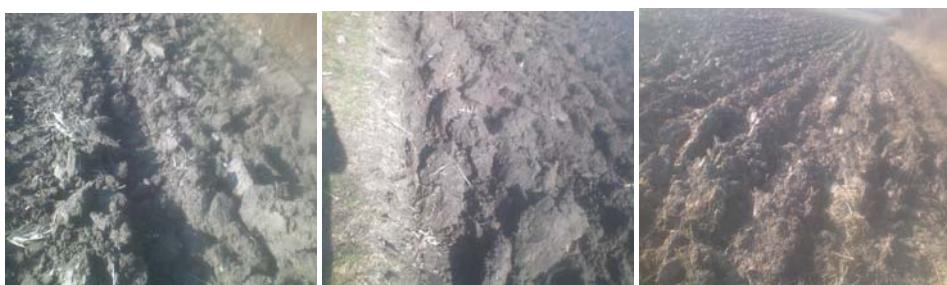
β_t ekvivalentni ugao zaokretanja upravljačkih točkova,
equivalent rotation angle of steering wheels,

δ_1, δ_2 uglovi bočnog skretanja pneumatika, prednjih, zadnjih, respektivno,
angles of side turn of front and rear tires, respectively,

- v brzina kretanja,
speed,
 l razmak između osovina traktora.
distance between tractor axles.

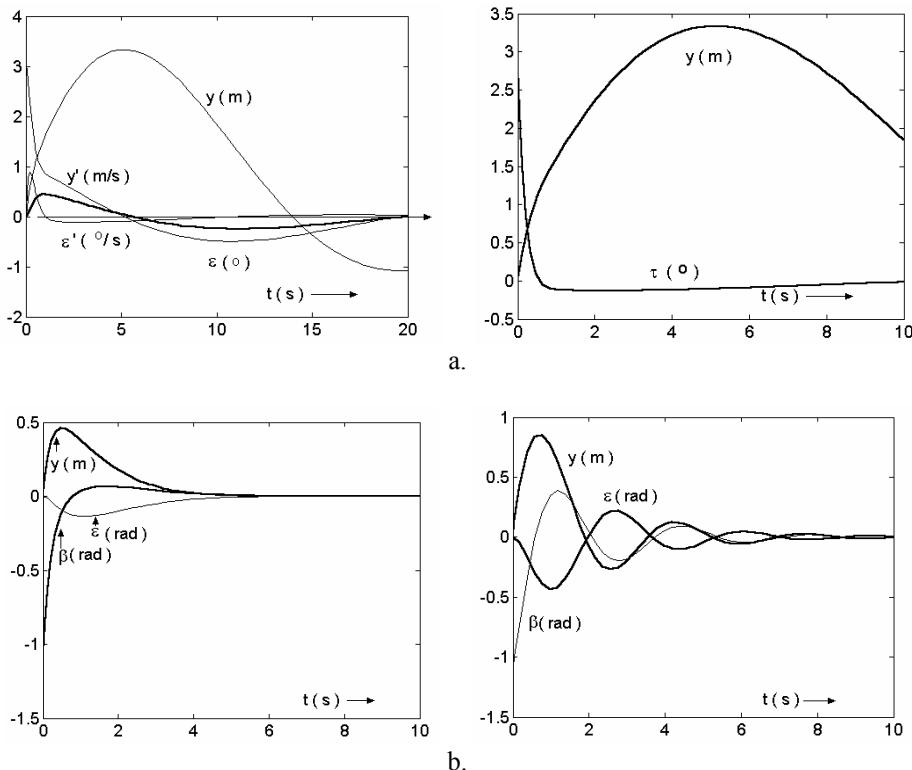
Polazeći od gore specificiranih nivoa kontrole i upravljanja može se lakše shvatiti značaj interakcije označenih komponenata sistema kao i raspodele njihovih funkcija, ali i potreba poznavanja parcijalnih karakteristika komponenata i od njih formiranih baznih podsistema, na primer, rukovalac – traktor, traktor – radna mašina, rukovalac – traktor – radna mašina. Broj kombinacija podsistema se značajno povećava, ako se uvedu u razmatranje i moguće varijante kontrolno – upravljačkih strategija i u tom smislu realizovana tehnička rešenja. Značaj analize podistema i identifikacije njihovih svojstava, za zahtevane performanse kompleksnog radnog sistema ilustrujemo, na ovom mestu, našim rezultatima istraživanja podistema, vozač – traktor, regulator – traktor sa aspekta kvaliteta sleđenja referentnih putanja, što bi u agrotehničkom smislu bilo u relaciji sa pojmovima, sleđenje prohoda, tragova, markiranih putanja i parcela.

Odstupanja koordinata putanje referentne tačke traktora, ili oruđa u odnosu na koordinate referentne, tj. zadate putanje su pokazatelji kvaliteta procesa sleđenja putanja, odnosno uspešnosti obavljanja poljoprivredne operacije u pojedinim prohodima, sa zadatim preklopima, razmacima i sl. Na primer, obrada zemljišta, oranje, prikazi na Sl. 3., ili sejanje, rasturanje mineralnih hraniva, zaštita useva itd. U ovom cilju vozač, rukovalac, ili automatski regulator, zaokreće točak upravljača za ugao β_v , odnosno, upravljačke točkove za ugao β_b u smislu adekvatnog praćenja referentne putanje, odnosno, kompenziranja nastalih odstupanja. S obzirom da traktor, kao vozilo točkaš ne poseduje sopstvenu stabilnost držanja pravca, to je uloga vozača kao ekvivalentnog regulatora, ili uloga tehničkog regulatora, kao optimalnog, automatskog, adaptivnog, od ključnog uticaja na proces sleđenja putanja traktorskim sistemom kao autonomnim sistemom, ali i na uspešnost uključivanja istog u globalne pozicione sisteme u smislu realizacije navođenja za postizanje različitih ciljeva, kao što su kvalitet obrade zemljišta, racionalna potrošnja inputa, precizna poljoprivredna proizvodnja, markiranje parcela, evidencija, statistika i sl.



Slika.3. Kvalitet oranja u funkciji parametara sleđenja prohoda traktorskog sistema

Figure 3. Plowing quality in function of passage following parameters of tractor system



Grafik. 1. Rezultati simulacije dinamičkih karakteristika traktora
 a. vozač-rukovalac, ručno upravljanje
 b. ECU regulator, automatsko upravljanje

Chart 1. Simulation results of tractor dynamical characteristics
 a. driver-operator, manual control
 b. ECU controller, automatic control

Pored gore datih komentara i isticanja zahteva u pogledu parcijalnih karakteristika traktora i njihovog poboljšanja optimalnim izborom konstruktivnih i eksplotacionih parametara, te adekvatne obuke vozača, rukovaoca za uspešan rad sa traktorom i odgovarajućim priključnim mašinama, ili izbora adekvatne funkcije cilja pri projektovanju automatskih sistema, regulatora, pilota za upravljanje u cilju sleđenja putanja, ističemo dva značajna pitanja interakcije podsystems regulator – traktor.

Prvo, u kolikoj meri se vozač, rukovalac može prilagoditi neadekvatnim dinamičkim karakteristikama traktora, loše ocenjenim sa aspekta zahteva sleđenja? I koliko ga takav sistem zamara u toku rada? Drugo, po kojim kriterijumima treba izabrati parametre funkcije cilja za projektovanje optimalnog regulatora jednog takvog traktora, pogotovo što isti mogu poslužiti i kao pokazatelji neprikladnosti primene traktora i sa aspekta manuelnog upravljanja i kvaliteta obavljanja rada?

Naši rezultati simulacije ponašanja podsystems vozač – traktor (Grafik 1a) i podsystems ECU – regulator – traktor (Grafik 1b), pokazuju da:

1. Vozač uspeva da stabilizuje poremećeno kretanje traktora pri impulsnoj pobudi ali u dužem vremenu prelaznog procesa;
2. ECU –regulator stabilizuje poremećeno kretanje u kraćem vremenu, a zavisno od izabrane strukture, po aperiodičnom prigušenom toku (Grafik 1b, levo), odnosno, po oscilatornom prigušenom toku (Graf. 1b, desno);
3. Obzirom da je vreme stabilizacije optimalnog regulatora znatno kraće od vremena stabilizacije vozača prosečnih sposobnosti, poređenje Grafka 1a i 1b, sledi da je takva bazna varijanta traktora sa aspekta sledenja putanja i kompenziranja iznenadnih poremećaja nepovoljna za manuelno upravljanje.

ZAKLJUČAK

Različite konfiguracije traktorskih sistema, pri radu zahtevaju više prostora za kretanje i precizniju kontrolu i upravljanje u svim fazama obavljanja radnih zadataka. Značajan doprinos ovim zahtevima daje sve masovnije uključivanje komponenata aktivne kontrole u konstrukciju poljoprivredne mehanizacije, integracija upravljačkih funkcija, njihova pravilna raspodela na pojedinim hijerarhijskim nivoima kontrole i upravljanja, adekvatna obuka rukovaoca, korišćenje usluga globalnih i lokalnih pozicionih sistema. S obzirom na različite potrebe korišćenja traktorskih sistema i udela manuelnog i automatskog upravljanja, poznavanje parcijalnih karakteristika komponenata i podistema je baza za njihovo optimalno usaglašavanje i korišćenje.

LITERATURA

- [1] Barskij, I., 1973. *Dinamika traktora*. Mašinostroenie.
- [2] Gusakov, V., 1977. *Traktori – Teorija*, Minsk.
- [3] Wong, J., 1995. *Theory of ground vehicles*. John Wiley & Sons, New York.
- [4] Radonjić, R., Radonjić, D., 1998. *Projektovanje sistema za upravljanje traktora s obzirom na upravljačko dejstvo vozača*. Traktori i pogonske mašine, Vol. 3, br.4, str. 54-59.
- [5] Radonjić, R., 2007. *Razvoj softvera za simuliranje procesa obrade zemljišta*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXII, Broj 3, Str. 19 – 24, Beograd, 2007.
- [6] Radonjić, R., 2009. *Simuliranje dinamičkih karakteristika traktora*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXIV, Broj 1, Str. 101 – 107, Beograd, decembar 2009.
- [7] Radonjić, R., 2010. *Problemi upravljanja vozilima*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXV, Broj 1, Str. 31 – 37, Beograd, decembar 2010.
- [8] Radonjić, R., Janković, A., Antonijević, Đ., 2010. *Pokazateli aktivne bezbednosti poljoprivrednih vozila*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXV, Broj 1, Str. 69 – 74, Beograd, decembar 2010.
- [9] Schon, N., 1993. *Elektronik und Computer in der Landwirtschaft*. Eugen Ulmer GmbH. München.
- [10] Auernhammer, H., 1991. *Elektronik in Traktoren und Maschinen*. BLV Verlagsgesellschaft, mbH, München.

- [11] Gligorević, K., Oljača, M., Ružićić, L., Radojević, R., Pajić, M. 2007. *Uticaj elektronskih sistema na stabilnost vanputnih vozila.* Poljoprivredna tehnika, Godina XXXII, Broj 3, decembar 2007. Strane: 11 - 18
- [12] JOHN DEER, CASE, CLAAS, FENDT. *Prospektni materijal*, 2010, 2011.

INFORMATION TECHNOLOGIES IN FUNCTION OF AGRICULTURAL TECHNIQUE DEVELOPMENT

Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Dragoljub Radonjić, Jasna Glišović

Faculty of Engineering Sciences - Kragujevac

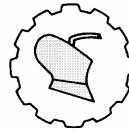
Abstract: In this paper the trends of the active components and information technologies application in the design of the modern agricultural mechanization are considered. An approach to analysis of the tractor systems with respect to used control strategies and distribution control tasks on the hierarchical levels is proposed and discussed. The importance of the subsystem characteristics, driver – tractor, and controller – tractor, on the path following performance of whole tractor system is illustrated by simulation results.

Key words: *tractor, system, information technologies, control levels, , model, simulation.*

Datum prijema rukopisa: 07.11.2011.

Datum prijema rukopisa sa ispravkama:

Datum prihvatanja rada: 12.11.2011.



UDK: 631.4

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

EKSPOATACIONI POKAZATELJI TMA ZA DOPUNSKU OBRADU ZEMLJIŠTA U VIŠEGODIŠNIM ZASADIMA

Milovan Živković^{1*}, Vaso Komenić², Mirko Urošević¹, Dragoljub Mitrović³

¹*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,
Beograd-Zemun, Srbija*

²*Visoka poljoprivredna škola strukovnih studija, Šabac, Srbija*

³*“13. jul – Plantaže”, a.d. Podgorica, Crna Gora*

Sažetak: Proizvodnja voća u aridnim uslovima bez navodnjavanja zahteva obradu zemljišta na čitavoj površini u cilju regulisanja vodno-vazdušnih osobina zemljišta, stvaranja pogodne strukture, razbijanja pokorice i uništavanja korovske vegetacije. Primena takve tehnologije gajenja voća je neophodna za ostvarenje visokih priloga i ekonomične proizvodnje.

Zbog toga dopunska obrada zemljišta u višegodišnjim zasadima ima značajan uticaj na rast i razviće biljaka, prinos i kvalitet plodova. Pravilan izbor i korišćenje sredstava mehanizacije ima presudan uticaj na intenzivnost voćarske proizvodnje. Napredak u tehnologiji gajenja voća podrazumeva korišćenje najsavremenijih tehničkih sredstava za obavljanje agrotehničkih mera. Za pravilan izbor pojedinih sredstava mehanizacije značajno je utvrditi optimalne parametre njihove primene u obradi zemljišta.

Utvrđivanje energetskih i eksploracionih parametara rada različitih traktorsko-mašinskih agregata pri dopunskoj obradi predstavlja predmet ovog istraživanja. Analiza dobijenih podataka, koji ukazuju na prednosti i nedostatke pojedinih načina obrade omogućuje izbor optimalnog agregata za dopunsku obradu u zasadima. Rezultati ispitivanja sredstava mehanizacije u dopunskoj obradi međuredne površine, pokazuju da je najmanja potrošnja goriva ostvarena kod čizel pluga ($3,78 \text{ l}/\text{ha}$). Njegovim korišćenjem postignuta je dubina rada $6,31 \text{ cm}$, brzina $7,29 \text{ km}/\text{h}$ i ostvaren učinak od $9,07 \text{ ha}/\text{dan}$.

Ključne reči: *traktorsko-mašinski agregat, dopunska obrada zemljišta, eksploracioni parametri*

* Kontakt autor: Milovan Živković, Nemanjina 6, 11080 Beograd-Zemun, Srbija.
E-mail: mzivko@agrif.bg.ac.rs

Rezultati istraživačkog rada nastali su zahvaljujući finansiranju Ministarstva za prosvetu i nauku, Republike Srbije, Projekat «Unapređenje biotehnoloških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda», evidencijski broj TR - 31051

UVOD

Savremena voćarska proizvodnja podrazumeva racionalnu obradu zemljišta i oduvek je predstavljala veoma složen i kompleksan problem [1]. Voćke u vreme vegetacije u cilju zadovoljenja svojih fizioloških funkcija troše velike količine vode u obliku transpiracija. Da bi se ostvarila što veća akumulacija vlage u zemljištu neophodno je obavljati kvalitetnu i blagovremenu dopunsку obradu međuredne površine zasada [2].

Dužina eksplotacije zasada, rodnost i kvalitet plodova, u direktnoj su vezi sa tehnologijom izvođenja obrade zemljišta [3,4]. Obradom zemljišta u višegodišnjim zasadima se ostvaruju i povoljni uslovi za odvijanje fizičkih, hemijski, biološki i mikrobioloških procesa [5]. Prema tome, osnovni zadatak obrade je da stvori i održi fizičko stanje zemljišta koje će omogućiti racionalno gajenje višegodišnjih biljaka [6,7]. Dopunskom obradom zemljište se u površinskom sloju održava u rastresitom stanju, čime se prekida kapilaritet i usporava isparavanje vode. Ovom obradom se uništava korovska vegetacija koja predstavlja konkurenčiju gajenoj biljci uzimajući vlagu i hranljive materije iz zemljišta.

Praktična a i teorijska saznanja ukazuju na činjenicu da obrada zemljišta angažuje veliku količinu energije [7]. Dosta istraživanja su pokazala da od ukupno utrošene energije u proizvodnji glavnih voćnih vrsta, za obradu zemljišta se angažuje od 24,5 do 34,5% energije [8]. Racionalan utrošak energije u dopunskoj obradi zemljišta u zasadima podrazumeva najpre pravilan izbor i adekvatnu upotrebu odgovarajućih traktorsko-mašinskih agregata.

MATERIJAL I METODE RADA

Poljska ispitivanja su obavljena u zasadima jabuke sa razmakom sadnje (3,80 – 1,25) x (1,40 – 1,80) m, sorte jonagold, ajdared i melroz. Jabučnjak se nalazi na valovitom terenu na nadmorskoj visinom oko 75 m. Mesto i geografski položaj zasada uslovjava umereno kontinentalnu klimu. Zemljište na kome se nalazi zasad je u osnovi tipa gajnjača.

U ogledu su korišćena oruđa za dopunsку obradu zemljišta: čizel plug PP-220, Tanjirača VVT - 223, Kultivator IMT – 642 i Vinogradarski plug VP – 189 sa motičicama u obliku pačijih nogu.

Ispitivanjima su praćeni eksplotacioni pokazatelji traktorsko-mašinskih agregata: vučna sila, brzina rada, potrošnja goriva, otpor kotrljanju i otpor vuče.

Vrednost vučne sile, je merena Amslerovim dinamografom i upotrebom tenziometra. Izmereni podaci su registrovani na traci mernog uređaja.

Radna brzina aggregata je dobijena merenjem vremena štopericom na poznatoj dužini trase od 150 m, (metod hronometrije i računski metod), a potrošnja goriva zapreminscom metodom pomoću menzure.

Od osnovnih fizičkih osobina zemljišta ispitivane su: otpor kretanju, plastičnost, mehanički sastav zemljišta i zbijenost zemljišta.

Otpor kotrljanju traktorsko-mašinskog aggregata, dobijen je merenjem sile dinamografom „Amsler“, bez opterećenja, pri zadatom radnom režimu. Definisanje pokazatelja kvaliteta rada zasnivalo se na merenju usitnjenosti zemljišta pre i posle

prohoda mašina i merenju profila zemljišta u međuredu zasada. Struktorna analiza zemljišta utvrđena je pomoću garniture sita otvora od 1 mm do 10 mm (metod Savinova) [9]. Merenje otpora zemljišta na pritisak i sabijenost zemljišta mereni su penetrometrom (Ejkelkamp Hand Penetrometer, Set A), a uzorci za određivanje zapreminske mase zemljišta su uzimani cilindrima Kopeckog.

Tabela 1. Tehničke karakteristike oruđa za obradu
Table 1. Technical characteristics of tools for processing

Pokazatelji <i>Indicators</i>	Jednica <i>Unit</i>	Radno oruđe <i>Working tool</i>			
		Čizel plug PP-220 <i>Chisel plow PP-220</i>	Tanjirača VVT – 223 <i>Disc harrow VVT – 223</i>	Kultivator IMT – 642 <i>Cultivator IMT – 642</i>	Vinogradarski plug VP – 189 <i>Vineyard Plow VP -189</i>
Broj radnih tela <i>Number of working bodies</i>		7	2	9	7
Prečnik tanjira <i>Disc diameter</i>	cm	-	550	-	-
Radni zahvat <i>Working width</i>	cm	210	250	200	200
Dubina rada <i>Working depth</i>	cm	40	23	20	18
Masa <i>Mass</i>	kg	605	400	200	310
Potrebna snaga <i>Required power</i>	W	55	45	26	37 - 52

Dobijeni eksplotacioni pokazatelji omogućili su izračunavanje i drugih parametra kao što je: vučna snaga i specifični otpor.

Količina vlage u zemljištu, određivana je uzimanjem uzoraka na dubinama 0-10 cm, 10-20 cm, 30-40 cm, i merenjem uzoraka pre i posle sušenja u sušnici na 105 °C.

Granice plastičnosti (donja i gornja), odredene su otvaranjem dva profila: 0 - 20 i 20 – 40 cm. Vrednost indeksa plastičnosti je određena računski i predstavlja razliku količina vode kojima su ostvarene gornja i donja granica plastičnosti.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja osobina zemljišta

Pri mehaničkoj obradi zemljišta veoma su značajne njene fizičke osobine i imaju presudan uticaj na energetski bilans rada agregata kao i na kvalitet obrade. Rezultati ispitivanja plastičnosti od uzetih zemljišnih uzoraka u zasadu predstavljeni su za donju granicu plastičnosti u tabeli 2, za gornju granicu plastičnosti u Tab. 3.

Indeks plastičnosti zemljišta u ispitivanim uslovima se kretao od 9,78 do 18,36. Prosečna vrednost indeksa plastičnosti je 13,52. Ispitivano zemljište u zasadu jabuke, prema klasifikaciji Aterberga, je plastično.

Rezultati ispitivanja mehaničkog sastava zemljišta na kome se nalazi zasad jabuke prikazani su u Tab. 4.

Tabela 2. Donja granica plastičnosti (W_p)
Table 2. The lower limit of plasticity (W_p)

Broj profila <i>Profile number</i>	Dubina (cm) <i>Depth (cm)</i>	Masa (g) Mass (g)			Težina uzorka (g) <i>Weight of the sample (g)</i>	Sadržaj vlage (g) <i>Humidity content (g)</i>	Donja granica plastičnosti (%) <i>Lower limit of plasticity (%)</i>
		Prazne posude <i>Empty vessels</i>	Pre sušenja <i>Before drying</i>	Posle sušenja <i>After drying</i>			
1	0-20	28,63	43,54	41,15	14,91	2,39	16,03
	20-40	23,89	38,24	35,95	14,35	2,29	15,96
2	0-20	24,65	41,53	39,09	16,88	2,44	14,45
	20-40	23,39	40,08	37,45	16,69	2,63	15,76
3	0-20	23,74	42,13	39,31	18,39	2,82	15,33
	20-40	29,05	47,44	44,48	18,39	2,96	16,10

Tabela 3. Gornja granica plastičnosti (W_u)
Table 3. The upper limit of plasticity

Broj profila <i>Profile number</i>	Dubina (cm) <i>Depth (cm)</i>	Masa (g) Mass (g)			Težina uzorka (g) <i>Weight of the sample (g)</i>	Sadržaj vlage (g) <i>Humidity content (g)</i>	Gornja granica plastičnosti (%) <i>Upper limit of plasticity (%)</i>
		Prazne posude <i>Empty vessels</i>	Pre sušenja <i>Before drying</i>	Posle sušenja <i>After drying</i>			
1	0-20	24,86	37,68	33,75	12,82	3,93	30,66
	20-40	30,09	37,24	35,30	7,15	1,94	27,13
2	0-20	25,56	31,05	29,56	5,46	1,46	26,74
	20-40	23,68	32,82	30,02	9,14	2,80	30,63
3	0-20	25,63	35,25	32,56	9,62	2,69	27,96
	20-40	29,08	38,77	36,12	9,69	2,65	27,35

Tabela 4. Mehanički sastav ispitivanog zemljišta
Table 4. Mechanical composition of the examined soil

Broj ponavljanja <i>No. of repetitions</i>	Dubina (cm) <i>Depth (cm)</i>	Sadržaj (%) <i>Content</i>					
		Krupan pesak <i>Coarse sand</i> $> 0,2 \text{ mm}$	Sitan pesak <i>Fine sand</i> $0,2\text{-}0,02 \text{ mm}$	Prah <i>Powder</i> $0,2\text{-}0,002 \text{ mm}$	Glina <i>Clay</i> $> 0,002 \text{ mm}$	Ukupan pesak <i>Total sand</i> $>0,2 \text{ mm}$	Ukupna glina <i>Total clay</i> $0,002 \text{ mm}$
1	0-20	0,00	15,2	37,5	47,3	15,2	84,4
	20-40	0,00	12,0	34,7	53,3	12,0	88,0
2	0-20	0,00	21,5	32,8	45,7	21,5	78,5
	20-40	0,00	21,4	38,1	40,5	21,4	78,6
3	0-20	0,00	22,4	32,5	45,1	22,4	77,6
	20-40	0,00	15,2	41,3	43,5	15,2	84,8

Analizom tabele 4 uočava se da u horizontu A sadržaj koloidne gline frakcije $<0,002 \text{ mm}$ varira od 40,5 do 53,3 %, praha od 32,5 do 41,3 % dok sitnog peska ima znatno manje od 12,0 do 22,4 %. Krupan pesak $> 0,2 \text{ mm}$ nije nađen ni u jednom profilu.

Prema rezultatima prikazanim u istoj tabeli može se uočiti da je B horizont još težeg mehaničkog sastava. Prisustvo koloidne frakcije u njemu varira od 49,6 do 56,9 %, praha od 25,5 do 33,8 % a sitan pesak je još manje zastupljen i varira od 11,0 do 22,3%.

Polazeći od činjenice da se pod zbijenosti (kompaktnost) zemljišta podrazumeva masa zemljišta u jedinici zapremine. Pri tome se zemljište smatra homogenim, što nije slučaj. Ova osobina zemljišta zavisi od niza činilaca kao što su: oblik i veličina čestica, veličine i oblika pora između čestica, sadržaj vode i vazduha u zemljištu, specifična težina čestica, pritisak (opterećenje zemljišta), sile kohezije koje deluju među česticama.

U eksperimentima penetrometrisanje zemljišta je obavljeno na dubinama od 0-40 cm sa razmakom od 10 cm a dobijeni rezultati merenja prikazani su u tabeli 5. Vlažnost zemljišta se kretala od 15,46% do 21,47%.

Tabela 5. Zbijenost zemljišta

Table 5. Soil density

Zona Zone	Dubina (cm) Depth (cm)			
	0-10	10-20	20-30	30-40
1	145,5	185,5	241,5	248,5
2	119,0	205,5	299,0	310,0
3	180,5	323,0	299,0	261,0
1a	267,0	453,5	545,5	559,0
2a	200,0	350,0	394,0	440,0
3a	222,0	375,0	446,0	439,0
1b	289,0	410,0	*	*
2b	260,0	410,0	397,0	377,0
3b	262,0	511,0	549,0	534,0

* izvan opsega merenja instrumenta, veće od $600 \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2}$

* outside the instrument measurement range, larger than $600 \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2}$

Merenja penetrometrom su bile po sredini međuredu zasada (1,2,3), tri u redu desno (1a, 2a, 3a) i tri levo (1b, 2b, 3b). Analizom dobijenih rezultata uočava se da je kompaktnost zemljišta u prostoru međuredu koji se obrađuje manja po svim dubinama, a naročito u zoni obrade 0-10, 148 N cm^{-2} i 10-20 cm $235,0 \text{ N cm}^{-2}$ u odnosu na deo koji ostaje neobrađen $229,7$ i $270,3 \text{ N cm}^{-2}$ (0-10 cm) i $392,8$ i $443,7 \text{ N cm}^{-2}$ (10-20 cm).

Eksploatacioni parametri rada TMA u dopunskoj obradi zasada

Dopunska obrada zemljišta u međuredu zasada se obavlja u toku vegetacije na dubini od 10 cm. Prevashodni cilj dopunske obrade je čuvanje vlage u zemljištu, razbijanje pokorice i uništavanje korovske vegetacije.

Rezultati ispitivanja sredstava mehanizacije za dopunsku obradu prikazani su u Tabeli 6.

Iz pregleda u tabeli 6 vidi se da je najveća prosečna vrednost brzine ostvarena kod upotrebe čizel pluga ($7,29 \text{ km h}^{-1}$) a najmanja kod VP-189 sa motičicama u obliku pačijih nogu ($4,19 \text{ km h}^{-1}$). Najveći prosečni učinak je ostvaren sa čizel plugom ($9,09 \text{ ha/dan}$) a najmanji kod VP-189 ($5,65 \text{ ha}$).

Tabela 6. Eksplotacioni pokazatelji rada mašina za dopunsku obradu zemljišta

Table 6. Exploitation indices of machines for additional soil cultivation

Pokazatelji <i>Indicators</i>	Jedinica <i>Unit</i>	Priključno oruđe			
		Čisel plug <i>Chiesel plow</i>	Tanjirača <i>Disc harrow</i>	Kultivator <i>Cultivator</i>	Plug (VP-189) <i>Plow (VP-189)</i>
Dubina rada <i>The depth of work</i>	cm	7,20	8,33	7,68	10,53
		5,43	6,48	4,35	11,84
		6,31	7,34	6,01	11,18
Radni zahvat <i>Working width</i>	cm	212	240	218	200
Radna brzina <i>Working speed</i>	Km/h	6,67	5,43	5,64	4,45
		7,92	6,86	7,64	3,93
		7,29	6,14	6,64	4,19
Utrošak goriva <i>Fuel consumption</i>	l/ha	4,03	6,56	4,94	8,15
		3,54	4,95	3,56	8,45
		3,78	5,75	4,25	8,30
Učinak (7h) <i>Output (7h)</i>	ha	8,96	5,20	8,40	5,88
		9,18	6,78	8,85	5,43
		9,07	5,99	8,62	5,65
Vreme rada <i>Operating time</i>	%	76,00	73,54	72,88	72,30
		74,64	73,52	72,86	74,82
Vreme okreta <i>Turn time</i>	%	20,66	21,81	23,56	21,78
		20,11	20,48	20,75	20,56
Neto radno vreme <i>Net working hours</i>	%	96,66	95,35	96,44	94,08
		94,75	94,00	93,61	95,38
Ukupni gubitci <i>Total losses</i>	%	3,34	4,65	3,56	5,92
		5,25	6,00	6,39	4,62
Zaštitna zona <i>Protection zone</i>	%	128,36	122,63	118,56	130,32
		147,99	128,48	124,52	148,44
		138,17	125,55	121,54	139,38
Neobrađena površina <i>Untreated surface</i>	%	33,78	32,27	31,20	34,29
		38,94	33,81	32,70	39,06
Obrađena površina <i>Treated surface</i>	%	66,22	67,73	68,80	65,71
		61,06	66,19	67,54	60,90

Najmanja potrošnja goriva od ispitivanih oruđa u dopunskoj obradi zemljišta ostvarena je kod čisel pluga ($3,78 \text{ l ha}^{-1}$) a najveća kod VP-189 ($8,30 \text{ l ha}^{-1}$).

Procenat neobrađenog zemljišta u međuredu zasada je uglavnom bio ujednačen i kretao se od 31,20 % (kultivator) do 39,06 % (VP-189 sa motičicama u obliku pačijih nogu).

Kvalitet rada pojedinih oruđa

Definisanje pokazatelja kvaliteta rada zasnivala se na merenju usitnjenosti zemljišta pre i posle prohoda agregata i merenju profila zemljišta u međuredu zasada.

U tabeli 7 dat je procentni sadržaj pojedinih frakcija posle obrade sredstvima mehanizacije.

Tab. 7. Pokazatelji kvaliteta rada agregata nakon obrade
Tab.7. Indicators of aggregate work quality after cultivation

Frakcija (mm) <i>Fraction (mm)</i>	Radna mašina <i>Machine</i>							
	Čizel plug <i>Chisel plow</i>		Tanjirača <i>Disc harrow</i>		Kultivator <i>Cultivator</i>		Plug (VP-189) <i>Plow (VP-189)</i>	
	g	%	g	%	g	%	g	%
< 1	965	33,93	915	27,21	515	17,91	220	7,71
1 - 5	550	19,34	828	24,62	260	9,04	550	19,26
5 - 20	510	17,93	950	28,25	600	20,87	570	19,96
20 - 35	259	9,11	295	8,77	320	11,13	765	26,79
> 35	560	19,69	375	11,15	1180	41,04	750	26,28

Iz Tabele 7 se vidi da su frakcije zemljišta manje od 1 mm najmanje prisutne kod VP-189 7,71 % a najviše kod čizel pluga 33,93 %. Frakcije zemlje od 1 – 5 mm najmanje je bilo kod kultivatora 9,04 % a najviše kod tanjirače 24,62 %. Frakcije zemlje od 5 – 20 mm najmanje je bilo kod čizel pluga 17,93 % a najviše kod tanjirače 28,25 %. Frakcije zemlje od 20 – 30 mm najmanje je bilo kod tanjirače 8,77 % a najviše kod VP-189 26,79 %. Frakcije zemlje veće od 35 mm najmanje je bilo kod tanjirače 11,15 % a najviše kod kultivatora 41,04 %.

Kvalitet obrade zemljišta višegodišnjih zasada ocenjuje se preko izgleda površine u međurednom prostoru. Prema agrotehničkim zahtevima ova površina treba da bude ravna bez izraženih razora i sloganova.

Dopunskom obradom zemljišta se postiže smanjenje visinske razlike krajnjih tačaka obradenog profila time se teži postizanje što ravnijeg profila. Time se teži postizanju što ravnijeg profila a sve u cilju smanjenja ukupne transpiracione površine zemljišta. Da bi se to postiglo potrebno je u radu koristiti kombinaciju čizel plug – čizel plug; čizel plug – tiler; VP 189. 7 – čizel plug; VP 189.7 – tiler kao i raoni plug – čizel plug.

ZAKLJUČAK

Analizom dobijenih rezultata istraživanja kao i analizom istraživanja drugih autora, može se zaključiti:

- Praćenjem sredstava mehanizacije za dopunsku obradi zemljišta u međuredu zasada utvrđeno je da se najracionalnija dopunska obrada postiže sa čizel plugom. Upotrebom čizel pluga u dopunskoj obradi ostvarena je dubina rada 6,31 cm, brzina rada 7,29 km/h, potrošnja goriva 4,03 l/ha i ostvaren učinak od 9,07ha/dan. Usitnjenost zemlje je takođe najpovoljnija kod čizel pluga. Čizel plugom je ostvarena i najmanja visinska razlika krajnjih tačaka obradenog profila. Uzimajući u obzir navedene podatke, najbolji kvalitet rada je ostvaren primenom čizel pluga.
- Ispitivana sredstva mehanizacije u dopunskoj obradi zemljišta u međuredu zasada pokazala su da u zavisnosti od uslova zemljišta, stanja i vrste korovske vegetacije treba koristiti mašine sa različitim formama radnih organa.
- Dalje izučavanja dopunske obrade zemljišta u višegodišnjim zasadima, pored navedena tri oruđa, u proces uporednih ispitivanja treba uključiti i kultivatore sa različitim oblicima motičica. Ispitivanja takođe treba obaviti na različitim tipovima zemljišta.

LITERATURA

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] Favia, F., Celano, G., 2005. *I sistemi olivicoli italiani in terreni collinari emontani: Basilicata e Campania*. In: Il futuro dei sistemi olivicoli in aree marginali: aspetti socio-economici, gestione delle risorse naturali e produzioni di qualità. L'aquila, Potenza, pp. 123–158.
- [4] Xiloyannisa, C., Rayab, A. M., Kosmasc, C., Faviad, M. 2008. *Semi-intensive olive orchards on sloping land: Requiring good land husbandry for future development*, Journal of Environmental Management 89, pp.110–119.
- [5] 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.
- [6] 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] Đukić, N. 2004. *Mogućnosti uštede energije kod obrade voćnjaka i vinograda*, Revija Agronomika saznanja, br. 6, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, str. 3-6.
- [9] 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] Čorović, R., 2001. *Osnove fizike zemljišta*, udžbenik, Poljoprivredni fakultet Beograd

EXPLOITATION INDICATORS OF TMA FOR ADDITIONAL SOIL TILLAGE IN ORCHARDS

Milovan Živković¹, Mirko Urošević¹, Vaso Komnenić², Dragoljub Mitrović³

¹*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering,
Belgrade –Zemun, Serbia*

²*Higher Agricultural School of Professional Studies, Šabac, Serbia*

³*“13-th July – Plantaže”, a.d. Podgorica, Montenegro*

Abstract: Fruit production under arid conditions without irrigation implies the need to employ soil cultivation in the entire orchard with the aim of regulating the water-air regime of the soil, contributing to a favorable soil structure, breaking down the soil crust and successful weeds destruction. Contemporary fruit cultivation practices are compulsory in order to achieve high yields and profitability.

Additional soil tillage in orchards has a major impact on the growth and development of plants, yield and fruit quality. Optimal parameters need to be determined when employing mechanization equipment in orchard cultivation in order to make the right choice.

The objective of the study was to determine energetic and exploitation parameters of different tractor/machinery tools used in additional soil cultivation. Based on the analysis of the data obtained showing both advantages and disadvantages of some soil cultivation types, it was possible to choose the optimal tool for additional soil tillage.

Field trials were carried out in apple (cv. Jonagold, Idared and Melrose) orchards using the two-row Pilar cultural practice at a planting distance 3.80-1.25 x 140-1.80 m. The following tools for additional soil cultivation were used: pseudo plow PP-220, plate cultivator VVT – 223, cultivator IMT-642 and vineyard plow VP-189. The following exploitation indices were monitored: traction force, labor speed, fuel consumption and traction resistance.

Based on the results obtained the smallest fuel consumption was registered using pseudo plow (3.78 l/ha) whereby cultivation depth, speed and output registered were 6.31 cm, 7.29 km/ha and 9.07 ha/day respectively.

Key words: tractor-machine tools, additional soil tillage, exploitation and energetic parameters

Datum prijema rukopisa: 07.11.2011.

Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 10.11.2011.

Datum prihvatanja rada: 11.11.2011.



UDK: 631.358

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

PRILOG ODREĐIVANJU EKONOMIČNOSTI TREŠENJA VIŠANJA I ŠLJIVA

Dragan Z. Živković^{1*}, Milan M. Veljić²

¹Visoka tehnička škola, Novi Beograd

²Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

Sažetak: Ubiranje višanja i šljiva u poređenju sa ostalim operacijama obrade voćnjaka, orezivanja, đubrenja i zaštite voćka zahteva veliko angažovanje radne snage, dugačak vremenski period, odnosno visoke troškove koji se odražavaju i na cenu proizvoda. U radu je analizirana mogućnost primene mehanizovanog načina ubiranja, otresanjem, uz obrazloženje prednosti primene tresača. Osim analize vremena otresanja dati su i pokazatelji ekonomske prednosti primene konkretnog traktorskog tresača voća za određenu plantažu voća u odnosu na ručno branje. Istraživanja su ukazala na prednosti primene tresača u odnosu na ručno branje plodova.

Ključne reči: tresač voća, troškovi, ekonomičnost.

UVOD

Proces berbe voća zbog svoje specifičnosti zahteva veliko učešće ljudske radne snage, što čini značajnu stavku pri formiranju tržišne vrednosti proizvoda. Za ručno branje u zavisnosti od načina uzgajanja, sorte i upotrebljenih pomoćnih sredstava troši se od oko 350 h/ha do 1000 h/ha za koštičavo voće, a za jabučaste plodove oko 100 h/ha ručne radne snage [1].

Koštičavi plodovi (višnja, šljiva, orah, maslina itd) zbog svojih dimenzija zahtevaju posebne tehnologije branja koje su do pojave tresača svodile na ručno branje uz veliki ideo ručne radne snage. Karakteristično za ubiranje voća, pa i koštičavog osim angažovanja velikog broja radnika, i dugog vremenskog perioda i velikog udela troškova koji se odnose na manipulaciju sa ubranim plodovima, od branja u određene sudove,

* Kontakt autor: Milan Veljić, Kraljice Marije 16, 11000 Beograd.
E-mail: mvelic@mas.bg.ac.rs

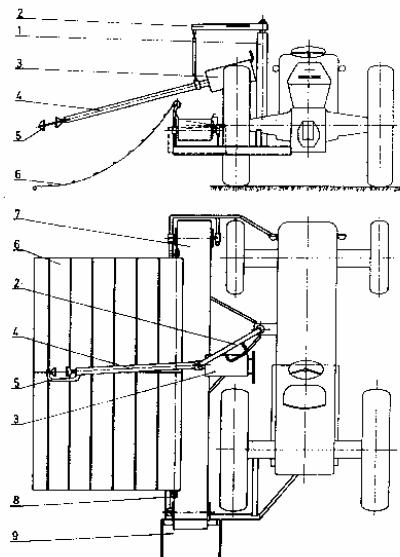
Rezultati su deo projekta Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj „Istraživanje i razvoj opreme i sistema za industrijsku proizvodnju, skladištenje i preradu povrća i voća“, broj TR35043.

prebacivanje u veće (gajbe ili palete), doturanje praznih sudova, iznošenje punih sudova, gajbi, je i visok ideo transportnih troškova. Pojavom mehanizovanog ubiranja (tresača voća) znatno se smanjio vremenski period branja voća po stablu, a samim tim i pored ulaganja u tresač sa adekvatnom opremom i ukupni troškovi branja po stablu ili kg koštičavog voća. Mogućnost primene tresača voća se pre svega odnosi na velike plantaže zasada, prvenstveno špalirne, mada znatna ekonomska opravdanost je postignuta i pri otresanju pojedinačnih stabala, kao što su orah i maslina.

MATERIJAL I METOD RADA

Tresač voća

Tresači voća (Sl.1) su poljoprivredne mašine koje služe, prvenstveno za ubiranje koštičavog voća (šljiva, trešnja, višanja, kajsija, oraha i dr.) odnosno voća koje je otporno na mehaničke povrede koje mogu nastati pri padu na podlogu. Tresače voća treba posmatrati kao jedinstvenu celinu više elemenata povezanih u funkcionalnu celinu kao što su: uređaj za trešenje voća, uređaj za prikupljanje otrešenih plodova, uređaj za sprovođenje plodova do sanduka odnosno gajbi, pogonski uređaj i uređaj za odstranjivanje lišća i grančica.



Slika 1. Šematski prikaz tresača voća "TTV-Morava"
 (1-vertikalni nosač-stub; 2-obrtni horizontalni nosač; 3-vibrator; 4-strela; 5-hvatač; 6-sabirno platno; 7-horizontalni transporter; 8-ramska konstrukcija; 9-platfroma za gajbe)

*Figure 1. Illustration of a "TTV-Morava" fruit shaker
 (1-vertical support-pole; 2-rotating horizontal support; 3-vibrator; 4-arrow; 5-clamping device;
 6-collecting canvas; 7-horizontal transporter; 8-framework; 9-platform for crates)*

Razvoj tresača voća odnosi se na primenu od lakih, pa čak i ručnih, leđnih pogonjenih od malolitražnih dvotaktnih motora, pa do traktorskih i samohodnih tresača. Za traktorske i samohode tresače je karakteristična veća proizvodnost i mogućnost ugradnje podsistema za prikupljanje otpalih plodova. Sistem za prikupljanje plodova trebalo bi da bude u okviru celine sa tresačem. Karakteristično je da je udeo radne snage koja obezbeđuje proces ubiranja plodova mali i pored traktoriste potrebno je još dva do tri radnika. Treba napomenuti da pri ručnoj berbi vreme trajanja ove operacije sa istim brojem radnika može trajati, u zavisnosti od dimenzija i prinosa voćaka i od 10 do 15 puta duže.

Stanje zasada i eksploracioni parametri otresanja

Tresač "TTV-Morava" je radio u agregatu sa traktorom IMT-539. Tresač je priključen sa leve strane traktora. Eksploraciona ispitivanja tresača voća "TTV-Morava" izvršeno je na plantaži "Džervin" kod Knjaževca.

1. Stanje voćnog zasada višanja je:

- sorta višanja "Hajman",
- starost stabla je oko 10 godina,
- visina stabla je do 3m,
- prečnik stabla na mestu stezanja hvatačem je od 90 do 130mm,
- rastojanje voćaka u redu je oko 3m,
- rastojanje između redova je oko 4m.

Vreme otresanja jednog stabla višanja kretalo se u razmaku od 14 do 18s pri rasponu frekvencija od 10 do 12 Hz (Tab. 1).

Tabela 1. Eksploracioni parametri otresanja višanja

Table 1. Operating parameters for cherry shake-off

Vreme otresanja (s) <i>Shake-off time (s)</i>	Frekvencija (Hz) <i>Frequency (Hz)</i>
18	10
15	11
14	12

Iz Tabele 1 vidi se da se sa povećanjem frekvencije tresača smanjuje vreme otresanja višanja (Sl. 2).

Sa dijagrama na Sl. 2 može se uspostaviti i numerička međuzavisnost između vremena otresanja i veličine frekvencije u obliku jednačine:

$$\ln t = c + b e^{-v} \quad (1)$$

gde su parametri prethodne jednačine:

- $c = 2,6$
- $b = 6387,96$

2. Stanje voćnog zasada šljiva je:

- sorta šljiva "Požegača",
- visina stabla oko 1m,
- prečnik stabla na mestu stezanja hvatačem je oko 130mm,

- rastojanje voćaka u redu je 5m,
- rastojanje između redova je 6m,
- ukupna visina voćaka je do 6m.

Vreme otresanja jednog stabla šljiva kretalo se u razmaku od 8,5 do 10,5s pri rasponu frekvencija od 10 do 13 Hz (Tab. 2).

Tabela 2. Eksplotacioni parametri otresanja šljiva

Table 2. Operating parameters for cherry shake-off

Vreme otresanja (s) <i>Shake-off time (s)</i>	Frekvencija (Hz) <i>Frequency (Hz)</i>	Amplituda (mm) <i>Amplitude (mm)</i>
10,5	10	22
10	11	20
9	12	17
8,5	13	15

Prilikom smanjivanja frekvencije ispod 10Hz dolazi do povećanog gubitka (ostaje više plodova neotreseno) na voćki. Iz Tab. 2, vidi se da se sa povećavanjem frekvencije tresača smanjuje vreme otresanja šljiva (Sl. 3) kao i amplituda trešenja (Sl. 4).

Sa dijagrama na Sl. 3, može se uspostaviti i numerička međuzavisnost između vremena otresanja šljiva i veličine frekvencije u obliku jednačine:

$$t^I = c + b \nu^3 \quad (2)$$

gde su parametri prethodne jednačine:

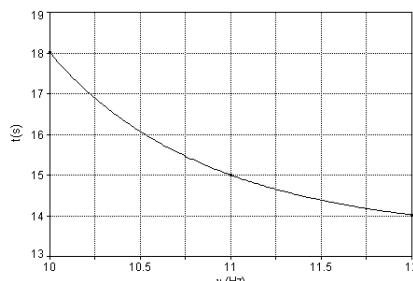
- $c = 0,075$
- $b = 1,969e^{-0,5}$

Sa dijagrama na Sl. 4, može se uspostaviti i numerička međuzavisnost između amplitute i veličine frekvencije u obliku jednačine:

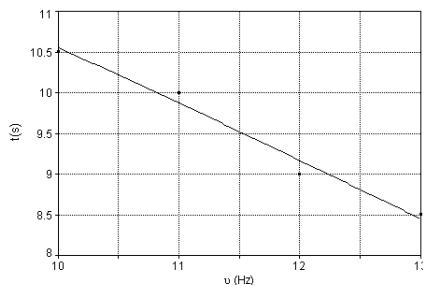
$$a^I = c + b / \nu^2 + d e^{-\nu} \quad (3)$$

gde su parametri prethodne jednačine:

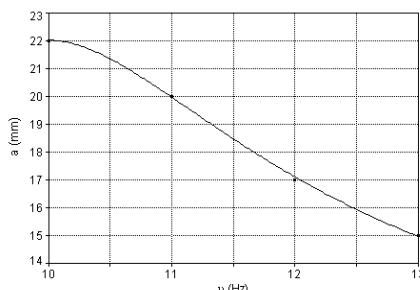
- $c = 0,1239$
- $b = -9,8$
- $d = 429,92$



Slika 2. Međuzavisnost vremena otresanja t od veličine frekvencije v. pri otresanju višanja
Figure 2. Relation between shake-off time t and frequency v during shaking off cherries



Slika 3. Međuzavisnost vremena otresanja t od veličine frekvencije v. pri otresanju šljiva
Figure 3. Relation between shake-off time t and frequency v. during shaking off plums



Slika 4. Međuzavisnost amplitude "a" od veličine frekvencije v. pri otresanju šljiva
Figure 4. Relation between amplitude "a" and frequency v.during shaking off plums

Povećavanjem vremena otresanja dolazi do produženog trajanja vibracija, što je čist gubitak energije, jer se povećavanjem vremena otresanja ne povećava i procenat otrešenog voća. Naprotiv, produžavanjem vremena otresanja dolazi do povećavanja procenta primesa u otresenim plodovima pa je njihovo odstranjivanje otežano. Prema tome, produžno vreme trešenja voćki umanjuje kvalitet i vrednost ubranih plodova.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Nabavna cena traktora IMT-539 bez kabine (traktor mora da bude bez kabine da bi mogao lako da se kreće između stabala voćki) iznosi 8 100 €. Nabavna cena tresača voća iznosi 8 500 €. Eksplotacioni troškovi traktora IMT-539 (bez kabine):

A. Eksplotacioni troškovi rada (Te), traktora IMT-539 iznose [2]:

$$Te = Ta + To + T_{eA} + T_{ko} + T_{rs} = 0,77 + 1,937 + 4,867 + 0,4945 + 6,48 = 14,55 \text{ €/h}$$

1. Troškovi amortizacije traktora (Ta):

$$Ta = T_{NC}/Vt = 8100 / 10.500 = 0,77 \text{ €/h}$$

- T_a (€/h) - troškovi amortizacije,
- $T_{NC} = 8100$ € - nabavna cena traktora,
- $Vt = 10500$ h - ekonomski vek trajanja traktora.

2. Troškovi održavanja traktora (To):

$$To = T_{IO} + T_t + T_{DT} + T_{ob} = 0,648 + 0,46 + 0,81 + 0,019 = 1,937 \text{ €/h}$$

- T_{IO} (€/h) - Troškovi investicionog održavanja:
 $T_{IO} = (0,05 - 0,12) T_{NC} = 0,08 \cdot 8100 = 648$ €/god = $648 / \text{Km}(\text{€/h}) = 648 / 1000 = 0,648$ €/h
- T_t (€/h) - Troškovi tekućeg održavanja:
 $T_t = T_{NC} \cdot p / Vt = 8100 \cdot 0,6 / 10.500 = 0,46$ €/h
- T_{DT} (€/h) - Troškovi delova koji se troše:
 $T_{DT} = (0,06 - 0,15) T_{NC} = 0,1 \cdot 8100 = 810$ €/god = $810 / \text{Km}(\text{€/h}) = 810 / 1000 = 0,81$ €/h
- T_{ob} (€/h) - Troškovi obuke održavaoca:
 $T_{ob} = (0,004 - 0,015) (T_{IO} + T_t + T_{DT}) = 0,01 (0,648 + 0,46 + 0,81) = 0,019$ €/h
 $p=0,6$ - koeficijent koji zavisi od vrste opreme i uslova u kojima ta oprema radi.
 $k_M = 1000$ h/god – Mogući kapacitet traktora na posmatranom imanju.

3. Troškovi energije traktora (T_{eA}):

$$Teu = T_{SUS} + T_m = 4,425 + 0,4425 = 4,867 \text{ €/h}$$

- T_{SUS} (€/h) - Troškovi energetika:
 $T_{SUS} = Q_G \cdot C_G = P_{SUS} \cdot k_G \cdot q_{SUS} \cdot C_G = 29,5 \cdot 0,2 \cdot 0,6 \cdot 1,25 = 4,425$ €/h
 T_{SUS} (€/h) - troškovi pogonske energije motora sa unutrašnjim sagorevanjem,
 Q_G (kg/h) - potrošnja goriva,
 $C_G = 1,25$ €/l - cena jednog kilograma (litra) goriva,
 $P_{SUS} = 29,5$ kW - nominalna snaga motora sa unutrašnjim sagorevanjem,
 $k_G = 0,6$ - koeficijent potrošnje koji se obično kreće od 0,45 - 0,75,
 $q_G = 0,2$ kg.h/kW - specifična potrošnja energije (goriva).
- T_m (€/h) - Troškovi maziva: $T_m = 0,1 \cdot T_{SUS} = 0,1 \cdot 4,425 = 0,4425$ €/h

4. Troškovi kamata i osiguranja za traktor (T_{kos}):

$$Tkos = Tk + Tos = 0,292 + 0,2025 = 0,4945 \text{ €/h}$$

- T_k (€/h) - Troškovi kamata na investiciona ulaganja u opremu:
 $T_k = S_{SR} \cdot k = 4860 \cdot 0,06 = 291,6$ €/god = $291,6 / K_M = 291,6 / 1000 = 0,292$ €/h
 $S_{SR} = VK(g+1) / 2g = 8100 (5+1) / 10 = 4860$ - srednja vrednost osnovnih sredstava,
 $VK = 8100$ € - veličina kredita utrošenog za nabavku traktora,
 $g = 5$ - broj godina za koje kredit treba vratiti.
 $k = 6\%$ - važeća bankarska kamata
- Tos (€/h) - Troškovi osiguranja osnovnih sredstava:
 $Tos = T_{NC} \cdot k_{OS} = 8100 \cdot 0,025 = 202,5$ €/god = $202,5 / km = 202,5 / 1000 = 0,2025$ €/h
 $k_{OS} = 2,2\%$ - kamatna stopa osiguranja.

5. Troškovi radne snage rukovaoca traktorom (Trs) su:

$$Trs = SR (1+K_I + (1+K_I) (K_2+K_3)) = 2 \cdot 1,2 \cdot (1+0,35+(1+0,35)(0,6+0,4)) = 6,48 \text{ €/h}$$

- $S = 2 \text{ €/h}$ - cena jednog radnog sata radnika zaposlenog u proizvodnji,
- $R = 1,2$ - faktor prebačaja radne norme radnika zaposlenog u proizvodnji,
- $K_1 = 0,35$ - kalkulativna stopa izdvajanja za potrebe režije,
- $K_2 = 0,6$ - kalkulativna stopa za izdvajanje iz dohotka,
- $K_3 = 0,4$ - kalkulativna stopa izdvajanja za zajedničku potrošnju.

B. Eksplotacioni troškovi rada (Te), tresača voća iznose:

$$Te = Ta + To + T_{eA} + T_{ko} + T_{rs} = 0,7 + 5,572 + 0,1 + 1,72 + 12,96 = 21 \text{ €/h}$$

1. Troškovi amortizacije tresača voća (Ta) su:

$$Ta = T_{NC}/Vt = 8500 / 12 250 = 0,7 \text{ €/h}$$

2. Troškovi održavanja tresača voća (To) su:

$$To = T_{IO} + T_t + T_{DT} + T_{ob} = 2,267 + 0,416 + 2,834 + 0,055 = 5,572 \text{ €/h}$$

- T_{IO} (€/h) - Troškovi investicionog održavanja:
 $T_{IO} = (0,05-0,12) \cdot T_{NC} = 0,08 \cdot 8500 = 680 \text{ €/god} = 680/\text{Km (€/h)} = 680/300 = 2,267 \text{ €/h}$
- T_t (€/h) - Troškovi tekućeg održavanja:
 $T_t = T_{NC} \cdot p / Vt = 8500 \cdot 0,6 / 12250 = 0,416 \text{ €/h}$
- T_{DT} (€/h) - Troškovi delova koji se troše:
 $T_{DT} = (0,06-0,15) T_{NC} = 0,1 \cdot 8500 = 850 \text{ €/god} = 850 / \text{K}_M (\text{€/h}) = 850/300 = 2,834 \text{ €/h}$
- T_{ob} (€/h) - Troškovi obuke održavaoca:
 $T_{ob} = (0,004-0,015) (T_{IO} + T_t + T_{DT}) = 0,01 (2,267 + 0,416 + 2,834) = 0,055 \text{ €/h}$

3. Troškovi energije tresača voća (T_{eA}) su:

$$Teu = Tm = usvaja se 0,1 \text{ €/h}$$

4. Troškovi kamata i osiguranja tresača voća (Tkos) su:

$$Tkos = Tk + Tos = 1,02 + 0,7 = 1,72 \text{ €/h}$$

- Tk (€/h) - Troškovi kamata na investiciona ulaganja u tresača voća:
 $Tk = S_{SR} \cdot k = 5100 \cdot 0,06 = 306 \text{ €/god} = 306/\text{K}_M = 306/300 = 1,02 \text{ €/h}$
 $S_{SR} = VK (g+1) / 2g = 8500(5+1) / 10 = 5100$ - srednja vrednost osnovnih sredstava
- Tos (€/h) - Troškovi osiguranja osnovnih sredstava:
 $Tos = T_{NC} \cdot k_{OS} = 8500 \cdot 0,025 = 212,5 \text{ €/god} = 212,5/\text{Km} = 212,5/300 = 0,7 \text{ €/h}$

5. Troškovi radne snage tresača voća (Trs) su:

$$T_{RS}=2 \cdot SR (I+K_I+(I+K_I)(K_2+K_3))=2 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot (I+0,35+(I+0,35)(0,3+0,4))=12,96 \text{ €/h}$$

Potrebna su dva radnika za pridržavanje platna za skupljanje otrešenog voća.

C. Ukupni eksploracioni troškovi rada agregata: traktor+tresač iznose: 35,6 €/h

Vreme otresanja jednog stabla višanja trajalo je od 14 do 18 s pri rasponu frekvencija od 10 do 12 Hz (Tab. 1). U toku jednog sata je otrešeno u proseku 20 stabala (prosečna vrednost nakon 20 dana ispitivanja). Prema tome, vreme otresanja višanja sa jednog hektara iznosi $t_{BT}=38,25 \text{ h/ha}$. Prosečno je otrešeno 27 kg po stablu, odnosno $Q=20655 \text{ kg/ha}$.

Ekonomičnost branja višanja agregatom: traktor+tresač je (Sl. 5) [3]:

$$E_{BT} = Q / T_{BT} = 20655 / 1362 = 15,16$$

$$T_{BT} = t_{BT} \cdot T_{agregata} = 38,25 \cdot 35,6 = 1362 \text{ €/ha} - \text{troškovi proizvodnje.}$$

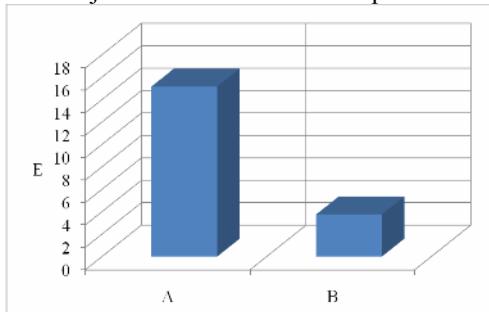
Ekonomičnost branja višanja ručno je:

$$E_{BR} = Q / T_{BR} = 20655 / 5508 = 3,75$$

$$T_{BR} = t_{BR} \cdot T_{RS} = 850 \cdot 6,48 = 5508 \text{ €/ha. - troškovi ručnog branja,}$$

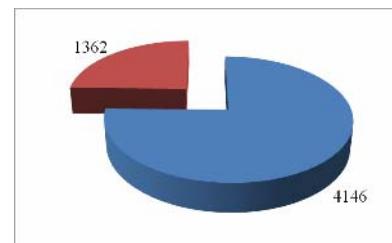
$$T_{RS} = 6,48 \text{ €/ha - troškovi radne snage (jednog radnika).}$$

Primenom ručnog branja troškovi su 5508 €/ha a pri mašinskom branju su 1362 €/ha što ukazuje na uštedu od 4146 €/ha pri mašinskom branju (Sl. 6).



Slika 5. Ekonomičnost branja višanja
(A-tresačem, B-ručno)

Figure 5. Economy of harvesting cherries
(A-with shaker, B-manually)



Slika 6. Šematski prikaz ušteda prilikom branja višanja tresačem od 4146 €/ha

Figure 6. Saving an amount of 4146 €/ha when harvesting cherries with a shaker

Vreme otresanja jednog stabla šljiva trajalo je od 8,5 do 10,5 s pri rasponu frekvencija od 10 do 13 Hz (tabela:1). U toku jednog sata je otrešeno u proseku 20 stabala (prosečna vrednost nakon 20 dana ispitivanja). Prema tome, vreme otresanja šljiva sa jednog hektara iznosi $t_{BT}=15,15 \text{ h/ha}$. Prosečno je otrešeno 24 kg. po stablu, odnosno $Q=7272 \text{ kg/ha}$.

Ekonomičnost branja šljiva agregatom: traktor+tresač je (Sl. 7)

$$E_{BT} = Q / T_{BT} = 7272 / 539,34 = 13,48$$

$$T_{BT} = t_{BT} \cdot T_{Ragregata} = 15,15 \cdot 35,6 = 539,34 \text{ €/ha} - \text{troškovi proizvodnje.}$$

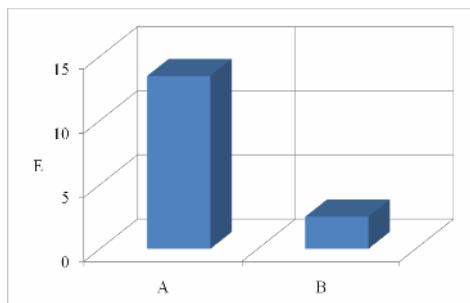
Ekonomičnost branja šljiva ručno je:

$$E_{BR} = Q / T_{BR} = 7272 / 2916 = 2,5$$

$$T_{BR} = t_{BR} \cdot T_{RS} = 450 \cdot 6,48 = 2916 \text{ €/ha. - troškovi ručnog branja,}$$

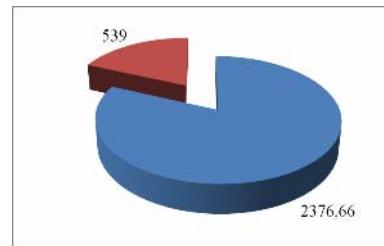
$$T_{RS} = 6,48 \text{ €/ha. - troškovi radne snage (jednog radnika).}$$

Primenom ručnog branja troškovi su 2916 €/ha a pri mašinskom branju su 539,34 €/ha što ukazuje na uštedu od 2376,66 €/ha pri mašinskom branju (Sl. 8).



Slika 7. Ekonomičnost branja šljiva
(A-tresačem, B-ručno)

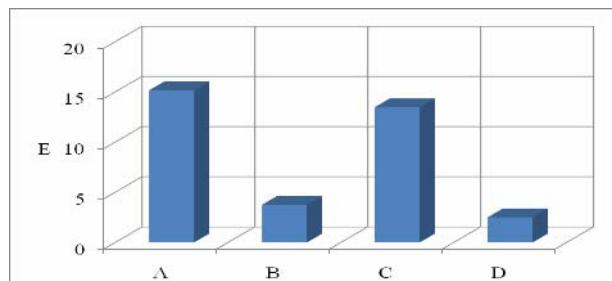
Figure 7. Economy of harvesting plums
(A-with shaker, B-manually)



Slika 8. Šematski prikaz ušteda prilikom branja šljiva tresačem od 2376 €/ha

Figure 8. Saving an amount of 2376 €/ha
when harvesting plums with a shaker

Odnosno, ako se rezultati ekonomičnosti ubiranja višnji i šljiva prikažu na jednom dijagramu dobija se (Sl. 9).



Slika 9. Ekonomičnost branja višanja i šljiva mehanički (A i C) i ručno (B i D)

Figure 9. Comparation of the economy of harvesting cherries and plums mechanically (A and C) and manually (B and D)

ZAKLJUČAK

Za racionalno ubiranje voća, prvenstveno koštičavih plodova neophodno je korišćenje adekvatne mehanizacije, pre svega tresača voća sa odgovarajućim

podsistemima za skupljanje otrešenih plodova i njihovom manipulacijom. Ovakvim načinom ubiranja znatno se smanjuje agrotehnički rok, zavisnost od ljudske radne snage, i troškovi branja. Ekonomski pokazatelji su od presudnog uticaja na primenu mehanizacije za ubiranje koštičavog voća koji ukazuju na konkretnom primeru da su troškovi mehanizovane berbe, odnosno uštede znatne.

LITERATURA

- [1] Živković, D., Veljić, M., 2003. *Sistem kvaliteta u preventivnom održavanju hidrauličnog sistema kod platformi za ubiranje i rezidbu voća*, 11. Savetovanje sa međunarodnim učešćem Preving, Beograd, str:284-288.
- [2] Veljić, M. Živković, D., 2005. *Prilog određivanju ekonomičnosti tresača voća*, 31. JUPITER konferencija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, str: 4.33-4.39.
- [3] Živković, D., 2003. *Poljoprivredna tehnologija*, VTŠ-Zrenjanin, Zrenjanin.

A CONTRIBUTION TO DETERMINING THE ECONOMY SOUR CHERRY AND PLUM SHAKING

Dragan Z. Živković¹, Milan M. Veljić²

¹*High Technical School, Novi Beograd*

²*Faculty of Mechanical Engineering, Beograd*

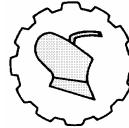
Abstract: Picking sour cherries and plums, compared to other orchard maintenance operations, like cutting, fertilizing and protecting fruit, requires the engagement of a large labor force, much time, and carries high costs, that influence the price of the product heavily. This paper analyzes the possibilities related to the use of a mechanized way of picking, i.e. shaking, showing the advantages of using shakers. Besides the analysis of the shake-off time, this paper also presents the indicators of economic advantages of the application of a tractor-driven fruit shaker for a certain fruit plantation over hand picking. Research has undoubtedly shown the advantage of using shaker over the manual way of picking of fruit.

Key words: *Fruit shakers, cost, economy*

Datum prijema rukopisa: 04.11.2011.

Datum prijema rukopisa sa ispravkama:

Datum prihvatanja rada: 05.11.2011.



OPRAVDANOST UVODENJA MEHANIZOVANE BERBE MALINE U SRBIJI

Mirko Urošević^{*1}, Rade Radojević¹, Dragan Petrović¹, Milica Bižić²

¹ *Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,
Beograd - Zemun*

² *Student master studija, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd -
Zemun*

Sažetak: Ubiranje voća po svojim specifičnostima u mnogome se razlikuje od ubiranja ostalih poljoprivrednih plodova. Pri ubiranju jagodastog voća gde zbog razgranatosti žbunova (razgrtanje pri branju), sitnih plodova, potrebe da se berba obavi u nekoliko navrata, pošto plodovi ne sazrevaju istovremeno, zahteva veliki udeo radne snage. Činjenica da ručna berba maline učestvuje i do 70 % ukupnih troškova proizvodnje, upućuje na nužnost mehanizovanja procesa berbe. Da bi se postigli kriterijumi u proizvodnji maline koje nameće svetsko tržište neophodno je ostvariti nivo u kvalitetu i kvantitetu proizvodnje. Zbog toga intenzivna proizvodnja maline zahteva primenu savremene agrotehnike pri podizanju i gajenju malinjača, a neophodno je izračunati ekonomičnost i troškove proizvodnje, da bi se održala konkurentnost na tržištu. Mehanizovanje procesa berbe je neophodno kako bi se u odnosu na ručno branje skratio vreme izvođenja operacije, smanjio broj radnika, povećala proizvodnost i smanjili troškovi čak za nekoliko puta.

Ključne reči: malina, mehanizovana berba

UVOD

Ubiranje voća po svojim specifičnostima u mnogome se razlikuje od ubiranja ostalih poljoprivrednih plodova. Pri ubiranju jagodastog voća gde zbog razgranatosti žbunova (razgrtanje pri branju), sitnih plodova, potrebe da se berba obavi u nekoliko navrata,

* Kontakt autor: Mirko Urošević, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Srbija.
E-mail: urom@agrif.bg.ac.rs

Ugovor broj 31051: Unapređenje biotehnoloških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda, Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

pošto plodovi ne sazrevaju istovremeno, zahteva veliki ideo radne snage. Ručno branje ove vrste voća zbog niske produktivnosti iziskuje visoke troškove pa se tendencija razvoja savremenih visoko proizvodnih tehnologija svodi na primenu mašinskog, odnosno mehanizovanog branja voća putem otresanja. Obezbeđenje dovoljne radne snage za obavljanje berbe u kratkom vremenskom periodu je ograničavajući faktor daljem razvoju proizvodnje jagodastog voća [11]. Činjenica da ručna berba maline učestvuje i do 70 % ukupnih troškova proizvodnje, upućuje na nužnost mehanizovanja procesa berbe. Tendencija povećanja proizvodnje maline u nekim državama Evrope (pre svih Poljska i Mađarska) kao članica Evropske Unije, pooštava konkurenčiju domaćoj proizvodnji koja se do sada skoro isključivo ostvarivala na manjim posedima sa ručnom berbom. Ubrzan razvoj proizvodnje maline u navedenim državama karakterišu veliki plantažni zasadi sa primenom mehanizacije za obavljanje svih radnih operacija kao i procesa berbe. Takav način proizvodnje utiče na smanjenje troškova uzgoja i eksploatacije zasada a time i cene maline na svetskom tržištu. Plodovi koji su ubrani mašinski, za razliku od ručne berbe, su mikrobiološki ispravniji jer nemaju neposredni kontakt sa radnikom [9].

Pregled dosadašnjih istraživanja

U Institutu za voćarstvo i cvećarstvo u Poljskoj, rađena su ispitivanja kvaliteta i uspešnosti berbe plodova jednorodnih sorti maline mehanizovanim načinom. Kvalitet dostignutih rezultata upoređivani su sa prethodnim ispitivanjima. Oko 50-70% zrelih plodova crvene maline uspešno može da se bere beračem [6]. Prema ispitivanju instituta sorta "Canbi" je okarakterisana sa 74-91% kvalitetnom berbom, dok je sorta "Bristol" od 64-74% [1], [7]. Prema drugom istraživanju [2], došlo se do manje zadovoljavajućih rezultata, sa 52% plodova uspešno obranih beračem. Sorta "Polana" je okarakterisana mnogo slabijeg kvaliteta u odnosu na "Polka". Samo 50-68% plodova je uspešno obrano, sa najvišim kvalitetom ploda, što je dovelo do zaključka da sorta "Polana" nije adekvatna sa aspekta mehanizovanog procesa ubiranja [8].

Sorta je jedan najznačajnijih činilaca uspešne proizvodnje maline. Bez rodnih i kvalitetnih sorti maline nema rentabilne proizvodnje i dobrog plasmana plodova [4]. Danas se aktivno radi na stvaranju sorti adekvatnih za primenu mehanizovanog procesa ubiranja. U tom pravcu postignuti su određeni rezultati u SAD, i to uglavnom za berbu sorte crne maline koja je prikladnija za mehanizovanu berbu od sorti crvene maline. Zato je u Kanadi, SAD, Poljskoj i Velikoj Britniji, stvoreno nekoliko sorti koje su pogodne za mehanizovanu berbu (Vilamet, Miker, Malahat, Chimeinus, Glen dol i Glen fajn) [11].

Iskustva u oblasti mehanizovane berbe maline postoje i u našoj zemlji. Kompanija "Libertas-agrar" iz Šapca je vlasnik 65 ha zasada maline i tri samohodna berača marke "Korvan" za mehanizovanu berbu. Berač opslužuje 5 radnika, a dnevni učinak je 8 ha, odnosno 1 ha se obere za dva časa. Plodovi koji su ubrani mašinski, za razliku od ručne berbe, su mikrobiološki ispravniji jer nemaju neposredni kontakt sa radnikom. Petogodišnje iskustvo pokazuje da su gubici minimalni i iznose od 8 do 10%. Prednosti ovakvog načina ubiranja su veća higijena, relativno visok procenat rolenda (58%) i mogućnost izvođenja berbe u toku noći [4].

Današnja tehnička rešenja za mehanizovanu berbu maline

U SAD, Novom Zelandu, Poljskoj i Engleskoj konstruisane su mašine za berbu crvene maline. Za pojedine tipove berača potrebno je prilagoditi sistem gajenja i naslon, tako da se mehanizovana berba obavi sa što većom efikasnošću i sa što manje oštećenja, kao i sa što manje gubitaka.

Koncepcija današnjih tehničkih rešenja mašine-berača je izvedena u formi vučenih ili samohodnih. Osnovni principi funkcionisanja radnih elemenata su vakum sistem i sistem trešenja. Mašine koje rade na principu vakuma značajnije oštećuju plodove u kojima se javljaju veće količine primesa tako da je ovaj princip skoro napušten. Poslednjih godina postignut je ubrzan razvoj i tehničko usavršavanje kod berača koji rade na principu trešenja sa radnim organima u obliku parova rotora sa palicama [10].



Slika 1. Prikaz vučeni berač "Natalia-V", vučeni berač "Natalka" i samohodni berač "Natalia-p" firme Weremczuk-a

Figure 1. Full-row trailed harvester "Natalia-V", half-row trailed harvester "Natalka" and full-row trailed harvester "Natalia-p"-a firm Weremczuk

MATERIJAL I METODE RADA

Ispitivanja su realizovana u zasadima maline firme "Libertas-agrar" na 12 ha. Malinjak se sastoji od 70 redova, dužine reda 250 m, a razmak između redova 3 m. Uzdužno se red sastoji od stubova sa konstantnim razmakom od 5 m. Uzgojni oblik zasada je špalirski sistem i sa dva reda nosećih žica, sorta Vilamet. Na pomenutom zasadu firma koristi berač "Korvan" 9000 (Sl.2).



Slika 2. Ispitivani berač u radu

Figure 2. Interrogated harvester in operation

U neposrednoj blizini parcele "Stari Lipolist", nalazi se parcela vlasništva preduzeća "Elixir Agrodiskont", takođe sa sedištem u Šapcu, gde je praćeno ručno ubiranje. Zasad maline površine 3 ha, pod sortom Miker. Obzirom na površinu zasada, preduzeće primenjuje samo ručnu berbu. Dužina redova je 120 m, širina između redova je 3 m, a razmak između stubova je 6 m. Berba je trajala oko mesec dana, potreban broj radnika da bi se zadovoljio obim posla je n (3ha) = 24.

Ispitivanje gubitaka berača je realizovano tako što je ispod reda u dužini od 5 m u 20 ponavljanja postavljen najlon. Ovim načinom se došlo do zaključka koja količina zrelih plodova je prošla pored nezatvorenih prihvavnih ploča berača.

Merenje brzine kretanja berača je realizovano stop-satom tokom cele dužine redova u 10 ponavljanja.

Potrošnja goriva sistemom dopune rezervoara nakon radnog dana.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Ostvareni gubici zrelih plodova na zemljištu nakon prolaska berača prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Merenje gubitaka berača
Table 1. Measuring the loss of pickers

Ponavljanje <i>Repeat</i>	Plodovi <i>Fruits</i>			
	Ukupna masa (g) <i>Total mass (g)</i>	Zreli (g) <i>Mature (g)</i>	Zreli (kom) <i>Mature (pcs)</i>	Zeleni (kom) <i>Green (pcs)</i>
1	832	380	186	547
2	615	280	148	436
3	675	300	137	369

U proseku ostvareni gubicu su iznosili 5 zrelih plodova na lastaru (grani) i 20 zrelih plodova na zemlji.

Određivanje brzine kretanja berača, određeno je računskim putem, merenjem pređenog puta i potrebnog vremena, korišćenjem standardne formule za izračunavanje brzine kretanja (Tabela 2).

Tabela 2. Određivanje brzine kretanja kombajna na putu dužine 10 m
Table 2. Determining the speed of the combine on the path length of 10 m

Dužina puta (m) <i>Length of road (m)</i>	Vreme (s) <i>Time (s)</i>	Brzina kretanja (km/h) <i>Speed (km/h)</i>
250	700	1,29
250	700	1,29
250	750	1,2

Tabela 3. je preuzeta iz evidencije praćenja rada berača u preduzeću. To je interna provjera rada rukovaoca berača. U okviru nje se po danima u toku perioda berbe, prati prinos preko broja gajbica u toku smene. Nosivost gajbice je oko 2 kg.

Tabela 3. Prikaz potrošnje goriva "Korvan" 9000 po smenama za 2010. godinu

Table 3. Fuel consumption „Korvan” 9000 by shifts for 2010. year

Redni broj Number	Datum Date	Naziv njive Field name	Smena Shift	Sipanje goriva (lit) Fuel (lit)	Broj gajbi Number of crates
1	14.6.2010.	Stari Lipolist	06-16h	20	108
2	14.6.2010.	Stari Lipolist	-	40	-
3	15.6.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	124
4	16.6.2010.	Stari Lipolist	06-16h	40	-
5	17.6.2010.	Stari Lipolist	06-16h	30	133
6	18.6.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	157
7	19.6.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	188
8	20.6.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	-
9	21.6.2010.	Stari Lipolist	06-15:30	60	149
10	24.6.2010.	Stari Lipolist	07-17h	60	336
11	25.6.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	-
12	26.6.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	460
13	28.6.2010.	Stari Lipolist	07-17h	60	359
14	29.6.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	359
15	30.6.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	356
16	30.6.2010.	Stari Lipolist	-	10	-
17	01.7.2010.	Stari Lipolist	06-16:30h	60	276
18	02.7.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	-
19	03.7.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	245
20	04.7.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	165
21	05.7.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	-
22	06.7.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	-
23	08.7.2010.	Stari Lipolist	07-18h	60	-
24	09.7.2010.	Stari Lipolist	06-16h	-	-
25	10.7.2010.	Stari Lipolist	06-16h	40	124
26	12.7.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	110
27	13.7.2010.	Stari Lipolist	06-16h	-	-
28	14.7.2010.	Stari Lipolist	06-16h	60	59

Obzirom da parametri nisu adekvatno i temeljno praćeni, usvojeno je:

$$n = \sum n_i = 25 \quad (1)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{\sum n_i} = 54,8l \quad (2)$$

$$Qha = \frac{54,8l}{12ha} = 4,57 l/ha \quad (3)$$

Prosečna potrošnja goriva berača je 4,57 l/ha.

Odnos između dnevnih troškova ručne i mašinske berbe:

Iznos ručne berbe je 124800 din.

Iznos mašinske berbe je 54366,54 din.

$$\frac{124800 \text{ din}}{54366,54 \text{ din}} = 2,30 \quad (4)$$

Iz navedenog odnosa sledi da dnevni troškovi ručne berbe su 2,30 puta veći u odnosu na mašinsku berbu.

Tabela 4. Prikaz odnosa ručne i mašinske berbe

Table 4. Representation of the hand and machine harvesting

Zasad maline od 12 ha <i>Area under the raspberry 12 ha</i>	Ručna berba <i>Hand-picking</i>	Mašinska berba <i>Mechanized harvesting</i>
Potreban broj radnika <i>The required number of workers</i>	96	4
Trajanje operacije ubiranja <i>Operating time of harvest</i>	10 h	10 h
Dnevni troškovi berbe <i>Daily costs of harvesting</i>	124800 din	54366,54 din

ZAKLJUČAK

Malina se uglavnom gaji na imanjima zemljoradnika, i to na malim parcelama sa prosečnim površinama zasada nešto manjim od 20 ar. Iz ovoga proizilazi da se u Srbiji proizvodnjom maline bavi između 75.000 i 80.000 domaćinstva. Najveće plantaže maline u Srbiji se nalaze u Mačvi u posedu preduzeća "Libertas-Agrar" iz Beograda i u 2009. godini dostigli su 60 ha površine, od čega oko 50 ha čine jednorodne sorte (Miker, Vilamet i Tjulamin) i preko 10 ha remontna sorta Hertidž [4]. Da bi se postigli kriterijumi u proizvodnji maline koje nameće svetsko tržište neophodno je ostvariti nivo u kvalitetu i kvantitetu proizvodnje. Zbog toga intenzivna proizvodnja maline zahteva primenu savremene agrotehnike pri podizanju i gajenju malinjaka, a neophodno je izračunati ekonomičnost i troškove proizvodnje, da bi se održala konkurentnost na tržištu. Mehanizovanje procesa berbe je neophodno kako bi se u odnosu na ručno branje skratilo vreme izvođenja operacije, smanjio broj radnika, povećala proizvodnost i smanjili troškovi čak za nekoliko puta. Plodovi koji su ubrani mašinski, za razliku od ručne berbe, su mikrobiološki ispravniji jer nemaju neposredni kontakt sa radnikom. Uvođenjem mehanizovane berbe, proizvođači će biti u mogućnosti da malinu gaje na znatno većim površinama. Proizvodna praksa maline u Srbiji zbog njenog strateškog karaktera koja se u velikoj meri izvozi, mora u budućem vremenu sve više primenjivati mehanizovanu berbu. U protivnom, ukoliko se ne bude vrlo intenzivno radilo na uvođenju mehanizovanog procesa berbe maline i pored njenog visokog kvaliteta, Srbiji preti opasnost da izgubi dominantnu poziciju na svetskom tržištu.

LITERATURA

- [1] Grochulski, G., 1990. *Efektywnosc kombajnowego zbioru malin odmiany "Bristol"*, Praca magisterska, AR Lublin, pp 42.
- [2] Kowalcuk, J., Zarajczyk, J., Lesszynski, N., 2008. *Analiza jakosci zbioru malin kombajnem "Natalia"* firmy Weremczuk, INZ. ROL 2(100), pp. 89-93.
- [3] Milić, D., Kalanović-Bulatović, Branka, Trmić, Snežana, 2009. *Menadžment proizvodnje voća i povrća*, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, udžbenik.
- [4] Nikolić, M., Milivojević, Jasmina, 2010. „Jagodaste voćke-Tehnologije gajenja“, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, udžbenik.
- [5] Petrović, S., 2004. *Ekonomski aspekti proizvodnje maline u Republici Srbiji*, Jugoslovensko voćarstvo, Časopis jugoslovenskog naučnog društva, Volimen (38): 49-58.
- [6] Ramsay, A., M., 1983. *Mechanical harvesting of raspberries - a review with particular reference to engineering development in Scotland*, J. Agric. Engng Res., 3: 183-206.
- [7] Rabcewicz, J., Cianciara, Z., Wawrzynczak, P., 1995. *Wstępna ocena zmechanizowanego zbioru malin*, Ogólnopolska konferencja naukowa, AR Lublin, pp. 183-186.
- [8] Rabcewicz, J., Danek, J., 2010. *Evaluation of mechanical harvest quality of primocane raspberries*, Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, Vol. 18 (2) : 239-248.
- [9] Urošević, M., Živković, M., 2009. *Mehanizacija voćarsko-vinogradarske proizvodnje*, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, udžbenik.
- [10] Urošević, M., Živković, M., Komnenić, V., 2005. *Uslovi mehanizovane berbe maline i kupine*, Poljoprivredna tehnika, Volimen 30 (2): 61-68.
- [11] Veljić, M., Mladenović, N., Marković, D., Simonović, V., 2009. *Optimizacija parametara tehničkih rešenja za mašinsko branje koštičavog i jagodastog voća*, Poljoprivredna tehnika, Broj 3: 85-94.

JUSTIFICATION FOR THE INTRODUCTION OF MECHANIZED HARVESTING RASPBERRY IN SERBIA

Mirko Urošević¹, Rade Radojević¹, Dragan Petrović¹, Milica Bižić²

¹*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun*

²*Student of master studies, University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun*

Abstract: The collection of fruit for its specifics in many ways different from harvesting other agricultural crops. When harvesting berries where the ramified bushes (dissipating the picking), small fruits, the need to harvest done on several occasions, because the fruits do not ripen at the same time, requires a large proportion of the workforce. The fact that hand-picking raspberries participate up to 70% of total production costs, indicates the necessity mechanized harvesting process. In order to achieve the criteria to grow the crop, which imposes the global market it is necessary to achieve the level of quality and quantity of production. Therefore, intense raspberry

production requires the use of modern agricultural technology in the construction and cultivation of raspberry, and it is necessary to calculate the cost and production costs to maintain competitiveness in the market. Mechanized harvesting process is necessary in order to hand over to pick the length of time of operations, reduce the number of employees, increase productivity and reduce costs by up to several times.

Key words: *raspberry, mechanized harvesting*

Datum prijema rukopisa: 07.11.2011.

Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 14.11.2011.

Datum prihvatanja rada: 16.11.2011.



UDK: 63.558.1

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

RACIONALIZACIJA TRANSPORTA JABUKA IZ VOĆNJAKA

Mirko Urošević^{1*}, Milovan Živković¹, Radomir Manojlović²

¹*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku –
Beograd-Zemun, Srbija*

²*“13. jul – Plantaže”, a.d. Podgorica, Crna Gora*

Sažetak: Intenzivnom voćarskom proizvodnjom naročito u plantažnim zasadima ostvaruju se visoki prinosi po jedinici površine. Velika količina plodova usložnjava organizaciju ubiranja i dalje manipulacije.

Problem transporta u voćarskoj proizvodnji oduvek je bio prisutan a kod ekstenzivnih tehnologija se rešava većim angažovanjem radne snage. Transport u ovoj oblasti zbog specifičnosti, predstavlja složen i kompleksan problem a čine ga veći broj faktora.

Iz prethodno navedenih razloga predmet istraživanja u ovom radu su bila četiri različita načina iznošenja plodova jabuka iz međureda zasada. Merenja su sprovedena u zasadu jabuke starosti 6 godina, zasađenog na razmaku 5 x 3 m uzgojnog oblika modifikovani vretenasti žbun.

Rezultati istraživanja su omogućili definisanje postupka koji angažuje najmanje ljudskog rada i ostvaruje se za najkraći vremenski period. Vreme utrošeno na proces izvoženja plodova iz voćnjaka je praćeno preko broja ciklusa i kvaliteta plodova.

Primena sistema paletizacije u procesu berbe jabuka, pokazuje pozitivan trend u smanjenju vremena transporta po jedinici prinosa i do tri puta. Ta činjenica upućuje na neophodnost veće primene paletnog sistema transporta.

Ključne reči: *transport, berba jabuka, paletizacija, ambalaža.*

* Kontakt autor: Mirko Urošević, Nemanjina 6, 11080 Beograd-Zemun.

E-mail: urom@agrif.bg.ac.rs

Rezultati istraživačkog rada nastali su zahvaljujući finansiranju Ministarstva za prosvetu i nauku, Republike Srbije, Projekat «Unapređenje biotehnoloških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda», evidencioni broj TR - 31051

UVOD

Faktori koji utiču na transport plodova voća mogu se svrstati u nekoliko područja [1]. Kao prvo, morfološke osobine plodova (krupnoća, oblik, otpornost na mehanička oštećenja itd) karakteristične ne samo za jednu sortu već i za varijetete u okviru jedne sorte [2]. Zatim, faktori uslovljeni tehnologijom uzgoja (uzgojni oblik, dužina redova, raspored stabala, rodnost po stablu). Važan uticaj na transport imaju i radne operacije koje prethode transportu kao što je način berbe, u kojoj su meri mehanizovane i kojim se tehničkim sredstvima obavljaju [3, 4]. Način berbe plodova uslovjava organizaciju transporta kao i vrstu ambalaže i vrstu prevoznih i pretovarnih tehničkih sredstava [5]. Značajne činioce predstavljaju faktori kao što su: udaljenost zasada, povezanost i kvalitet putne mreže, vremenski uslovi, način plasmana plodova, raspolažanje opremom i transportnim sredstvima [6, 7].

Na kvalitet i trajnost (čuvanje) plodova utiču period berbe, sam način kao i manipulacija plodovima. Ubrani plodovi treba da budu iznešeni iz voćnjaka istog dana [8]. Uvođenje sistema delimične ili potpune paletizacije utovara - istovara je ključno u berbi plodova.

MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja su obavljena na 5-godišnjim stablima sorte Ajdared, na objektu površine 30 ha. Zasad je međurednog i rednog razmaka 5 x 3 m, uzgojnog oblika modifikovani vretenasti žbun. Međuredni prostor je zatravljen, a travni pokrivač se održava malčiranjem 6 do 8 puta godišnje, dok je zaštitni pojedinačno tretiran herbicidima. Eksperiment sa različitim načinima iznošenja plodova jabuka iz međureda imao je za cilj da se utvrdi kojim sistemom se najmanje angažuje ljudski rad a iznošenje obavi za što kraći vremenski period. Pokazatelji trajanja izvoženja iste količine plodova su broj i vreme trajanja ciklusa, kao i kvalitet plodova.



Slika 1. Iznošenje jabučara složenih na paletu

Figure 1. Growers in the removal of the complex range

Praćena su četiri načina iznošenja plodova iz međureda i to:

1. Traktor i prikolica sa 2 radnika na prikolici koji slažu jabučare s plodovima i 2 radnika koji dodaju sanduke na traktorsku prikolicu.
2. Traktorski viljuškar koji je iznosio prethodno složene jabučare na paletu (sl. 1) iz međureda po dužini čitave table na putnu mrežu gde je čekao traktor sa prikolicom
3. Traktor i prikolica na koju se prethodno slože palete, 2 radnika na prikolici koji slažu sanduke i 2 radnika koji dodaju sanduke na prikolicu,
4. Berba uz primenu samohodne platforme (Pluko-o-Trak) (sl. 2) u paletne sanduke koje između redova iznosi viljuškar.



Slika 2. Berba jabuka primena platforme Pluko-o-Trak

Figure 2. Vintage Apple application platform

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Rezultati istraživanja uticaja četiri različita načina izvoženja i vremensko trajanje s opisom pojedinih operacija su prikazana u tabeli 1.

Radne operacije:

1. Raspoređivanje jabučara u međured s putne mreže (A)
2. Raspoređivanje paleta i jabučara u međured s putne mreže (B)
3. Slaganje sanduka na palete (B)
4. Iznošenje paleta traktorskim viljuškarom iz međureda i slaganje na prikolicu (B i D)
5. Istovar plodova (paleta) na pisti (B i C)
6. Utovar punih sanduka na prikolicu 4 čoveka (A)

7. Utovar sanduka na prikolicu s palete (C i D)
8. Istovar punih sanduka-jabučara (A)

Tabela 1. Utrošeno vreme za realizaciju pojedinih radnih operacija po varijantama

Table 1. Time consumption for realization of some working operations according to different variants

Redni broj <i>Ordinal number</i>	Načini rada <i>Mode of operation</i>			
	A ¹ <i>A¹</i>	B ² <i>B²</i>	C ³ <i>C³</i>	D ⁴ <i>D⁴</i>
1	38'15"			
2		01'36"		
3		13'16"		
4		18'19"		16'12"
5		05'12"	05'20"	
6	19'15"			
7			18'55"	04'10"
8	16'30"			
Ukupno vreme <i>Total time</i>	74'00"	38'23"	24'15"	20'22"

Tabela 2. Međusobni odnos utrošenog vremena po varijantama

Table 2. Interrelationship of time consumption according to different variants

B ² prema A ¹ <i>B² to A¹</i>	C ³ prema A ¹ <i>C³ to A¹</i>	D ⁴ prema A ¹ <i>D⁴ to A¹</i>	C ³ prema B ² <i>C³ to B²</i>	D ⁴ prema B ² <i>D⁴ to B²</i>	D ⁴ prema C ³ <i>D⁴ to C³</i>
52,58 %	32,22%	27,9%	63,18%	53,06	83,98%

- ¹ A Klasični način manipulacije plodovima – kroz međuredno rastojanje se kreće traktor u prvom stepenu prenosa. Dva radnika na prikolici slažu jabučare koje im sa zemlje dodaju dva radnika
Classical method of fruit manipulation – tractor is running through between-row distance in the first cogwheel. Two workers are on the trailer packing boxes passed by the two workers on the ground
- ¹ A Iznošenje iz međuredne sa traktorskim viljuškarom čitavom dužinom reda od 150 m – dužina jedne table i iznošenje na putnu mrežu gde čeka traktor s prikolicom.
Outputting from the between-row distance with the fork lift truck along the entire row of 150 m – length of one plot and outputting to the road network where tractor with the trailer is waiting
- ² B Na traktorsku prikolicu postavljene palete na koje se slažu jabučari - dva radnika na prikolici slažu jabučare koje im sa zemlje dodaju dva radnika
Pallets shifted on the tractor's trailer where boxes are packed – two workers on the trailer are placing boxes passed by the two workers on the ground
- ³ C Berba uz primenu samohodne platforme (Pluko-o-Trak) u paletne sanduke koje između redova iznosi viljuškar.
Picking with the application of the Pluko-o-Trak into the palette boxes driven out from the between-row distance by the fork lift truck

Iz tabele se vidi da načini iznošenja plodova iz međureda kod četiri različita načina ima različito vreme trajanja. Jasno se vidi da za varijantu D je potrebno najmanje vremena što je čini najracionalnijom u odnosu na ostale varijante.

Proučavanjem vremena rada u procesu iznošenja plodova pokušalo se iznaći gde su eventualno moguće racionalizacije. Rezultati paletiziranog transporta u voćnjaku pokazuju pozitivan trend u smanjenju vremena smanjenu vremenu iznošenja plodova naročito u varijanti D. Prema tome istraživanja različitih sistema paletizacije treba što više primenjivati u procesu berbe i iznošenja jabučastog voća. Organizacija primene paletnog sistema u procesu izvoženja jabučastog voća zavisi od parametara konkretnog. Troškovi berbe i iznošenje plodova mogu se smanjiti i do tri puta primenom specijalne platforme za berbu i sistema paletizacije u odnosu na klasičan način.

ZAKLJUČAK

Sistem paletizacije treba uvoditi gde god je to moguće i oslobođiti radnike za samu berbu. Prema tome, danas kad je sve manje kvalitetne sezonske radne snage, razumljivo je da sva nastojanja treba usmeriti na racionalizovanje procesa berbe, uz upotrebu različitih pomagala i maksimalno korišćenje mašina. Do sada se najviše postiglo u povećanju učinka berbe (100 – 120 kg/h ručna berba, pa do 300 kg/h primenom platforme). Ostaje još uvek rezerva u racionalizaciji utovara, transporta i istovara voća što znači da treba maksimalno raditi na primeni paletizacije u samom voćnjaku. Tamo gde je moguće obavezno ići zamenom klasičnih voćnih sanduka (jabučara) velikim boks paletama, sadržine i do 400 kg jabuke. Na taj način omogućeno je potpuno mehanizovan utovar i istovar voća, zatim bolje korišćenje transportnih sredstava i prostora u hladnjacama.

U svakom slučaju organizacija izvoženja ubranih plodova je jednostavnije i efikasnije kada se koriste paletni sistemi transporta. Kao što je pokazano u eksperimentu varijanta D je dala najbolji rezultat.

LITERATURA

- [1] Živković, M., 1991. *Proučavanje transporta pri mehanizovanoj berbi koštičavog voća*, Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [2] Živković, M., 1991. *Proučavanje osnovnih parametara transportnih sredstava u voćnjacima*, "Naučno-tehnički progres u poljoprivrednoj proizvodnji", Zbornik radova, Opatija, str. 236-241.
- [3] Živković, M., 1991. *Korišćenje traktorskog viljuškara kao transportnog i utovarnog sredstva pri transportu u voćnjaku*, Savremena poljoprivredna tehnika, Novi Sad, br. 1-2, str.45-50.
- [4] Živković, M., 1992. *Means of transporation operatinal and proctivity indicators at stone mechanical harvesting*, Reviw of Research Work at the Faculty of Agriculture, Beograd,Wol 37, № 2, pages 75-84.
- [5] Nenić, P., Radojević, R., Milojević, M., 1977. *Čuvanje plodova, tehnika potapanja i ekonomski efekti*, Jugoslovensko voćarstvo, Čačak, str. 39-40.

- [6] Nenić, P., Urošević, M., Živković, M., 1991. *Transport plodova voća i grožđa sa osvrtom na primenu paletnog sistema*, "Mehanizacija u agrokompesku", Zbornik radova, Obrenovac, str. 250-256.
- [7] Nenić, P., Urošević, M., Živković, M., 2005. *Model prikolice za transport voća i grožđa*, Poljoprivredna tehnika, broj 3, Poljoprivredni fakultet Beograd, str. 91-94.
- [8] Branković, M., 2007. *Uticaj sistema gajenja jabučastog voća na tehničko-tehnološke parametre platformi za berbu i rezidbu*, Specijalistički rad, Poljoprivredni fakultet - Zemun.

RATIONALIZATION OF APPLE TRANSPORT FROM ORCHARD

Mirko Urošević¹, Milovan Živković¹, Radomir Manojlović²

¹*University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering – Belgrade-Zemun, Serbia*

²*"13. jul – Plantaže", a.d. Podgorica, Montenegro*

Summary: In intensive fruit production, especially in fruit farms, high yields are achieved. Large number of fruits makes organization of picking and further manipulation very challenging. Transport issue in fruit production was always attendant, but in extensive technologies was solved by engaging larger number of labor. Because of the specific production, transport in this section represents complex and combining problem depending on a large number of factors. From previous reasons the objective of this study was to investigate four different ways of apple fruits manipulation from between-row distance. Experiment was done in 6-year-old apple orchard, with planting distance 5 x 3 m, with modified spindle bush training system. Results from this study made possible to define the method that demanded the least labor for the nearest time period. Time consumption of apple transport from orchard was recorded over number of cycles and fruit quality. The pallets-system during apple harvest time represented positive trend in decreasing of time necessary for transport up to three times. This fact refers to the necessity of more often pallet-system transport applying.

Key words: *transport, apple picking, pallet-system, package.*

Datum prijema rukopisa: 07.11.2011.

Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 10.11.2011.

Datum prihvatanja rada: 14.11.2011.



UDK: 631.331

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

MATEMATIČKA INTERPRETACIJA PARAMETARA VIBRACIONOG DODAVAČA VOĆA PO MODELU MASA-OPRUGA-PRIGUŠIVAČ

Dragan Marković*, Milan Veljić, Vojislav Simonović, Ivana Marković

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

Sažetak: Vibracioni dodavači podležu oscilovanju i mogu se modelirati kao sistem masa-opruga-prigušivač. U ovom radu prikazana je detaljna analiza matematičkog modela i razmatrane razne mogućnosti u zavisnosti od stepena prigušenja. Prikazan je i vremenski odziv sistema. Primena ovog rada je u procesima projektovanja vibracionih dodavača kao i linija za preradu voća koje sadrže ove dodavače, naročito sa aspekta energetske efikasnosti. Rezultati istraživanja se mogu primeniti za ceo hidraulični i/ili pneumatski sistem, ili za izdvojeni deo sistema.

Ključne reči: vibracioni dodavač, oscilacije, sopstvena frekvencija, stepen prigušenja, odziv.

UVOD

Proces sortiranja i kalibracije voća ogleda se u maloj produktivnosti i visokim troškovima radne snage za prebiranje i izdvajanje oštećenih plodova i sortiranja plodova po kvalitetu, boji i veličini. Zahtevi koji se postavljaju pri sortiranju i kalibriranju voća zavise i od prethodno primenjene tehnologije hlađenja i zamrzavanja plodova, kako bi se obezbedio kvalitet proizvoda sa što manje gubitaka u sledećim fazama prerade voća. Osim toga uslovi rada u hladnjачama, rad radnika na niskim temperaturama su otežani i nije realno očekivati da će se sa postojećom tehnologijom i opremom u budućnosti obezbediti dalji razvoj u ovoj oblasti [6].

* Kontakt autor: Dragan Marković, Kraljice Marije 16, 11000 Beograd.
E-mail: dmarkovic@mas.bg.ac.rs

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

Vibracioni dodavač se nalazi ispred ulaza u vazdušni separator i obezbeđuje pravilno raspoređivanje i doziranje voća. Primenuju se vibracioni transporteri koji se istovremeno koriste za vršenje tehnoloških operacija i za funkciju transporta u toku procesa, odnosno za transport rasipnih materijala kao i dodavanje (hranjeњe) materijalom drugih uređaja i transporterima [7].

Njihov osnovni deo je korito koje se kreće oscilatorno. Kretanje materijala se postiže time što pri kretanju korita napred adheziona sila između materijala i korita obezbeđuje kretanje materijala napred zajedno sa koritom, dok pri kretanju korita nazad materijal kliza po koritu. Korito je postavljeno na gumeno elastične elemente (gumene opruge). Zbog svojih elastičnih osobina i velikih mogućnosti najrazličitijih oblika, gumene opruge su našle široku primenu u praksi, posebno za aktivnu i pasivnu zaštitu, ili obezbeđivanje oscilovanja. Prilikom zajedničkog kretanja korita i materijala unapred kinetička energija materijala raste i troši se na njegovo kretanje [5].

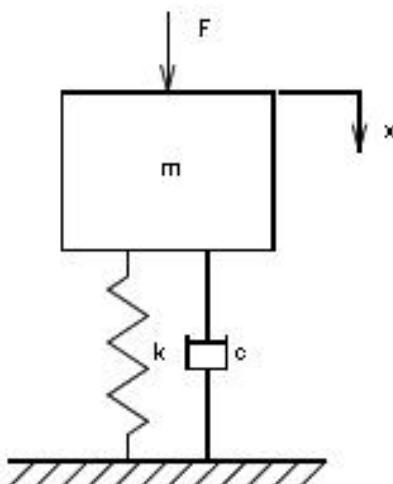


Slika. 1. Platforma za prihvatanje smrznutog voća, prijemni koš sa zasunom i vibracioni dodavač-dozator

Figure. 1. The platform for the reception of frozen fruit, receiving the basket with bolt-feeder and vibratory feeder

MATERIJAL I METODE RADA

U modelu kojim će biti tretirani vibracioni dozatori bazirani na sistemima masa-opruga-prigušivač, masa tih podsistema će biti redukovana na materijalnu tačku. Opruga može biti mehanička ili hidraulična, ali je prirast sile proporcionalan skraćenju opruge sa koeficijentom proporcionalnosti k . Iako opruga poseduje masu smatra se da je bez težine.



Slika. 2. Fizički oblik sistema masa - opruga – prigušivač

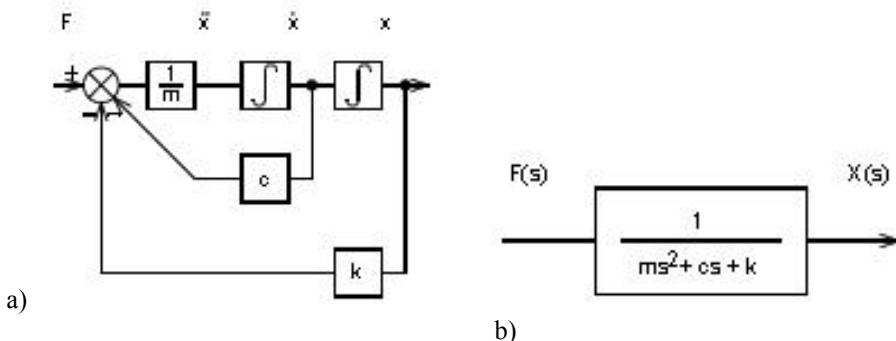
Figure. 2. The physical form of the system mass - spring - damper

Da bi se analizirao bilo koji sistem, moraju biti poznati početni uslovi. Za ove potrebe, to znači da sistem miruje i da je vremenski nepromenljiv pre dejstva sile. Ako prepostavimo da je pomeranje x vertikalno, onda početni uslovi zahtevaju da opruga delimično preuzme težinu mg .

Nakon što se primenjuje sila, kretanje sistema može se odrediti primenom Njutnovog drugog zakona:

$$F(t) = m\ddot{x} + c\dot{x} + kx \quad (1)$$

Za ovako postavljen matematički model sistema blok dijagram u vremenskom i kompleksnom domenu prikazani su na Sl. 3.



Slika 3. Blok dijagram sistema masa - opruga - prigušivač u vremenskom domenu (a), i u kompleksnom domenu (b) [2]

Figure. 3. Block diagram of the system mass - spring - damper in the time domain (a), in the complex domain (b)[2]

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Deljenjem jednačine (1) masom m , i uvođenjem prirodne učestanosti (učestanost neprigušene oscilacije) ω_n i stepena prigušenja ζ , dobijamo diferencijalnu jednačinu sistema u sledećem obliku [1]:

$$\frac{F(t)}{m} = \ddot{x} + 2\zeta\omega_n\dot{x} + \omega_n^2x \quad (2)$$

gde su:

$$\zeta = \frac{1}{2}c\sqrt{\frac{1}{km}} \quad \text{i} \quad \omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3)$$

Jednačina dva je obična diferencijalna jednačina drugog reda koja se može rešiti analitički koristeći Laplasovu transformaciju:

$$\mathcal{L}\left(\frac{F(t)}{m}\right) = \mathcal{L}(\ddot{x} + 2\zeta\omega_n\dot{x} + \omega_n^2x) \quad (4)$$

$$\frac{F(s)}{m} = (s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)X(s) \quad (5)$$

Odskočna funkcija amplitude F može se transformisati kao F/s . Zbog toga Laplasova jednačina domena može da se preuredi u oblik pogodan za inverziju u vremenski domen [3]:

$$X(s) = \frac{F}{m} \left\{ \frac{1}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)} \right\} \quad (6)$$

Koreni jednačine u imeniku dobijaju se na standardan način rešavanjem polinoma trećeg stepena kao:

$$s = -\zeta\omega_n \pm \sqrt{\zeta^2\omega_n^2 - \omega_n^2} = \omega_n(-\zeta \pm \sqrt{\zeta^2 - 1}) \quad (7)$$

Iz jednačine (5) proizilaze dva intervala rešenja. Ako je $\zeta < 1$, onda je rešenje za s par konjugovano kompleksnih rešenja, a u drugom slučaju ako je $\zeta \geq 1$, onda je rešenje gornje jednačine par nejednakih negativnih realnih korenata.

Pri posmatranju intervala na kome je $\zeta < 1$, jednačina (6) može biti transformisana u oblik koji je čini lakšom za invertovanje u vremenski domen [3]:

$$X(s) = \frac{F}{\omega_n^2 m} \left\{ \frac{1}{s} - \frac{s + \zeta\omega_n}{(s + \zeta\omega_n)^2 + \omega_n^2(1 - \zeta^2)} - \frac{\zeta\omega_n}{(s + \zeta\omega_n)^2 + \omega_n^2(1 - \zeta^2)} \right\} \quad (8)$$

Posle nekih međukoraka, jednačina (6) se transformiše u oblik:

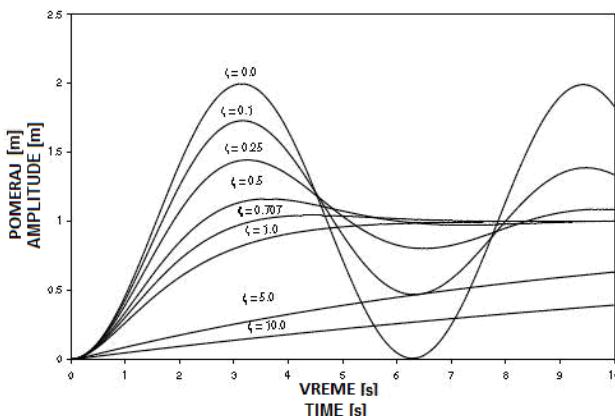
$$x(t) = \frac{F}{\omega_n^2 m} = \left\{ 1 - \frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{1 - \zeta^2}} \sin \left(\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} t + \tan^{-1} \frac{\sqrt{1 - \zeta^2}}{\zeta} \right) \right\} \quad (9)$$

Pri posmatranju intervala na kome je $\zeta \geq 1$, jednačina (6) ima dva različita negativna korena u ovom intervalu i njena forma pre inverzije je [3]:

$$X(s) = \frac{F}{\omega_n^2 m} \left\{ \frac{1}{s} - \frac{\sqrt{\zeta^2 - 1} - \zeta}{2\sqrt{\zeta^2 - 1}} \frac{1}{s + \omega_n(\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1})} - \frac{\sqrt{\zeta^2 - 1} + \zeta}{2\sqrt{\zeta^2 - 1}} \frac{1}{s + \omega_n(\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1})} \right\} \quad (10)$$

$$x(t) = \frac{F}{\omega_n^2 m} = \left\{ 1 - \frac{\sqrt{\zeta^2 - 1} - \zeta}{2\sqrt{\zeta^2 - 1}} e^{-\omega_n(\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1})t} - \frac{\sqrt{\zeta^2 - 1} + \zeta}{2\sqrt{\zeta^2 - 1}} e^{-\omega_n(\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1})t} \right\} \quad (11)$$

Uticaj koeficijenta ζ na karakter izlaznih oscilacija $x(t)$ je prikazan na Graf. 1. Vrednost $\zeta = 0$ je granična vrednost koja označava da ne postoji prigušenje. Tada je promena $x(t)$ oscilatornog karaktera. Za vrednosti koeficijenta prigušenja ispod nule, dobija se $x(t)$ sa vremenski rastućom amplitudom. Za drugi granični slučaj, ako je $\zeta = 1$ onda je to kritično prigušenje pri kome isčezava prigušno oscilatoran karakter promene $x(t)$. Za koeficijent prigušenja oscilacija preko ove vrednosti, $\zeta > 1$, je $x(t)$ aperiodična funkcija (ili, zbir aperiodičnih funkcija). Na vibracionim dodavačima podložnim oscilovanju najzastupljeniji je upravo slučaj prigušenih oscilacija pri kojima je koeficijent prigušenja oscilacija $0 < \zeta < 1$. Podešavanjem i optimizacijom ovog koeficijenta direktno se utiče na koeficijent punjenja naredne mašine u liniji za preradu voća i povrća [4].



Grafik. 1. Pomeraj u funkciji vremena za različite stepene prigušenja [1]

Chart. 1. Shift in function of time for different degrees of damping [1]

ZAKLJUČAK

Nedostaci koji se javljaju kod vibracionih transporteru su znatne dinamičke sile koje izazivaju oscilovanje noseće strukture, relativno mali kapacitet i veća potrošnja energije nego kod trakastih transporteru. Prvi nedostatak se otklanja podešavanjem stepena prigušenja koji utiče i na količinu materijala koja se dozira na transportere ili u ambalažu za pakovanje. Potrebno je regulisanje vršiti frekventnim regulatorom tako da se stepen prigušenja prilagodi potrebnim uslovima vibriranja u cilju zahtevanog raspoređivanja

materijala kao i da se obezbede propisani uslova stabilnosti samog vibracionog dodavača.

LITERATURA

- [1] Akers, A., Gassman, M., Smith, R., 2006. *Hydraulic power system analysis*, Taylor and Francis Group, New York, pp. 57-64.
- [2] Wu, J.J., 2004. *Free vibration analysis of beams carrying a number of two-degree-of-freedom spring-damper-mass systems*, Finite elements in analysis and design, Elsevier, pp. 135-137.
- [3] Pellicer, Marta, 2007. *Large time dynamics of a nonlinear spring-mass-damper*, Nonlinear Analysis, Elsevier, pp. 203-216.
- [4] Nylen, P., 1999. *Inverse eigenvalue problem: existence of special mass-damper-spring systems*, Linear algebra and its applications, Elsevier, pp.45-60.
- [5] Mladenović, N., Marković, D., 2009. *Numerical flow computation of fluid mixing*, Traktori i pogonske mašine, JUMTO, Vol. 14, No. 1, pp. 99-104.
- [6] Veljić, M., Mladenović, N., Marković, D., Čebela, Ž., 2010. *Optimization of parameters of a vibration system for sorting and calibrating deep frozen berry fruits*, Nacionalni časopis Procesna tehnika i energetika u poljoprivredi, Vol. 14, No. 2, pp. 93 – 97.
- [7] Veljić, M., Mladenović, N., Marković, D., Simonović, V., 2009. *Optimizacija parametara tehničkih rešenja za mašinsko branje koštičavog i jagodičastog voća*, Poljoprivredna tehnika, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Vol. 34, No. 3, pp. 85-94.

MATHEMATICAL INTERPRETATION PARAMETERS OF DOZATOR FOR FRUITS ON THE BASE OF SPRING-MASS-DAMPER SYSTEM

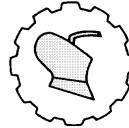
Dragan Marković, Milan Veljić, Vojislav Simonović, Ivana Marković

University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering

Abstract: Dozators are subject to oscillations, so that it may be modeling as spring-mass-damper systems. In this paper are shown extended analysis of mathematical models and various possibilities according to the degree of damping are discussed. System time response is shown also. Application of this paper can be found in projecting and design of vibrating dozators as well all systems for processing fruit which consist dozators, especially in the area of energy efficiency. Results of research may be applied for whole hydraulic or pneumatic system, or for particular parts of the system.

Key words: *dozator, oscillations, free frequency, degree of damping, response.*

Datum prijema rukopisa:	04.11.2011.
Datum prijema rukopisa sa ispravkama:	14.11.2011.
Datum prihvatanja rada:	15.11.2011.



UDK: 63.558.1

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

EKSPOATACIONI PARAMETRI VUČENOG KOMBAJNA ZA BERBU GROŽĐA „VOLENTIERI VG 2000/2TA“

Radomir Manojlović¹, Dragoljub Mitrović², Ivan Bulatović²,
Mirko Urošević^{3*}, Milovan Živković³

¹“13. jul – Plantaže“, a.d. Podgorica, Crna Gora

²Univerzitet u Podgorici, Biotehnički fakultet, Podgorica, Crna Gora

³Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,
Beograd-Zemun, Srbija

Sadržaj: Jedan od najsloženijih problema u obavljanju radnih operacija u vinogradarstvu predstavlja proces berbe grožđa. Kvalitetna berba se smatra ona koja se obavi u periodu kada sastav grožđa odgovara njegovoj nameni, što se pre svega odnosi na suvu materiju i odgovarajući odnos šećera i kiselina. Troškovi ručne berbe grožđa čine oko 45% od ukupnog utroška ljudskog rada po hektaru što odgovara 30–50 radnih dana jednog radnika.

U radu su prikazani rezultati ispitivanja mehanizovane berbe vinskih sorti grožđa, primjenom vučenog kombajna „Volentieri“ u agregatu s traktorom „New Holland Tn 95 F“. Ispitivanja su obavljena na proizvodnim površinama Čemovskog polja, sorte Vranac i Župljanka. Sadnja loze je obavljena na međurednom i rednom rastojanju 2,6 x 0,7 m i 2,6 x 1 m. Dužina redova je iznosila 168 m a zastupljen uzgojni sistem je modifikovana horizontalna dvokraka kordinčica sa širinom zelenog pojasa u zoni grožđa 50-60 cm.

Rezultati ispitivanja agregata u radu pokazuju da je ostvarena prosječna radna brzina od 4,8 km/h, a učinak 0,62 ha/h tj. 4,98 ha/dan – sorta Vranac. Kod sorte Župljanka ostvarene su vrednosti: brzina rada 4,1 km/h, učinak 0,53 ha/h tj. 4,24 ha/dan. Pri radu kombajna javljaju se gubici od 36 kg/ha kod sorte Vranac, a 70 kg/ha kod sorte Župljanka. Vreme okretanja na uvratinama ispitivanog kombajna je iznosilo 30 -32 s.

Neposredno pred berbu neophodno je zelenom rezidbom smanjiti lisnu masu posebno u zoni grožđa kako bi se smanjili zastoji u berbi i gubici. Vučeni kombajni, osim u većim plantažnim zasadima imaju ekonomsku opravdanost i na manjim posjedima.

Ključne riječi: mehanizovana berba, kombajn za grožđe, parametri zasada, učinak, gubici

* Kontakt autor: Mirko Urošević, Nemanjina 6, 11080 Beograd - Zemun, Srbija.

E-mail: urom@agrif.bg.ac.rs

UVOD

Vinogradarstvo je intenzivna grana poljoprivredne proizvodnje koja zahtijeva velika ulaganja po jedinici površine. Poznato je da je rok obavljanja poljoprivrednih radova faktor koji ima izuzetan uticaj na kvalitet, a posebno, berbu grožđa treba obaviti u punoj zrelosti, kada je najveći sadržaj šećera i najveća masa grožđa [1]. Berba vinskih sorti grožđa obavlja se na temperaturi od 20 - 30°C, te ubrano grožđe treba u što kraćem vremenskom roku transportovati iz vinograda do prerađivačkih kapaciteta, čime se otklanja mogućnost kvarenja grožđa što utiče na kvalitet vina.

Kod organizacije berbe vinskog grožđa treba obezbediti: raspoloživa tehnička sredstva za berbu, radnu snagu, odgovarajuću ambalažu, transportna sredstva te osposobiti preradne kapacitete.

Berba vinskog grožđa može se obavljati na više načina: ručna berba, polumehanizovana berba i mašinska berba. Ručna berba zahtijeva veće učešće ljudskog rada po jedinici površine, a prema našim istraživanjima za berbu 1 ha utroši se 300 - 400 radnih časova [3]. To znači da jedan radnik u toku dana ubere 400 - 600 kg grožđa, te je za 1 ha u toku jednog dana potrebno 30 - 40 radnika [4]. Broj radnika zavisi od: sorte, uzgojnog oblika, visine prinosa, obučenosti berača, organizacije berbe, utovara i transporta ubranog grožđa. Činjenica je da je raspoložive radne snage za berbu sve manje, te i njena veća koncentracija u kratkom vremenskom periodu 20-30 dana, pa je zbog toga proces berbe potrebno mehanizovati [2].

Mehanizovana berba podrazumijeva primjenu kombajna za berbu grožđa, a zavisno od tehničko-tehnoloških rešenja, kombajni mogu biti: vučeni i samohodni. I jedni i drugi nalaze opravданu primjenu u proizvodnoj praksi, zbog veće ekonomičnosti i proizvodnosti.

Proizvodnost samohodnih kombajna kreće se od 5-15 ha/dan [5]. Vučeni kombajn aggregatira se za vučno-pogonsku mašinu, traktor, snage 40-50 kW, a njihova proizvodnost kreće se od 2-5 ha/dan [6]. Prosječni gubici kod mašinske berbe kreću se od 5-10 % [7]. Kvalitet ubranog grožđa zavisi od uzgojnog oblika, širine radnog pojasa, konfiguracije terena, visine naslona, načina rezidbe, sortne osobine, pripremljenosti zasada za mašinsku berbu itd.

MATERIJAL I METODE RADA

Vinograđi „13. Jul-Plantaže“, a.d. Podgorica, na Ćemovskom polju, proizvodnih površina oko 2 400 ha, od čega 2 200 ha pod vinskim sortama, podignuti su na ravnom skeletnom i skeletoidnom zemljištu. Eksperimentalna ispitivanja mašinske berbe vinskog grožđa obavljena su 2010. godine na proizvodnim površinama Ćemovskog polja, sorte „Vranac“ i „Župljanka“. Međuredno i redno rastojanje oba zasad je 2,60 x 0,7 m, a dužina redova je iznosila 168 m. Uzgojni sistem sorte „Vranac“ je modifikovana horizontalna dvokraka kordinacija sa širinom zelenog pojasa duž špalira u zoni grožđa 50-60 cm, a sorte „Župljanka“ uzgojni sistem je dvokraka kordinacija.

Ispitivanja mašinske berbe vinskog grožđa obavljena su u radu vučenog kombajna tipa „VOLENTIERI VG 2000/2TA“, aggregatiranim sa pogonskom mašinom „NEW HOLLAND TN 95F“ snage motora 67,5 kW (Sl. 1). Kombajn u susjednom međurednom

prostoru prati traktor snage 60 kW u agregatu sa prikolicom 3 t za prihvat ubranog grožđa, i još dvije prikolice od 3 t , aggregatirane traktorima snage 60 kW .

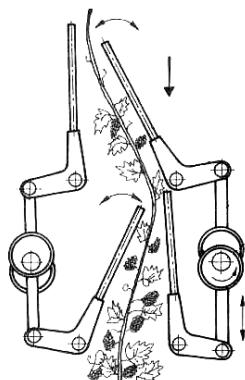


Slika 1. Ispitivani kombajn u radu
Figure 1. Examined combine running

Eksplotacioni rezultati su dobijeni metodom hronografije, hronometrije i matematičkom obradom podataka. Radna brzina agregata – kombajna, mjerena je u pet ponavljanja na dužini reda od $2 \times 168 \text{ m}$; vreme okretanja; proizvodnost $\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}$ i $\text{ha} \cdot \text{dan}^{-1}$, gubici grožđa prilikom berbe u $\text{kg} \cdot \text{red}^{-1}$ i $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

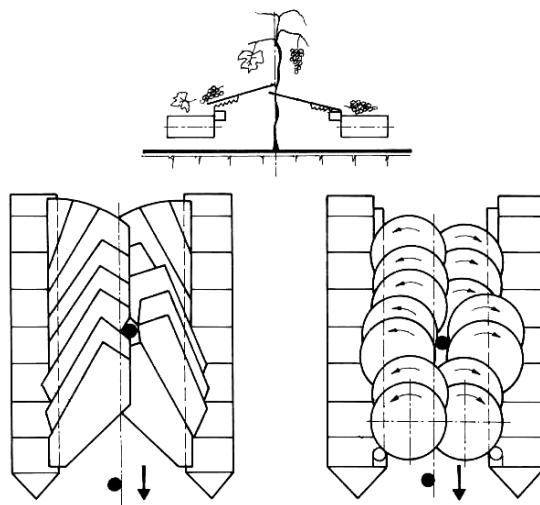
Tehničke karakteristike ispitivanog agregata: slobodna visina tunela iznosi $245 - 295 \text{ cm}$; visina berbe od zemljišta – 45 cm ; raspon berbe grožđa iznosi $0 - 150 \text{ cm}$; uzdužni nagibi - optimalni: $\Delta 15\%$ max: $25 - 30\%$.

U procesu rada kombajn objaše red loze, a otresanje bobica nastaje uslijed vibracija horizontalno postavljenih palica u dva reda. Prilikom vibracije $6-10 \text{ Hz}$, palice (Sl. 2) zahvataju cijelu masu sa grozdovima pri čemu bobice padaju na sabirne ploče (Sl. 3) i dalje se usmeravaju na traku donjeg transportera.



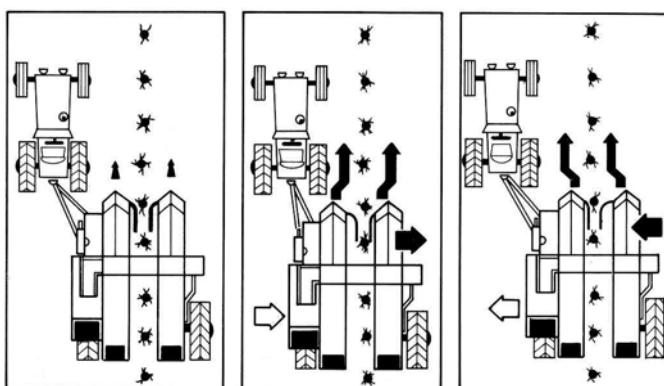
Slika 2. Šema rada palica za otresanje
Figure 2. The scheme of working sticks for shaking down

Otrešene bobice grožđa zajedno sa lišćem loze izložene su dejstvu vazdušne struje ventilatora (donja i gornja zona) pomoću kojih se vrši odvajanje lišća i drugih primjesa. Kosim i horizontalnim transporterom ubrana masa se usmerava na transporter koji je odlaže u prikolicu.



Slika 3. Izgled ploča za prikupljanje otrešenog grožđa
Figure 3. Plate appearance for gathering shake off grapes

Kod vučenog kombajna na prednjem delu tunela nalaze se dva tastera koja pri dodiru čokota automatski usmeravaju kombajn kako bi red vinove loze se uvek nalazio na sredini tunela između tresućih palica i prihvavnih ploča. Ovaj sistem je kod vučenih kombajna veoma funkcionalan jer se traktor kreće kroz međuredno rastojanje, a kombajn objaše jedan od susjednih redova (Sl. 4).



Slika 4. Šematski prikaz rada sistema za navođenje vučenog kombajna za berbu grožđa
Figure 4. Schematic diagram of the system for guidance dragged combine for harvesting grapes

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Osnovni i najuticajniji parametar koji definiše učinak kombajna u berbi je tehnološka brzina rada. Ona je zavisna od uslova terena kao i kvaliteta obrade zemljišta u zasadu. Na brzinu kretanja kao i na gubitke značajno utiče pored bujnosti čokota, raspored grozdova, visina prinosa, prilagođenost zasada za berbu. Značajan uticaj ima i stepen organizovanosti transportnih sredstava koja prate kombajna u radu - u ovom slučaju tri prikolice za transport ubranog grožđa nosivosti po 3 t.

Eksplotacioni pokazatelji rada agregata za berbu prikazani su u Tab. 1. i Tab. 2.

Tabela 1. Eksplotacioni pokazatelji rada agregata, sorta „Vranac“

Table 1. Aggregate function exploatation indicators, species „Vranac“

Prohodi <i>Walkthrough</i>	Dužina prohoda (m) <i>Walkthrough length (m)</i>	Vreme prohoda (min) <i>Walkthrough time (min)</i>	Vreme okretanja (s) <i>Turnaround time (s)</i>	Radna brzina (km/h) <i>Operation speed (km/h)</i>	Proizvodnost <i>Productivity</i>		Gubici grožđa <i>Grape loss</i>	
					ha/h <i>ha/h</i>	ha/dan <i>ha/day</i>	kg/red <i>Kg/row</i>	kg/ha <i>kg/ha</i>
1	336	4.5	20	4.18	0.54	4.30	0.80	18.40
2	336	3.0	28	5.80	0.75	6.00	1.20	27.60
3	336	5.2	35	3.50	0.45	3.60	2.20	50.60
4	336	3.5	32	5.00	0.65	5.20	1.60	36.80
5	336	3.0	35	5.60	0.73	5.80	2.00	46.00
X	336	3.8	30	4.8	0.62	4.98	1.56	36.00

Tabela 2. Eksplotacioni pokazatelji rada agregata, sorta „Župljanka“

Table 2. Aggregate function exploatation indicators, species „Župljanka“

Prohodi <i>Walkthrough</i>	Dužina prohoda (m) <i>Walkthrough length (m)</i>	Vreme prohoda (min) <i>Walkthrough time (min)</i>	Vreme okretanja (s) <i>Turnaround time (s)</i>	Radna brzina (km/h) <i>Operation speed (km/h)</i>	Proizvodnost <i>Productivity</i>		Gubici grožđa <i>Grape loss</i>	
					ha/h <i>ha/h</i>	ha/dan <i>ha/day</i>	kg/red <i>kg/row</i>	kg/ha <i>kg/ha</i>
1	336	4,0	30	5,5	0,71	5,7	3,5	80,0
2	336	4,5	26	4,1	0,53	4,2	2,5	57,5
3	336	5,5	40	3,3	0,43	3,4	2,0	46,0
4	336	4,7	28	3,9	0,51	4,1	3,0	69,0
5	336	5,0	38	3,6	0,47	3,8	4,0	92,0
X	336	4,7	32	4,1	0,53	4,24	3,0	70,0

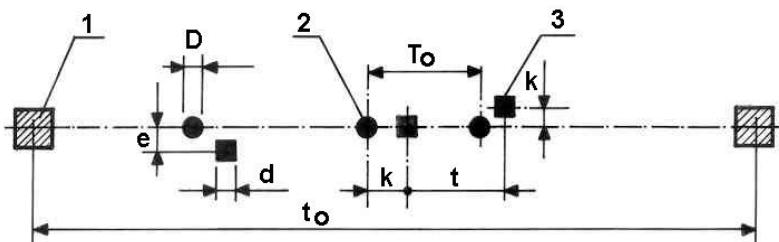
Ispitivani agregat prilikom rada ostvario je prosječnu radnu brzinu od $4,1 \text{ km h}^{-1}$, prosječno vreme okretanja na stazama iznosilo je 32 s, prosečno vreme prohoda dužine dva reda bilo je 4,7 min.

Vinograd pod sortom „Župljanka“ je stariji zasad i time manje prilagođen za mašinsku berbu. Broj čokota po jednom redu je 168, odnosno $3864 \text{ čokota ha}^{-1}$. Prinos grožđa po 1 ha iznosio je 9660 kg, odnosno $2,5 \text{ kg čokot}^{-1}$. Proizvodnost kombajna bila je $0,53 \text{ ha h}^{-1}$, odnosno $4,48 \text{ ha m dan}^{-1}$, uz prosječne gubitke od $3,0 \text{ kg red}^{-1}$, odnosno $70,0 \text{ kg ha}^{-1}$.

Zbog loše organizacije transporta grožđa od parcele do pretvarne rampe, koeficijent iskorišćenja radnog vremena bio značajno nizak i iznosio je $n = 0,5$.

Ispitivanja su pokazala da se povećani gubici uglavnom javljaju zbog neprilagođenosti sledećih elemenata: uzgojnog oblika, armature reda, prevelike bujnosti u zoni otresanja, malog rastojanja grozdova od zemlje.

Od svih elemenata koji utiču na visinu gubitaka najznačajnija je struktura reda, pa je stoga posebno razmatrana (Sl. 5). Gubitak pri prihvatanju je proporcionalan površini otvora koji se stvara među pločama (Sl. 6).



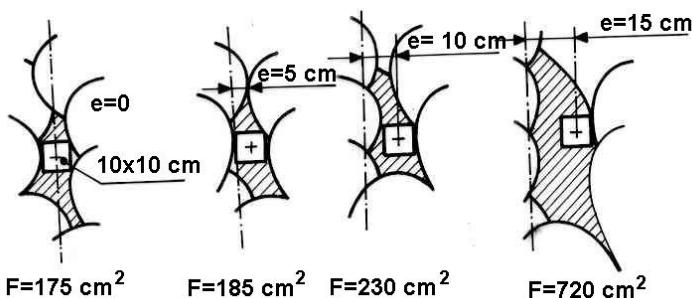
Slika 5. Različite varijante rasporeda elemenata strukture reda
1- stablo; 2- stabilizator; 3- stub

e-rastojanje stabla od ose reda; k-rastojanje podupirača do stuba;
t-rastojanje između podupirača; T_o -rastojanje između stabova;
D-debljina stabla

Figure 5. Different variants of the layout structure of work

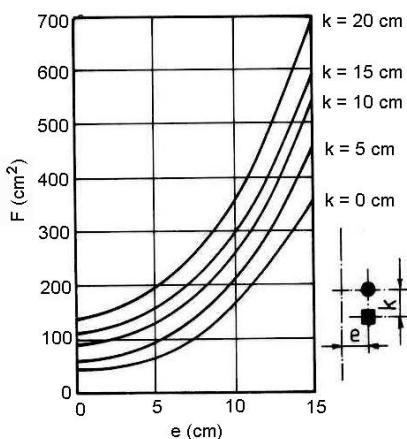
1- trellis column; 2- trunk; 3 – supporter
e-distance from the axis of column order; k- distance props to pole;
t-distance between the struts; T_o -distance between trees; D-thickness of the tree

Na veličinu nepokrivene površine utiče veličina i oblik stubova, kao i rastojanje od ose stupa (vrednost „e“). Predmet razmatranja je bio stub kvadratnog preseka izrađen od betona. Na veličinu nepokrivene površine svakako utiče i međusobni položaj podupirača čokota, što pokazuje dijagram na Sl. 7.



Slika 6. Veličina nepokrivene površine prihvavnih ploča
e-rastojanje stabla od ose reda, F-nepokrivena površina

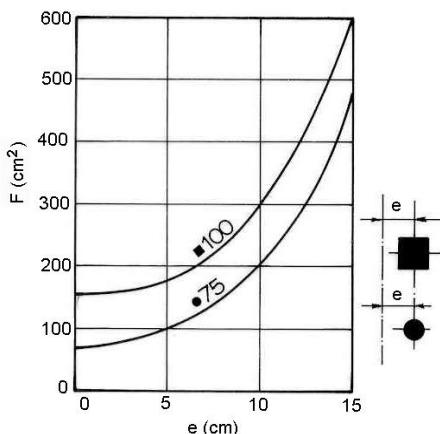
Figure 6. Size of the uncovered area of the reception plate
e-distance from the axis of column order, F-uncovered surface



Slika 7. Uticaj međurednog položaja stabala čokota i podupirača na veličinu nepokrivenе površine F-nepokrivena površina; e-rastojanje stuba od ose reda; k-rastojanje podupirača od stuba

Figure 7. Impact of the between-row vine position and the supporter to the size of the uncovered surface F-uncovered surface; e-distance from the axis of column order; k-distance props to pole

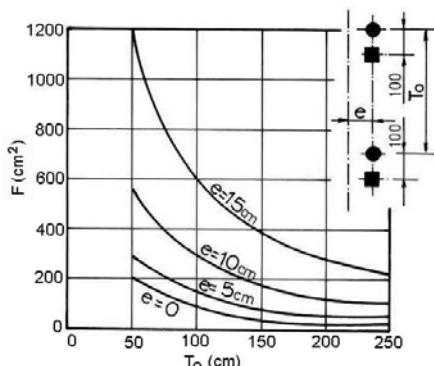
Na veličinu nepokrivenosti utiče i debljina stabla, što pokazuje dijagram na Sl. 8, gde su vrednosti „e“ i „k“ uzete od 0 – 15 cm, jer se „e“ i „k“ u praksi kreću u proseku oko 10 cm.



Slika 8.Uticaj debljine stabla na veličinu nepokrivenе površine
F-nepokrivena površina; e-rastojanje stuba od ose reda
100-debljina podupirača; 75-debljina stabla

Figure 8. The influence of the trunk diameter to the size of the uncovered surface F-uncovered surface; e-distance from the axis of column order 100-thickness of the struts, 75- thickness of the tree

Kako rastojanje od čokota do čokota utiče na stvaranje veličine nepokrivenе površine pokazuje dijagram na Sl. 9, odakle se može zaključiti da manja redna rastojanja oformljuju veću nepokrivenu površinu. Analizirajući dijagram na Sl. 9 nameće se pitanje: Kolika bi bila nepokrivena površina kod istog broja čokota po 1 ha, ali većih rednih i međurednih rastojanja sa dva čokota u mestu?



Slika 9.Uticaj rednog rastojanja čokota na veličinu nepokrivenе površine
F-nepokrivena površina; e-rastojanje stuba od ose reda; T_0 -rastojanje između stabala

Figure 9. The influence of the in-row vines distance to the size of the uncovered surface
F-uncovered surface; e-distance from the axis of column order; T_0 -distance between trees

Prikazani rezultati merenja pokazuju da krivo stablo samo može izazvati značajne gubitke u radu, pa je s toga u ovom pogledu neadekvatno prevremeno odstranjivanje podupirača za pravilno formiranje čokota. Slične posledice izaziva i netačno vođenje mašine u odnosu na osu reda Sl. 4.

Obzirom da se pod strukturon reda vinove loze pored podupirača podrazumevaju i žičani nasloni, to bi dalja ispitivanja trebalo sprovesti u smislu kako oni utiču na visinu gubitaka. Nakon toga bi se mogle dati konačne preporuke o načinu formiranja reda vinove loze.

ZAKLJUČAK

Na osnovu prezentiranih rezultata istraživanja vučenog kombajna za berbu grožđa „VOLENTIERI 2000/2 TA“, može se zaključiti da mehanizovana berba grožđa predstavlja imperativ za našu i zemlje u okruženju. Posebno dobri rezultati se postižu na novijim zasadima koji su više prilagođeni strukturom reda mehanizovanoj berbi. Potrebno je neposredno pre berbe zelenom rezidbom smanjiti lisnu masu posebno u zoni grožđa kako bi se smanjili zastoj u berbi i gubici bili manji. Vučeni kombajni, osim u većim plantažnim zasadima imaju ekonomsku opravdanost i na manjim posjedima.

Da bi se u toku mehanizovane berbe grožđa stvarala što manja nepokrivena površina pločama za prihvatanje ubranog grožđa potrebno je:

- Formirati čvrsto i pravo stablo, ali koje ipak omogućava izvesnu gipkost;

- Ne upotrebljavati betonske stubove kvadratnog preseka, već koristiti drvene okruglog preseka, a po mogućstvu stubove od plastične mase takođe okruglog preseka;

- Osa stuba i osa podupirača treba da se poklapaju sa osom reda vinove loze;

- U toku berbe osa mašine treba što manje i što kraće vreme da odstupa od ose reda.

Eksplotacioni rezultati ukazuju na to da je kombajn ostvario proizvodnost i ekonomičnost koja ga apsolutno favorizuje u odnosu na ručnu berbu čak i kada su gubici u pitanju.

LITERATURA

- [1] Burić, D., 1995. *Savremeno vinogradarstvo*, Nolit, Beograd.
- [2] Burić, J., 1981. *Mehanizacija u biljnoj proizvodnji*, fakultet Poljoprivrednih znanosti, Zagreb.
- [3] Nenić, P., Jovanović, V., Radojević, P., 1997. *Prilog ispitivanja kombajna za berbu grožđa*, zbornik radova, Problemi mehanizacije poljoprivrede, Novi Sad.
- [4] Lopičić, S., Uličević, M., Dujović, M., Marinović, V., 1981. *Neki rezultati proučavanja mehanizovane berbe grožđa u okolini Titograda*, Poljoprivreda i šumarstvo XXVII, 1. 91-101, Titograd.
- [5] Pantić, Z., 1977. *Rezultati ispitivanja mašina za berbu grožđa, tipa CORSICA u Vršačkim vinogradima*, zbornik radova, Savremena tehnologija prozvodnje grožđa savjetovanje, Novi Sad.
- [6] Urošević, M., Živković, M., 2009. *Mehanizacija voćarsko-vinogradarske proizvodnje*, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [7] Vojvodić, M., Milanović, N., Nenić, P., Đukić, N., Stupar, S., Railić, B., 1998. *Poljoprivredne mašine*, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

OPERATING PARAMETERS OF DRAGGED COMBINES „VOLENTIERI VG 2000/2TA“ FOR GRAPEVINE HARVESTING

Radomir Manojlović¹, Dragoljub Mitrović², Ivan Bulatović², Mirko Urošević³, Milovan Živković³

¹“13-th July– Plantaže“, a.d. Podgorica, Montenegro

²University in Podgorica, Biotechnical Faculty, Podgorica, Montenegro

³University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering
Belgrade –Zemun, Serbia

Summary: Harvesting represents one of the most challenging problems in managing vineyards. ‘Quality picking’ is considered when it is done in the period when the grapes are suitable for its purposes, especially related with the soluble solid content, and the appropriate sugar/acids relation. Hand picking costs represent around 45% of total labor per hectare, which is equivalent of 30-50 working days for one laborer. Study of the mechanical picking of grapevine cultivars intended for winemaking by applying dragged combine „Volentieri“ ensemble with tractor „New Holland Tn 95 F“ are shown in this paper. Experiment was done in the Ćemovsko Field’s production vineyards, with

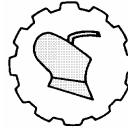
cultivars Vranac and Župljanka. Grapevine planting was done on the planting distance $2.6 \times 0.7\text{ m}$ and $2.6 \times 1\text{ m}$, respectively. Row length was 168 m , with training system modified horizontal bilateral cordon with green strip width in grape area $50\text{-}60\text{ cm}$. Aggregate's working results of the investigation are showing that average running speed was 4.8 km/h , and output 0.62 ha/h , i.e. 4.98 ha/day in cultivar Vranac. In cultivar Župljanka following values were achieved: running speed was 4.1 km/h , output 0.53 ha/h i.e. 4.24 ha/day . Turning time in headlands of examined harvester was $30\text{ - }32\text{ s}$. It was necessary to reduce green leaves just before harvesting, especially in the zone bunches, in order to decrease slowdowns and losses. Dragged combines, except in larger plantations, have commercial adequacy both in smaller households.

Kea words: *mechanical harvesting, grape harvester, plantation parameters, output, losses.*

Datum prijema rukopisa: 07.11.2011.

Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 15.11.2011.

Datum prihvatanja rada: 17.11.2011.



UDK: 681.518

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

PRIMENA GIS U PROCENI TOPOGRAFSKIH I HEMIJSKIH PARAMETARA POGODNOSTI ZA UZGOJ VINOVE LOZE

Zoran Dinić^{1*}, Veljko Perović¹, Goran Topisirović², Dragan Čakmak¹

¹*Institut za zemljište, Beograd*

²*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku,
Beograd-Zemun*

Sažetak: U ovom radu izdvojene su jedinstvene vinogradarske parcele na osnovu povoljnijih topografskih i hemijskih parametara plodnosti na području opštine Krupanj. Izdvajanje vinogradarskih parcela izvedeno je primenom GIS (Geografski Informacioni Sistem) tehnologija koje nam pružaju mogućnosti obrade, analize i prezentacije prostornih podataka. Prednosti GIS alata u izradi ovog rada bile su naglašene prilikom izvođenja topografskog faktora iz DEM-a (Digitalni Elevacioni Model) i kroz upotrebu geostatistike u obradi prostornih podataka. U radu je utvrđeno da, analizirajući samo topografske parametre, 0.97 km^2 opštine ima idealne uslove za uzgajanje vinove loze, dok svega 0.0039 km^2 opštine poseduje jedinstvene vinogradarske parcela izdvojene po oba kriterijuma: topografski i hemijski parametri. Primenjena metodologija pruža mogućnost brzog i pouzdanog utvrđivanja lokaliteta koji su idealni za uzgajanje vinove loze. Time se opštinskim službama daje osnova za realnu procenu stvarnog značaja, povoljnosti uslova i planiranje daljeg razvoja ove vrste proizvodnje.

Ključne reči: Vinova loza, GIS, topografski parametri, hemijski parametri plodnosti.

UVOD

Područje opštine Krupanj obuhvata površinu od 36.657 ha. Grad Krupanj, koji je i centar opštine, nalazi se u zapadnom delu Srbije i prostire se na $44^{\circ}21'34''$ severne geografske širine i $19^{\circ}21'26''$ istočne geografske dužine. Pripada nerazvijenim

* Kontakt autor: Zoran Dinić, Teodora Dražera 7, 11000 Beograd, Srbija.
E-mail: dinicszoran@gmail.com

U radu su korišćeni rezultati iz baze podataka projekta Instituta za zemljište i Zavoda za poljoprivredu Loznica: Melioracije kiselih zemljišta na području opštine Krupanj u cilju proizvodnje visokovredne hrane.

opštinama. Najveći deo opštine čini brežuljkasto-brdski deo, zatim planinski, a najmanji ravne površine Rađevog polja i dolina reka Likodre i njenih pritoka. Gotovo polovinu teritorije opštine Krupanj zauzimaju šume (45%). Najveće površine zauzimaju oranice sa proizvodnjom kukuruza, pšenice, ovsu i krompira, ukupne pokrivenosti oko 35%. Velike površine zauzimaju zasadi šljive, maline i kupine, manje višnje i drugog voća (7%). Značajne površine su pod zasnovanim livadama (4%) i pašnjacima (9%).

Pri proceni pogodnosti zemljišta za podizanje vinograda razmatraju se mnogi parametri: položaj i eksponicija terena, hemijske, biološke i fizičke osobine zemljišta, pristupačnost mesta, njegova saobraćajna povezanost i drugo. Za dobijanje apsolutnih vinogradarskih parcela na području opštine Krupanj korišćeni su topografski parametri i osnovni hemijski parametri plodnosti i to: nadmorska visina, nagib, eksponicija, pH(H_2O), sadržaj $CaCO_3$, sadržaj humusa, sadržaj pristupačnog K u zemljištu i sadržaj pristupačnog P u zemljištu.

Geostatistička i kartografska obrada prostornih podataka je analizirana i predstavljena korišćenjem različitih GIS (Geographic Information System) softvera. GIS tehnologije predstavljaju računarski zasnovane tehnologije sa specifičnim mogućnostima za prostorno referencirane podatke, koje kroz svoje softverske alate omogućavaju operacije za modelovanje, obradu, analizu i prezentaciju tih podataka. U radu će se koristiti rasterski i vektorski GIS.

Cilj rada je da se korišćenjem GIS tehnologija i prostornih podataka izdvoje jedinstvene vinogradarske parcele na području opštine Krupanj, na osnovu topografskih i osnovnih hemijskih parametara plodnosti.

MATERIJAL I METODE RADA

Uzorci zemlje su uzeti sa 253 lokacije, u periodu septembar - novembar 2008. Lokacije su geopozicionirane GPS-om (Sl. 1.). U uzorcima su laboratorijski određeni: pH u H_2O , $CaCO_3$, sadržaj organske materije i lako pristupačni oblici P_2O_5 i K_2O .

U pripremljenim, vazdušno suvim uzorcima zemljišta, prosejanim kroz sito od 2 mm, određeni su hemijski parametri plodnosti:

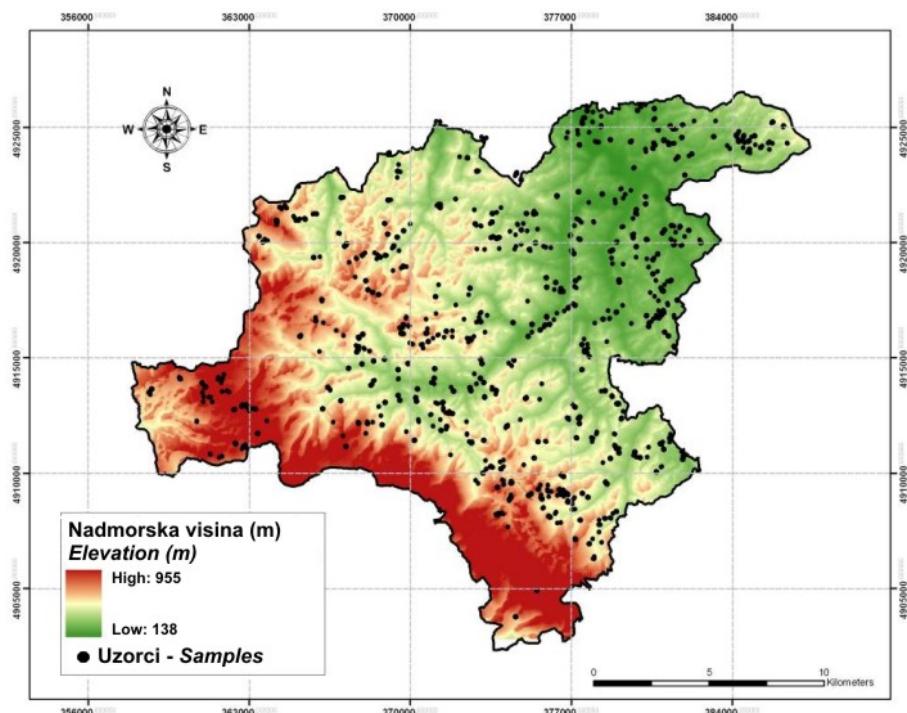
1. pH u H_2O - elektrometrijski
2. $CaCO_3$ - volumetrijski metom Scheibler-a
3. Humus - metodom Kotzman-a
4. Pristupačni fosfor i kalijum - AL metodom po Egner-Riehm-u

Na osnovu CLC baze podataka [10] koja je dobijena iz Landsat 7 satelitskog osmatranja, izvršeno je „odsecanje“ pošumljenih i nepošumljenih područja opštine, tako da su u analizi podataka uzimana u obzir samo potencijalna poljoprivredna područja.

Osnovni hemijski parametri plodnosti

Zemljište treba da sadrži određenu količinu hranljivih materija, u pristupačnom obliku i u prostoru apsorpcionog dela korenovog sistema.

Plodnost je sposobnost zemljišta da zadovoljava potrebe biljaka za hranljivim elementima, vodom, dovoljnim količinama vazduha, toplotom i povoljnim fizičko-hemijskim osobinama za normalan rast i razvoj biljaka [1].



Slika 1. Geografski položaj istraživane oblasti sa ucrtanim pozicijama uzorkovanja

Figure 1. The geographical position of the investigated area with sampling positions

Indeks kiselosti/baznosti u zemljišnom rastvoru i koloidima zemljišta predstavlja pH vrednost [2]. To je značajan parametar u određivanju plodnosti zemljišta jer pruža informacije o rastvorljivosti i potencijalnoj pristupačnosti ili fitotoksičnosti osnovnih biogenih i drugih elemenata.

Na reakciju zemljišta utiče i sadržaj karbonata. Niže vrednosti CaCO₃ povoljno deluju na strukturu zemljišta i na pristupačnost hraniva biljkama. U veoma krećnim zemljištima može doći do inaktiviranja P i većine mikroelemenata [3].

Organska materija zemljišta je suma svih prirodnih i termalno promenljivih, bioloških stvorenih organskih materija prisutnih u zemljištu ili na površini zemljišta, nezavisno od njihovog porekla, stanja ili stepena razloženosti. Humus je najbitniji deo organske materije zemljišta koja predstavlja neživu, amorfnu kolloidnu materiju u zemljištu nastalu mikrobnim razlaganjem biljnih i životinjskih ostataka i koja je najrezistentnija frakcija organske materije u zemljištu [4], [5].

Fosfor je važan za rast biljke. Zbog niske koncentracije i rastvorljivosti u mnogim zemljištima P spada u kategoriju deficitarnih elemenata koji limitiraju rast biljke [6].

Kalijum je jedan od najvažnijih makrohranljivih elemenata. Od mnoštva odnosa između hranljivih i mineralnih zemljišta, oni koji uključuju K su veoma bitni [7]. U većini zemljišta obično ima u većim količinama nego P [8]. U zemljištu K se nalazi u 4 oblika: u zemljišnom rastvoru, razmenljiv, nerazmenljiv i u različitim mineralima. Kalijum u zemljišnim rastvorima je direktno dostupan biljkama i mikroorganizmima.

Topografski parametri

Na osnovu izabrane veličine piksela za mrežu kreiran je digitalni elevacioni model (DEM) za dato područje. Pojam DEM podrazumeva podatke o terenu u obliku rešetkaste (mrežne) matrice visina terena. Mrežne ćelije imaju oblik kvadrata čija temena predstavljaju visinske tačke, a stranice su paralelne sa osama koordinatnog sistema. DEM će nam koristiti u određivanju: nadmorske visine, eksponicije i nagiba.

Vrednost nadmorske visine (visine iznad prosečnog nivoa mora, altitude) kod rasterskog DEM-a prikazana je određenom bojom svakog piksela.

Nagib terena je definisan tangentnom ravni u bilo kojo tački površi koja je modelirana u vidu DEM-a. Računanje nagiba padina na osnovu DEM-a definisano je promenom visina između središnje ćelije i susednih ćelija. Nagib često varira u različitim regionima i najbolje karte dobijaju se svođenjem klase na sredinu i standardnu devijaciju rasporeda frekvencija.

Tabela 1. Pregled parametara korišćenih za pravljenje upita

Table 1. Overview of parameters used to construct a query

Vrednost <i>Value</i>	Topografski parametri <i>Topographic parameters</i>			Osnovni hemijski parametri plodnosti <i>Main chemical parameters of fertility</i>				
	Visina (m) <i>Elevation (m)</i>	Nagib (°) <i>Slope (°)</i>	Eksp. <i>Aspect</i>	pH <i>pH</i>	CaCO ₃ (%) <i>CaCO₃ (%)</i>	Humus (%) <i>Humus (%)</i>	K (mg K ₂ O/ 100 mg) <i>K (mg K₂O/ 100 mg)</i>	P (mg P ₂ O ₅ / 100 mg) <i>P (mg P₂O₅/ 100 mg)</i>
Mereno <i>Measured</i>	138- 955	<2-70	Sve <i>All</i>	4.62-8.61	0-6.21	1.13-13.25	0.33-39.20	0.14-38.89
Optimalno <i>Optimal*</i>	50-450	<4	Jug <i>South</i>	6.5-7.5	0-5	2.8-3.2	25-40	15-25

* Izvor: [9]

* Source: [9]

Eksponicija terena u smeru najvećeg nagiba predstavlja orijentaciju s obzirom na strane sveta, pri čemu se pravac određuje najčešće iz pravca severa u smeru kazaljke na satu. Karte eksponicije mogu se prikazati sa devet klasa, po jedna za svaki od glavnih pravaca: N (sever), NE (severoistok), E (istok), SE (jugoistok), S (jug), SW (jugozapad), W (zapad), NW (severozapad) i jednom za ravan teren. Alternativa je korišćenje neprekidne kružne skale sive boje, koja bira tako da površine okrenute prema severoistoku budu svetlijе. Tim postupkom stiče se realan utisak trodimenzionalne površi.

Geostatistička obrada podataka

Primena interpolacijskih tehnika sve više ima značaja u opisivanju prostornih varijabilnosti svojstava zemljišta. Svi hemijski podaci, dobijeni laboratorijskim istraživanjima, analizirani su u GIS-u da bi se kvantifikovala njihova prostorna zavisnost. Obzirom da se radi o podacima između kojih postoji prostorna zavisnost, odabrana je metoda Ordinary Kriging. Metoda se bazira na određivanju optimalnih

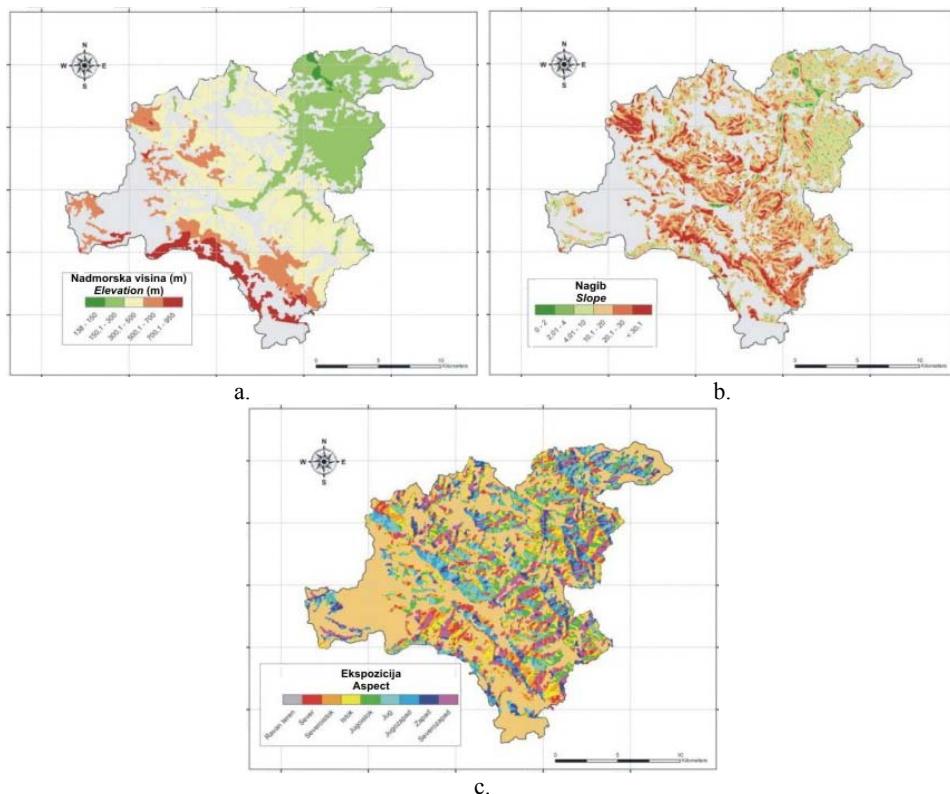
težinskih koeficijenata koji se pridružuju poznatim (uzorkovanim) vrednostima na osnovu poznavanja variograma. S obzirom da su variogrami u funkciji rastojanja, težine će zavistiti od distribucije uzorkovanih tačaka.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Topografski parametri

Nadmorska visina se nalazi u opsegu od 138m do 955m (Sl. 2a). Smatra se da za podizanje vinograda najviše odgovaraju tereni koji se nalaze na nadmorskim visinama od 50-450m [9].

Prostorni raspored nagiba je u intervalu od < 2 do 70° (Sl. 2b). Severni i zapadni deo opštine je uglavnom pod strmijim terenima, preko 10° . Za uzgajanje vinove loze najpogodniji teren je čiji je nagib manji od 4° , a pri većim nagibima dolazi do erozije tla [9].



Slika 2. Topografski parametri a. nadmorska visina;
b. nagib terena; c. ekspozicija

Figure 2 Topographic parameters
a. elevation; b. slope; c. aspect

Osnovni hemijski parametri plodnosti

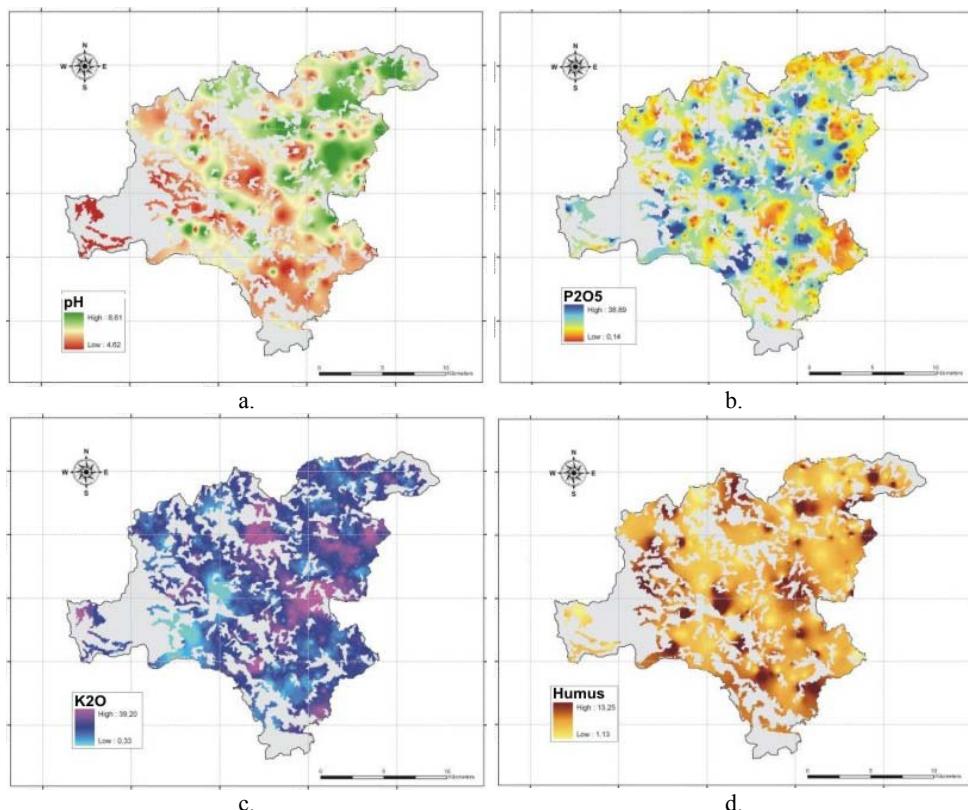
Osnovni hemijski parametri plodnosti dobijeni su obradom 253 uzorka zemljišta.

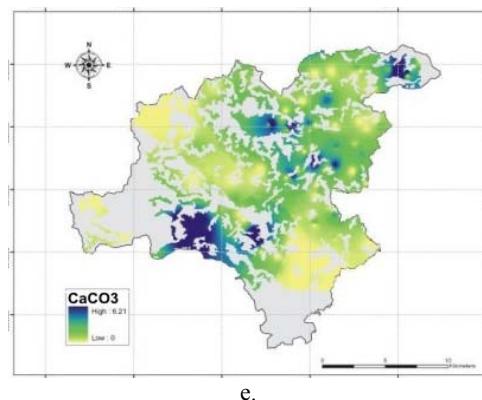
Izmerene pH vrednosti nalaze se u opsegu od 4.62 do 8.61 (Sl. 3a). Za uzgajanje vinove loze optimalne vrednosti pH trebalo bi da iznose 6.5-7.5 [9].

Količina pristupačnog P, izraženog preko sadržaja P_2O_5 u zemljištu, iznosi 0.14-38.89mg $P_2O_5 \cdot 100^{-1} \text{mg}^{-1}$ zemljišta (Sl. 3b). Optimalne vrednosti sadržaja pristupačnog P za vinovu lozu iznose 15-25 mg $P_2O_5 \cdot 100^{-1} \text{mg}^{-1}$ zemljišta [9].

Količina pristupačnog K, izraženog preko sadržaja K_2O u zemljištu, iznosi 0.33-39.2mg $K_2O \cdot 100^{-1} \text{mg}^{-1}$ zemljišta (Sl. 3c). Optimalne vrednosti sadržaja pristupačnog K za vinovu lozu se nalaze u rasponu od 25 do 40mg $K_2O \cdot 100^{-1} \text{mg}^{-1}$ zemljišta [9].

Količina humusa u zemljištu iznosi 1.13 - 13.25% (Sl. 3d). Za podizanje vinograda optimalan sadržaj humusa u zemljištu trebalo bi da iznosi 2.8 - 3.2% [9]. Količina $CaCO_3$ u zemljištu iznosi 0 - 6.21% (Sl. 3e). Vinovoj lozi odgovaraju blago karbonatna zemljišta, tj. ona koja sadrže maksimalno 5% $CaCO_3$ [9].

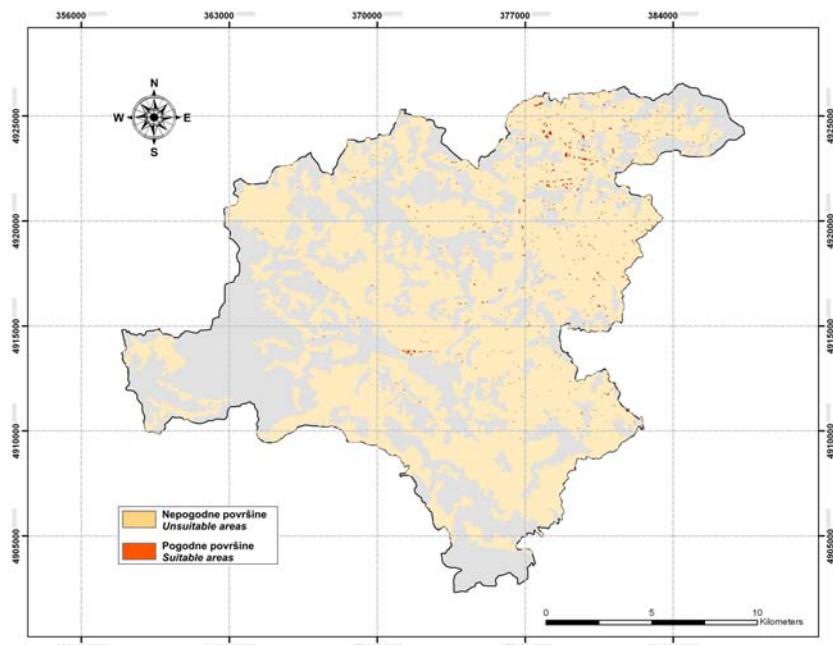




e.

Slika 3. Osnovni hemijski parametri plodnosti
a. pH; b. P_2O_5 ; c. K_2O ; d. humus; e. $CaCO_3$

*Figure 3 Main chemical parameters of fertility
a. pH; b. P_2O_5 ; c. K_2O ; d. humus; e. $CaCO_3$*



Slika 4. Idealne vinogradarske parcele na osnovu topografskih parametara (b)

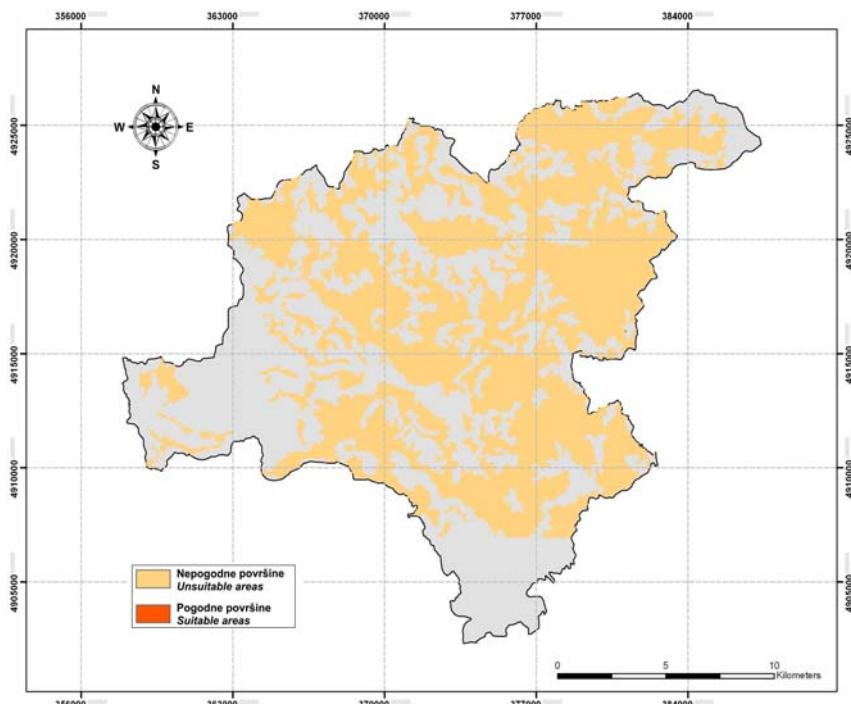
Figure 4. Ideal vineyard plots based on topographic parameters

Posmatrajući parametre koji su korišćeni za pravljenje upita, primećuje se da nagib terena (Sl. 2b) i količina humusa (Sl. 3d) predstavljaju ograničavajući faktore. Svi ostali parametri daju dobru raspodelu. Osnovni hemijski parametri plodnosti predstavljaju veoma ograničavajući faktor za pronaalaženje idealnih vinogradarskih parcela (Sl. 5).

Tabela 2. Površine područja sa izdvojenim topografskim i hemijskim parametrima pogodnim za uzgajanje vinove loze

Table 2. Surface area with separate topographic and chemical parameters suitable for growing grapes

	Opština Krupanj <i>Municipality of Krupanj</i>	Šumska područja <i>Forest areas</i>	Potencijalno Poljoprivredno zemljište <i>Potentially agricultural Land</i>	Jedinstveni topografski parametri <i>Unique topographic parameters</i>	Jedinstveni hemijski parametri <i>Unique chemical parameters</i>
Površina (km ²) <i>Surface (km²)</i>	366,57	166,30	199,30	0,9700	0,0039
Procenti (%) <i>Percent (%)</i>	100,00	45,37	54,37	0,2646	0,0011



Slika 5. Idealne vinogradarske parcele prema osnovnim hemijskim parametrima plodnosti

Figure 5. Ideal vineyard plots based on basic chemical parameters of fertility

ZAKLJUČAK

U radu su prikazani primeri moguće izrade tematskih slojeva upotrebom GIS tehnologija potrebnih za planiranje daljeg razvoja poljoprivredne proizvodnje opštine Krupanj.

Analiza DEM-a i primena geostatističkih modula omogućila nam je razvoj metoda kroz odgovarajuće upite za računanje raznih parametara. Tako smo mogli da analiziramo pojedinačnu ili zajedničku ispunjenost zadatih kriterijuma (topografskih i hemijskih parametara) radi pronalaženje idealnih pozicija za uzgajanje vinove loze.

U radu je utvrđeno da je, analizirajući samo topografske parametre, 0.97 km^2 opštine ima idealne uslove za uzgajanje vinove loze, dok svega 0.0039 km^2 opštine poseduje jedinstvene vinogradarske parcela izdvojene na osnovu hemijskih parametara, stim da nagib terena i sadržaj humusa u zemljištu predstavljaju ograničavajuće faktore.

Primenjenom metodologijom je zaključeno da na teritoriji opštine Krupanj ne postoje idealne parcele za uzgajanje vinove loze, po svim zadatim kriterijumima.

Predmet daljih istraživanja mogu biti mogućnosti primene agrotehničkih i agrohemiskih mera za unapređenje kvaliteta zemljišta i dobijanje parcela pogodnih za uzgajanje vinove loze, na teritoriji opštine Krupanj.

LITERATURA

- [1] Kaurićev, I. S., Aleksandrova, L.N. i Panov N. P., 1982. *Плодородие почвы*, pp. 180-183. In Kaurićev, I. S. (ed) Почвоведение. Москва, Колос.
- [2] Van Lierop, W. 1990. *Soil pH and limerequirement*. P. 73-126. U R.L. Westerman (ed.). Soil testing and plant analysis. 3rd Ed Soil Scince Societz of America, Madison, WI.
- [3] Bogdanović, D., Ubavić M., Dozet D.(1993) Hemijska svojstva i obezbeđenost zemljišta Vojvodineneophodnim makroelementima. Poglavlje u knjizi: *Teški metali i pesticidi u zemljištima Vojvodine*. Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- [4] Baldock, L. A. And Nelson P. N., 2000. Soil Organic Matter, pp. B25-B71. In *Handbook of Soil Science*, M.E. Sumner, 2000, CRC Press LLC.
- [5] Stevenson, F.J. 1986 *Cycles of soil: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. John Wiley and Sons, New York, NY.
- [6] Sharpley, A., 2000. Phosphorous Availability. U M.E.Sumner (ed). *Handbook of Soil Science*, CRC Press LLC pp D113-D150.
- [7] Sparks, D.L., and Huang, P.M., 1985. Physical chemistry of soil potassium. Pp. 201-276. In R.D. Munson (ed) Potassium in Agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- [8] Reitemeier, R. F., 1951. *The chemistry of soil potassium*. Adv. Agronomy: 3 : 113-164.
- [9] *Poljoprivredna enciklopedija*, 1967-1973, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb
- [10] *Corine land cover 2000 by country*. Dostupno na: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/corine-land-cover-2000-by-country-1-serbia-and-montenegro>. [datum pristupa: 18.11.2011]

GIS APPLICATION IN EVALUATION OF TOPOGRAPHIC AND CHEMICAL PARAMETERS FOR SUITABILITY OF GROWING GRAPE VINES

Zoran Dinić¹ Veljko Perović¹, Dragan Čakmak¹, Goran Topisirović²

¹Institute of Soil Science, Belgrade

²University in Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering,
Belgrade - Zemun

Summary:

In this paper, unique vineyard plots are selected, according to suitability of topographic and chemical parameters in municipality of Krupanj. Separation of vineyard plots was performed using GIS, which enables processing, analysis and presentation of spatial data. Benefits of GIS tools in the preparation of this work were highlighted during the presentation of topographic factors from DEM and through the use of geostatistics in processing spatial data. By analyzing only the topographic parameters, it was concluded that 0.97 km² of municipality area has ideal conditions for growing vines, but only 0.0039 km² according to both topographic and chemical parameters. The applied methodology allows fast and reliable determination of sites that are ideal for growing grapes. This gives a basis to municipal authorities for realistic assessment of significance and conditions, as well as further developments planning.

Key words: grape vine, GIS, topographic parameters, chemical parameters of fertility

Datum prijema rukopisa: 07.11.2011.

Datum prijema rukopisa sa ispravkama: 15.11.2011.

Datum prihvatanja rada: 18.11.2011.



Предмет и намена: ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА је научни часопис који објављује резултате основних и примењених истраживања значајних за развој у области биотехнике, пољопривредне технике, енергетике, процесне технике и контроле, као и електронике и информатике у биљној и сточарској производњи и одговарајућој заштити, доради и преради пољопривредних производа, контроли и очувању животне средине, ревитализацији земљишта, прикупљању отпадака и њиховом рециклирању, односно коришћењу за производњу горива и сировина.

УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ

Захваљујући вам на интересовању за часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА молимо вас да се обратите Уредништву ако ова упутства не одговоре на сва ваша питања.

Рад доставити у писаној и електронској форми на адресу Уредништва

Часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

Пољопривредни факултет, Институт за пољопривредну технику
11080 Београд-Земун, Немањина 6; п. фах 127

Мада сви радови подлежу рецензији за оригиналност, квалитет и веродостојност података и резултата одговарају искључиво аутори. Подразумева се да рад није публикован раније и да је аутор регулисао објављивање рада с институцијом у којој је запослен.

Тип рада

Траже се оригинални научни радови и прегледни чланци. Прегледни радови треба да дају нове погледе, уопштавање и унификацију идеја у односу на одређени садржај и не би требало да буду превасходно изводи раније објављених радова. Поред тога, траже се и прелиминарни извештаји истраживања у форми краћих прилога. Ова врста прилога мора да садржи нека нова сазнања, методе или тех-нике који очигледно представљају нове домете у одговарајућој области. Кратки прилози објављиваће се у посебном делу часописа. У часопису је предвиђен простор за приказе књига и информације о научним и стручним скуповима.

Рад треба да буде написан на српском језику, по могућству ћирилицом, а прихватају се и прилози на енглеском језику. Будући да су области пољопривредне технике интердисциплинарне, потребно је да бар увод буде писан разумљиво за шири круг читалаца, не само за оне који раде у одређеној ужој области. *Научни значај рада и његови закључци требало би да буду јасни већ у самом уводу* - то значи да није довољно дати само проблем који се изучава већ и његову историју, значај за науку и технологију, специфичне појаве за чији опис или испитивање могу бити употребљени резултати, као и осврт на општа питања на која рад може да да одговор. Одсуство оваквог прилаза може да буде разлог неприхватања рада за објављивање.

Поступак ревизије

Сви радови подлежу ревизији ако уредник утврди да садржај рада није прикладан за часопис. У том случају се враћа аутору. Уредништво ће улагати

напоре да се одлука о раду донесе у што краћем периоду и да прихваћени рад буде објављен у истој години када је први пут поднет.

Припрема рада

Рад треба да буде штампан на хартији стандардног А4 формата, у фонту Times New Roman (tnr), font size 10 pt, проред Single space, са Justify поравнањем (justified alignment), уз увлаку првог реда 0,63 см (Format→Paragraph→Indents and Spacing→Special→First Line 0,63), маргине: Top 4,6 cm, Bottom 4,6 cm, Left 4,25 cm, Right 4,25 cm. Дужина рада је ограничена на 10 страна, укључујући слике, табеле, литературу и остale прилоге.

Наслов - Наслов рада треба да буде кратак, описан и да одговара захтевима индексирања (фонт: **tnr 12 PT BOLD, centrirano**) . Испод назива навести име сваког од аутора и установе у којој ради (*tnr 10 pt italic, (centrirano)* . Сугерише се да број аутора не буде већи од три, без обзира на категорију рада. Евентуално, шире прегледне саопштења могу се у том смислу посебно размотрити, у току ревизије.

Сажетак - У изводу треба дати кратак садржај онога шта је у раду дато, главне резултате и закључке који следе из њих. Дозвољени обим сажетка је 100 до 250 речи. У оквиру сажетка није дозвољено приказивање података табелама, графиконима, схемама или сликама, те навођење литературних извора. Уз сажетак навести максимално десет кључних речи, одвојених зарезом.

Abstract - дати на крају рада на енглеском језику у форми као сажетак, са кључним речима.

Литература - У попису литературе се не смеју наводити референце које у тексту нису цитиране. Литературу писати са фонтом tnr 9 pt, нумерисати са бројевима у великој загради. Референце треба да садрже аутора(е), наслов, тачно име часописа или књиге и др., број страна од-до, издавача, место и датум издавања.

Табеле - Табеле треба бројати по реду појављивања. Табеле, графикони и фотографије (црно беле с високим контрастом) морају бити укључене у текст (Таб. 1). Бројеве табела и наслове писати изнад табела. Текст у табелама писати у Font size 9 pt. Све текстуалне уносе у табелама дати упоредо на српском и енглеском језику. Свака табела мора да има означене све редове и колоне, укључујући и јединице у којима су величине дате, да би се могло разумети шта је у табели представљено. Свака табела мора да буде цитирана у тексту рада.

Слике - Слике треба да буду добrog квалитета укључујући ознаке на њима. Све слике по потреби треба да имају легенду. Објашњења симбола и мерне јединице треба да се дају у легендама слика. Све слике треба да буду цитиране у тексту. Слике и графиконе (Граф. 1) такође треба нумерисати, а бројеве и наслове писати испод графикона или слика (Сл. 1). Наслов слике или графикона треба да буде написан на српском и енглеском као и сви остали словни уноси у графиконима и slikama (*italic*).

Математичке ознаке (формулe) - писати у едитору формула (MS Equation ili MathType) са величином основног фонта tnr 10 pt. Формулe (центриране) обавезно нумерисати бројевима у загради (1) са десним уравњањем.

МОГУЋНОСТИ И ОБАВЕЗЕ СУИЗДАВАЧА ЧАСОПИСА

У одређивању физиономије часописа ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА, припреми садржаја и финансирању његовог издавања, поред сарадника и претплатника (правних и физичких лица), значајну подршку Факултету дају и суиздавачи - радне организације, предузећа и друге установе из области на које се мисија часописа односи.

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА је научни часопис који објављује резултате основних и примењених истраживања значајних за развој у области биотехнике, пољопривредне технике, енергетике, процесне технике и контроле, као и електронике и информатике у биљној и сточарској производњи и одговарајућој заштити, доради и преради пољопривредних производа, контроли и очувању животне средине, ревитализацији земљишта, прикупљању отпадака и њиховом рециклирању, односно коришћењу за производњу горива и сировина.

Права суиздавача

Суиздавач часописа може бити свако правно лице односно грађанско-правно лице, предузеће или установа које је заинтересовано за ширење и пласирање информација у области пољопривредне технике, односно науке, струке и других делатности од значаја за модерну пољопривредну производњу и производњу хране или модерније речено - за успостављање и развој одрживог ланца хране.

Фирма која жели да постане суиздавач, уплатом, једном годишње, на рачун издавача суме која је једнака отприлике износу 10 годишњих претплата стиче следећа права:

- Делегирање свога представника - стручњака у Савет часописа;
- У сваком издању часописа који излази једанпут годишње, као четвртоброј у тиражу од по 350 примерака, могуће је у форми рекламног додатка остварити право на бесплатно објављивање по једне целе страни свог огласа, а једном годишње та страна може да буде у пуној боји; Напомињемо овде да цена једне рекламино-информационе стране у пуној боји у једном броју износи 20.000 динара.
- Од сваког броја изашлог часописа бесплатно добија по 3 примерка;
- У сваком броју рекламног додатка му се објављује, пуни назив, логотип, адреса, бројеви телефона и факса и др., међу адресама суиздавача;

- Има право на бесплатно објављивање стручно-информационих прилога, производног програма, информација о производима, стручних чланака, вести и др.;

Како се постаје суиздавач часописа ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

Пошто фирма изрази жељу да постане суиздавач, од ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА добија четири примерка уговора о суиздавању потписана и оверена од стране издавача. Након потписивања са своје стране, суиздавач враћа два примерка Факултету, после чега прима фактуру на износ суиздавачког новчаног дела. Уговор се склапа са важношћу од једне (календарске) године, тј. односи се на два броја часописа.

Приликом враћања потписаних уговора суиздавач шаље уредништву и своју адресу, логотип, текст огласа и рукописе прилога које жeli да му се штампају, као и име свог представника у Савету часописа. На његово име стижу и бесплатни примерци часописа и сва друга пошта од издавача.

Суиздавачки део за часопис у 2012. год. износи 20.000 динара. Напомињемо, на крају, да суиздавачки статус једној фирмам пружа могућност да са Факултетом, односно уредништвом часописа, разговара и договара и друге послове, посебно у домену издаваштва.

Научно-стручно информативни медијум у правим рукама

Када се има на уму да часопис, са два обимна броја са информативно-стручним додатком, добија значајан број фирмам и појединача, треба веровати у велику моћ овог средства комуникаирања са стручним и пословном јавношћу.

Наш часопис стиже у руке оних који познају области часописа и њима се баве, те је свака понуда коју он садржи упућена на праве особе. Већ та чињењица осмишљава бројне напоре и трајне резултате који стоје иза подухвата званог издавање часописа.

За сва подробнија обавештења о часопису, суиздаваштву, уговорању и др., обратите се на:

Уредништво часописа
ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА
Пољопривредни факултет,
Институт за пољопривредну технику
11080 Београд-Земун, Немањина 6, п. фах 127,
тел. (011)2194-606, факс: 3163317.
e-mail: gogi@agrif.bg.ac.rs

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

631(059)

ПОЉОПРИВРЕДНА техника : научни часопис =
Agricultural engineering : scientific journal / главни и
одговорни уредник Горан Тописировић. – Год. 1, бр. 1
(1963)- . - Београд; Земун : Институт за пољопривредну
технику, 1963- (Београд : Штампарија "Академска
издања") . – 25 cm

Тромесечно. – Прекид у излажењу
од 1987-1997. године
ISSN 0554-5587 = Пољопривредна техника
COBISS.SR-ID 16398594

