

NAUČNO-STRUČNI ČASOPIS ŽELEZNICA SRBIJE • UDK 656.2 (05) • ISSN 0350-5138

# ŽELEZNICE

VOL. 66 • BROJ 1 • STRANA 1-48 • BEOGRAD • JUN 2021. GODINE



IZDAJE:



Društvo diplomiranih inženjera železničkog saobraćaja Srbije  
(DIŽS), Beograd, Nemanjina 6

NAUČNO-STRUČNI ČASOPIS ŽELEZNICA SRBIJE • UDK 656.2 (05) • ISSN 0350-5138

# ŽELEZNICE

VOL. 66 • BROJ 1 • STRANA 1-48 • BEOGRAD • JUN 2021. GODINE

## REDAKCIJA

### Glavni urednik

*Prof. dr Slavko Vesković, dipl. inž.*

### Odgovorni urednik

*Danko Trninić, dipl. inž.*

### Tehnički urednik

*Nemanja Minović, dipl. inž.*

### Lektor

*Ksenija Petrović, dipl. filol.*

## PERIODIČNOST

Šestomesečno

## TIRAŽ

300 primeraka

## ŠTAMPA

JP Službeni glasnik  
Beograd, Lazarevački drum 13-15

## ODGOVORNO LICE IZDAVAČA

Danko Trninić, dipl. inž.  
predsednik

## KONTAKT

tel. +381 11 3613 219  
E-mail: [casopis-zeleznice@dizs.org.rs](mailto:casopis-zeleznice@dizs.org.rs)  
[www.dizs.org.rs](http://www.dizs.org.rs)  
[www.casopis-zeleznice.rs](http://www.casopis-zeleznice.rs)

## PRETHODNA SAOPŠTENJA

*Milovan Babić*

### Univerzalni sistem za upravljanje voza

„Elektronski pomoćnik mašinovođe” ..... 6 - 14

*Milivoje Ilić, Sanjin Milinković*

### Simulacioni model uticaja laganih vožnji na

vozna vremena na deonici Valjevo-Kosjerić. .... 15 - 21

*Aleksandra Todosić*

### Regrutovanje i selekcija kandidata, analiza praksi

srpskih kompanija i iskustva kandidata. .... 22 - 32

## STRUČNI RADOVI

*Nikola Pavlović*

Primena i funkcionisanje kvantum računara ..... 33 - 39

*Marko Subotić, Luka Kecman*

### Zelene alternative za drumski

i železnički transportu ..... 40 - 45

## PRIKAZI KNJIGA

„Osnove primenjenih istraživanja” ..... 46 - 48

## REDAKCIONI ODBOR

*Miroslav Stojčić*, dipl. inž. (predsednik)  
*Anita Dimoski*, dipl. inž.  
*Danko Trninić*, dipl. inž.  
*Dušan Garibović*, dipl. ekon.  
*Jugoslav Jović*, dipl. inž.  
*Lazar Mosurović*, dipl. inž.  
*mr Ljubomir Bečejac*, dipl. inž.  
*Milutin Ignjatović*, dipl. inž.  
*Milutin Milošević*, dipl. inž.  
*Momčilo Tunić*, dipl. inž.  
*Nebojša Šurlan*, dipl. inž.  
*Nikola Tomić*, dipl. soc.  
*Prim. dr Vlado Batnožić*, spec. hir.

## UREĐIVAČKI ODBOR

*Prof. dr Slavko Vesković*, dipl. inž. saobr. (predsednik)  
*dr Aleksandar Radosavljević*, dipl. inž. maš.  
*Prof. dr Bojan Ilić*, dipl. ekon.  
*Prof. dr Borna Abramović*, dipl. inž. saobr.  
*Prof. dr Božidar Radenković*, dipl. inž. org.  
*Prof. dr Branislav Bošković*, dipl. inž. saobr.  
*Akademik Branislav Mitrović*, dipl. inž. arh.  
*Prof. dr Danijela Barić*, dipl. inž. saobr.  
*Prof. dr Dragomir Mandić*, dipl. inž. saobr.  
*Prof. dr Dragutin Kostić*, dipl. inž. elek.  
*Prof. dr Dušan Stamenković*, dipl. inž. maš.  
*dr Ešref Gačanin*, dipl. inž. maš.  
*Prof. dr Goran Marković*, dipl. inž. saobr.  
*Prof. dr Goran Simić*, dipl. inž. maš.  
*Prof. dr Gordan Stojić*, dipl. inž. saobr.  
*dr Gordana Đurić*, spec. neur.  
*Prof. dr Ilija Tanackov*, dipl. inž. saobr.  
*dr Kire Dimanoski*, dipl. inž. saobr.  
*Prof. dr Marko Vasiljević*, dipl. inž. saobr.  
*Prof. dr Milan Marković*, dipl. inž. saobr.  
*Doc. dr Milena Ilić*, dipl. ekon.  
*Prof. dr Milorad Kilibarda*, dipl. inž. saobr.  
*Prof. dr Miloš Ivić*, dipl. inž. saobr.  
*Prof. dr Nebojša Bojović*, dipl. inž. saobr.  
*dr Peter Verlič*, dipl. inž. građ.  
*dr Rešad Nuhodžić*, dipl. inž. saobr.  
*Prof. dr Snežana Mladenović*, dipl. mat.  
*Doc. dr Stanislav Jovanović*, dipl. inž. građ.  
*dr Vesna Pavelkić*, dipl. fiz. hem, prof. str. st.  
*Prof. dr Vojkan Lučanin*, dipl. inž. maš.  
*Prof. dr Zdenka Popović*, dipl. inž. građ.  
*Prof. dr Zoran Avramović*, dipl. inž. elek.  
*dr Zoran Bundalo*, dipl. inž. saob, prof. str. st.  
*dr Zoran Milićević*, dipl. inž. elek.  
*dr Zorica Milanović*, dipl. inž. saob, prof. str. st.  
*dr Života Đorđević*, dipl. inž. maš.

# UPUTSTVO ZA PRIPREMU RADOVA ZA ČASOPIS „ŽELEZNICE“

## 1. OPŠTE ODREDBE

Autori su obavezni da radove pripreme i dostave Redakciji časopisa prihvatajući i poštujući ovo uputstvo i odgovorni su za originalnost i kvalitet radova, kao i verodostojnost rezultata.

Svi radovi podležu recenziji. Autorima se neće saopštavati imena i prezimena recenzenata.

Radove, sa svim priložima, dostaviti Redakciji časopisa na sledeći način:

- odštampanu verziju A4 formata predati na adresu „Društvo diplomiranih inženjera železničkog saobraćaja Srbije, Beograd, Nemanjina 6“,
- elektronsku verziju, identičnu odštampanoj, poslati na e-mail „casopis-zeleznice@dizs.org.rs“ ili je predati na navedenu adresu snimljenu na digitalnom mediju.

Slike i fotografije u radovima napraviti u JPG, TIFF ili PNG formatu minimalne rezolucije 300 dpi. Pored toga, dostaviti ih i posebno u originalnom formatu.

Autori su obavezni i da za svaki rad posebno Redakciji časopisa dostave u odštampanom obliku potpisanu „Izjavu o autorstvu i originalnosti rada“.

## 2. TEHNIČKA PRIPREMA

Radovi mogu biti na minimalno 10 strana A4 formata uključujući i sve priloge, a preporuka je da nisu duži od 15 strana. Pripremiti ih u programu „Microsoft Word“. Gornja i donja margina treba da su po 3,5 cm, a leva i desna po 2 cm. Koristiti mod „Justify“ i font „Cambria“ sa proredom „Single“ i vrednostima „0“ u opcijama „Before“ i „After“. Između naslova svih poglavlja i pasusa međusobno ostaviti po jedan prazan red. Početak pasusa je uz levu marginu. U brojevima sa preko 3 cele cifre, hiljade odvajati tačkom. Decimale odvajati zarezom.

**Puna imena i prezimena autora i koautora** rada pisati velikim „bold“ slovima veličine 14 uz desnu marginu.

**Naslov** rada može biti najviše u dva reda. Pisati ga velikim „bold“ slovima veličine 18 na sredini strane. Naslov se mora dati i na engleskom jeziku.

**Rezime** rada, obima do 150 reči, pisati malim slovima veličine 11, a potom u novom redu navesti do **7 ključnih reči**. Oba dela moraju se dati i na engleskom jeziku.

U **fusnoti** naslovne strane rada, malim slovima veličine 9, za svakog autora i koautora navesti akademsku titulu, ime, prezime i zvanje, naziv i adresu institucije u kojoj je zaposlen (za penzionere i nezaposlena lica adresu stanovanja) i e-mail adresu.

**Poglavlja** pisati u dve kolone (stupca) razmaka 5 mm. Naslove pisati slovima veličine 12: velikim „bold“ ako su sa jednim, malim „bold“ ako su sa dva i malim „bold italic“ ako su sa tri arapska broja. Tekstove poglavlja pisati malim slovima veličine 11. U svakom pasusu dozvoljeno je po jedno nabranje i podnabranje formatizovano u alineje, koje se spajaju sa pasusima u kojima se one najavljuju.

**Jednačine** po pravilu pisati u jednoj, a one duže mogu da budu i preko obe kolone. Numerisati ih uz desnu marginu u zagradama tipa „( )“ i na te brojeve se pozivati u tekstu. Simboli koji se koriste u jednačinama treba da se objasne pre ili neposredno posle njih. Promenljive se pišu „italic“ slovima.

**Tabele, grafikone, crteže i fotografije** staviti odmah posle pasusa u kojima se opisuju. Mogu da budu u jednoj ili preko obe kolone. Numerisati ih redom kako se pojavljuju. Njihove nazive pisati „italic“ slovima uz levu marginu iznad tabela, a na sredini ispod grafikona, crteža i fotografija. Ispod svih njih, „italic“ slovima u zagradi tipa „( )“, navesti izvor podataka. Sadržaj unutar tabela pisati „normal“ slovima i koristiti zagrade tipa „[ ]“.

Upotrebljavati **osnovne jedinice SI (MKS)** mernog sistema. Ako se moraju koristiti neke druge, naznačiti ih. Jedinice se navode u zagradama tipa „[ ]“.

**Skraćenice i akronime** označiti kada se prvi put upotrebe u tekstu, čak i ako su već nalaze u rezimeu. Opšte poznate skraćenice ne treba da se obrazlažu.

U **zaključku** ne ponavljati deo opisan u rezimeu.

Ako je predviđena „**ZAHVALNICA**“ za pomoć u radu, napisati je kao posebno poglavlje pre literature.

Pojedinačnu literaturu u tekstu navoditi po redosledu citiranja u zagradama tipa „[ ]“. U poslednjem poglavlju rada „**LITERATURA**“ dati kompletan spisak iste. Svaka pojedinačno navedena literatura treba da bude sa kompletnim opisom.

### 3. PRIMER FORMATIZOVANJA RADA

JOVAN JOVANOVIĆ\*, PETAR PETROVIĆ\*\*

## NASLOV RADA NASLOV RADA NA ENGLISKOM JEZIKU

**Rezime:** tekst obima do 150 reči

**Ključne reči:** vreme, transformacija, koncentracija

**Summary:** prevod rezimea na engleski jezik

**Key words:** time, transformation, concentration

#### 1. POGLAVLJE

##### 1.1. Potpoglavlje

##### 1.1.1. Potpoglavlje

Primer za formulu:

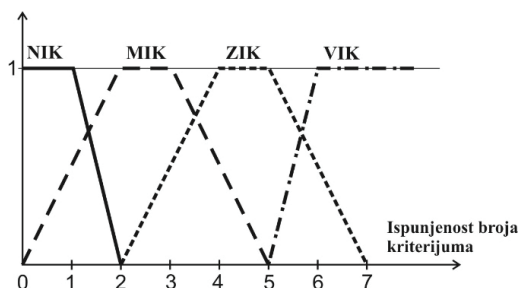
$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (1)$$

Primer za tabelu:

Tabela 1. Naziv

Period dana	Srednji inter. sl. (min)	Iskoriš. kapac. (%)	Broj vozova		
			putnički	teretni	Σ
05-23	12,5	84	28	8	36
23-05	10,7	62	4	10	14
Ukupno			32	18	50

Primer za grafikon, crtež i fotografiju:



Slika 1. Naziv

**Primer navođenja literature** za rad objavljen u časopisu [1], knjigu [2], poglavlje u monografiji (knjizi) sa više autora [3], rad objavljen u zborniku radova sa konferencije [4] i članak preuzet sa veb sajta [5]:

#### LITERATURA

- [1] Rongrong L, Yee L: *Multi-objective route planning for dangerous goods using compromise programming*, Journal of Geographical Systems, Vol. 13. No. 3, pp. 249-271, 2011.
- [2] Law A: *Simulation Modeling and Analysis*, McGraw-Hill Inc, New York, 2007.
- [3] Stojić G, Tanackov I, Vesković S, Milinković S: *Modeling Evaluation of Railway Reform Level Using Fuzzy Logic*, Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on Intelligent Data Engineering And Automated Learning, Ideal '09, Burgos, Spain, Springer-Verlag Berlin, Germany, 5788: pp. 695-702, 2009.
- [4] Mladenović S, Čangalović M, Bečejski-Vujaklija D, Marković M: *Constraint programming approach to train scheduling on railway network supported by heuristics*, 10<sup>th</sup> World Conference on Transport Research, CD of Selected and Revised Papers, Paper number 807, Abstract book I, pp. 642-643, Istanbul, Turkey, 2004,
- [5] Tod L, Tom R: *Evaluating Public Transit Accessibility "Inclusive Design" Performance Indicators For Public Transportation In Developing*, <http://www.vtppi.org/tranacc.pdf>, 2005.

\* Prof. dr Jovan Jovanović, dipl. inž. saobr, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, j.jovanovic@sf.bg.ac.rs

\*\* Mr Petar Petrovic, dipl. ekon, Infrastruktura železnice Srbije, Beograd, Nemanjina 6, petar.petrovic@srbrail.rs

## UVODNA REČ

Sa zadovoljstvom vas obaveštavamo da je Društvo diplomiranih inženjera železničkog saobraćaja Srbije (DIŽS) zvanično postalo vlasnik časopisa „Železnice“. Želimo da se zahvalimo železničkim preduzećima što su našem udruženju ukazali poverenje. To nam predstavlja čast, ali istovremeno i inicira obavezu da nastavimo kontinuitet časopisa i obezbedimo da on dostigne što viši nivo.

Obnovljeno glasilo publikujemo evo već 5 godina kao nacionalno u pravnom smislu, ali ga faktički implementiramo u regionu. „Vaskrsli“ smo ga, zaživelo je i vreme je da ga unapredimo. U tom cilju, uskoro će postati jedini naučno - stručni časopis u Srbiji koji se bavi isključivo železnicom, a želja nam je da vrlo brzo postane međunarodni i bude vodeći u regionu iz ove oblasti.

U časopisu su oduvek objavljivani kvalitetni radovi koji se odnose na sve aspekte vezane za funkcionisanje železnice, kao i sistema koji kooperiraju i koordiniraju sa njom. Na taj način, on je bitno uticao na razvoj znanja, ali i značaja železnice za društvo u celini.

Naše Udruženje je spremno, da sa svojim organizacionim resursima, uz efikasan i stručan tim iz svojih redova, zajedno sa najvećim stručnim autoritetima (ekspertima respektivnih akademskih kvalifikacija) iz svih oblasti koje su direktno ili indirektno vezane za železnicu (saobraćaja, mašinstva, građevine, elektrotehnike i drugih), koji nisu članovi DIŽS, priprema časopis, organizuje recenziju radova i vrši njegovo izdavanje, sa vizijom i misijom da dostigne i prestigne nivo koji je nekada imao.

Sastav Redakcije časopisa obezbeđuje visoke naučne standarde i široku interdisciplinarnu pokrivenost svih struka, specijalnosti i delova železničkog sistema, ali i zastupanje svih univerziteta, fakulteta i katedri u Srbiji, a delom i iz regiona. Za realizaciju časopisa zaduženi su Redakcioni odbor, Uređivački odbor, Glavni urednik, Odgovorni urednik i Tehnički urednik. Naše Udruženje će omogućiti svu potrebnu logistiku da časopis egzistira i bude dostupan (distribuiran) svim relevantnim subjektima.

Rukopisi originalnih radova se dostavljaju na recenziju. Kada se odobri njihovo objavljivanje, prolaze jezičku lekturu, slaganje sloga i referentnu validaciju kako bi se obezbedio najviši mogući kvalitet publikacije.

Časopis se finansira na osnovu državnih fondova za naučno-stručne časopise i strukovne aktivnosti, donacija, sponzorstava i oglasa-reklama, za šta je usvojen i odgovarajući cenovnik sa pravima i obavezama.

Časopis izlazi u štampanoj i elektronskoj formi formata A4, oba kompletno u boji. Deli se besplatno.

Pozivamo sve stručnjake u okruženju železnice da pišu radove i time doprinesu razvoju železničkog sistema u celini, kao i da afirmišu institucije u kojima rade i sebe lično.

Pozivamo železničare svih struka i nivoa obrazovanja da se priključe kreiranju i implementaciji časopisa, kao glasila u funkciji progresa železnice.

Pozivamo odgovorna lica preduzeća koja su u svojoj delatnosti bliska železnici da putem oglasa-reklama, sponzorstava i donacija pomognu da se časopis realizuje predviđenom dinamikom. On će omogućiti da se kreira naučna i stručna misao, ali i da železnička industrija reklamira svoje proizvode.

Pozivamo vas da svi zajedno vršimo promociju, marketing i podstičemo pisanje radova.

Na kraju, ukoliko imate bilo kakvih pitanja, primedbi, sugestija i predloga u vezi časopisa, nemojte oklevati da nas kontaktirate, jer nam je cilj da budemo bolji.

**Predsednik udruženja i Odgovorni urednik časopisa:**  
Danko Trninić, dipl. inž. saobr.

**Glavni urednik časopisa:**  
Slavko Vesковиć, dipl. inž. saobr.

# UNIVERZALNI SISTEM ZA UPRAVLJANJE VOZA „ELEKTRONSKI POMOĆNIK MAŠINOVOĐE“ UNIVERSAL TRAIN CONTROL SYSTEM “ELECTRONIC ASSISTANT DRIVER”

UDK: 656.2+654.9

## REZIME:

Opremljenost pruge tehničkim sistemima za zaštitu i upravljanje saobraćajem po pravilu zavisi od važnosti pruge, pa uobičajeno postoje velike razlike u opremljenosti glavnih i sporednih pruga. Ovaj tehnički jaz na prugama ŽS preta da se produbi, jer se tekuća modernizacija na ŽS provodi isključivo na glavnim pravicima. Zbog „nedovoljne opremljenosti“, sporedni pravci su izostavljeni i iz Jedinistvenog dispečerskog centra JDC, a obavezni dvoposed vučnog sredstva se samo delimično provodi. U radu se predlaže metod za prevazilaženje ovog stanja korišćenjem jedinstvenog sistema za zaštitu voza, upotrebom kojeg bi se sporedne pruge dovele na nivo glavnih na najjednostavniji, najbrži i najjeftiniji način, takoreći „preko noći“. Tajna je u tome da se uređaj instalira isključivo na voznom sredstvu (nema pružni deo) pri čemu ostvaruje sve poznate upravljačko-zaštitne funkcije i omogućava nadzor saobraćaja iz centra. Pri ugradnji i održavanju uređaja, nema radova na pruzi i nema opstrukcije saobraćaja.

**Ključne reči:** upravljanje voza, zaštita voza, pomoćnik mašinovođe, moving block, dispečerski centar

## SUMMARY:

The equipment of the railway line with technical systems for traffic protection and management usually depends on the importance of the railway line, so there are usually large differences in the equipment of the main and secondary lines. This technical gap on the railway lines threatens to deepen, because the current modernization of the railway is carried out exclusively on the main routes. Due to “insufficient equipment”, the secondary routes were left out of the Unified Dispatch Center JDC, and the obligatory two-seat towing vehicle is only partially implemented. The paper proposes a method for overcoming this situation by using a unique system for train control, using which the secondary tracks would be brought to the level of the main ones in the simplest, fastest and cheapest way, so to speak “overnight”. The secret is that the device is installed exclusively on the vehicle (there is no rail part) while performing all known control and protection functions and enables traffic monitoring from the center. When installing and maintaining the device, there is no work on the railway line and there is no traffic obstruction.

**Key words:** train control, train protection, assistant driver, moving block, dispatch center

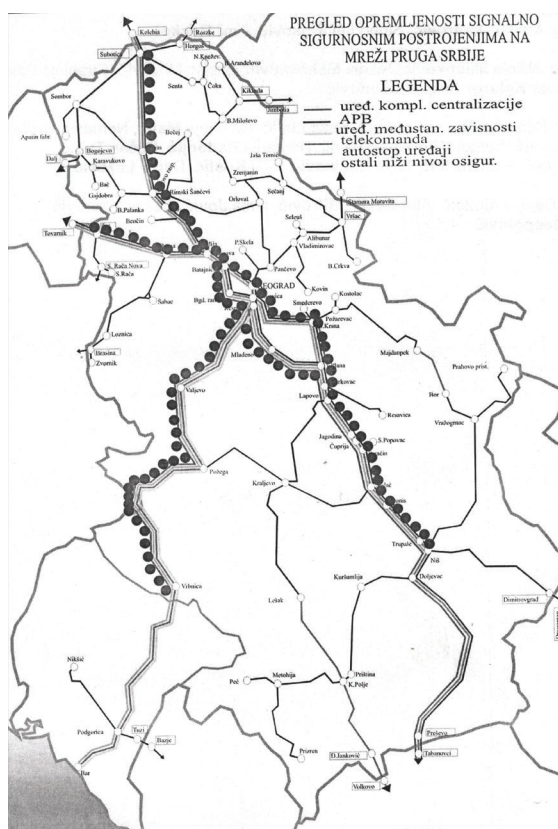
\* Milovan Babić, Beograd, Nedeljka Gvozdenovića 10, mishaba49@gmail.com

## 1. TEHNIČKI SISTEMI NA MREŽI PRUGA SRBIJE, POSTOJEĆE STANJE

Savremene železničke pruge teško da mogu da se zamisle bez tehničkih sistema za upravljanje i zaštitu saobraćaja. Prema stepenu opremljenosti pruga ovim sistemima, mreža pruga Srbije se može podeliti na dva dela:

- deo mreže, na glavnim pravcima, koji je dobro opremljen,
- deo mreže, na sporednim pravcima, lošije do slabo opremljen.

Ilustracija stanja je data na slici 1.



Slika 1. Sigurnosno-operativni centar

Podebljani deo mreže označava pruge koje su opremljene signalnim uređajima potpune centralizacije, APB i MZ uređajima, auto-stop uređajima, pri čemu je veći deo ovih pruga i u sistemu telekomande.

Na ostalom delu mreže, prema legendi sa date slike, niži su nivoi osiguranja, što će reći da su samo službena mesta opremljena nekim od više tipova signalnih uređaja starije izvedbe.

Danas se obimniji radovi na prugama izvode četrdesetak godina nakon prethodne modernizacije, koja je završena osamdesetih godina dvadesetog veka,

i opet su sredstva usmerena na glavne pruge. Ovaj proces se zakonomerno ponavlja jer su zahvati na prugama toliko skupi da, po pravilu, nema dovoljno sredstava za celu mrežu, pa se ona usmeravaju na glavne pravce. To samo znači da će veliki jaz u opremljenosti pruga postati još veći, kvalitet usluge na sporednim prugama će svakako biti nedovoljan, te će se neminovno postaviti pitanje opravdanosti njihovog postojanja, što se događalo i u prethodnom periodu.

Ovaj trend “zapostavljanja”, iako prinudan, uz druge faktore, već dovodi do zabrinjavajućih tendencija na sporednim prugama. Naime, na prugama koje nisu opremljene auto-stop uređajima vozna sredstva bi obavezno morala biti dvoposednuta, mašinovođom i pomoćnikom mašinovođe. Ova obaveza se sada samo delimično izvršava jer je doneta voluntaristička odluka da se vozna sredstva koja omogućavaju „dobru preglednost“ posedaju samo mašinovođom. Pitanje je, kako se procenjuje vozilo sa „dobrom preglednošću“ i o kakvoj preglednosti se može govoriti u uslovima guste magle, vejavice po noći. Kakvu situacionu svest može da ima mašinovođa, bez pomoći, prepušten samo svojim čulima u ekstremnim uslovima vožnje. Rizik od neželjenih događaja, materijalne štete i još težih posledica sa žrtvama se očigledno prenebrežava. Činjenica je da se vozno osoblje sve teže popunjava i da košta, ali je ovaj način rešavanja problema potencijalno vrlo opasan.

Drugi važan momenat povezan je sa aktivnostima na projektovanju i izgradnji Jedinственог dispečerskog centra, JDC, koji ne obuhvata sporedne pruge, što se pravda njihovom „nedovoljnom opremljenošću“. Ovakvo „krnje“ rešenje se nikako ne može zvati JDC i donekle obesmišljava njegovu primarnu namenu da se na jednom mestu nadzire i reguliše sav saobraćaj na mreži. S obzirom na to da je veći deo glavnih pruga već u sistemu telekomande, JDC će samo donekle unaprediti postojeće stanje na glavnim prugama, što u suštini dovodi u pitanje svršishodnost izgradnje. Ako se ostane pri sadašnjem „rešenju“, koje pretpostavlja „odgovarajuću tehničku opremljenost“, onda to faktički znači da će sporedne pruge u JDC „ući tko zna kad“. Sada se postavlja pitanje, ima li načina da se prevaziđe ovo ograničenje i da se reše gore navedeni ozbiljni problemi u realnom roku, po ceni koja je dostižna i prihvatljiva.

Odgovor na postavljeno pitanje se daje u tekstu koji sledi, koji opisuje inovativno i trajno rešenje, jedinstveno za oba problema. Donosi ga Univerzalni



sistem za upravljanje vozom, u daljnjem tekstu Elektronski pomoćnik mašinovođe EPM, koji suštinski menja osnovni princip funkcionisanja postojećih uređaja za upravljanje vozom.

## 2. PREDLOG REŠENJA

Da bi se rešio napred postavljen zadatak, uređaj za upravljanje mora da poseduje:

- izraženu „poziciju svest“ koja mu u svim uslovima omogućava da precizno odredi lokaciju voza/vozila na pruzi,
- da podatak o lokaciji efikasno i nedvosmisleno prenese mašinovođi,
- da podatak o lokaciji voza može podeliti sa centrom za nadzor i upravljanje,
- da za funkcionisanje uređaja nije potrebna nikakva intervencija na pružnim instalacijama.

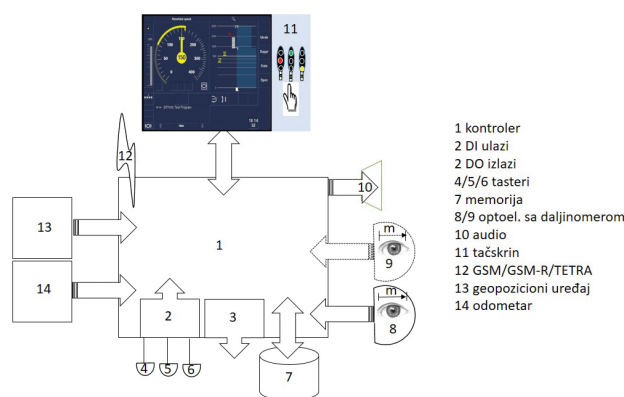
Ukratko, treba da se realizuje sistem na lokomotivi koji omogućava da mašinovođa bezbedno upravlja vozom do maksimalne brzine od 160 km, po bilo kojoj pruzi u zatečenom stanju (bez potrebe za doradama i radovima na pruzi), u bilo kojim uslovima vožnje. Ovaj zadatak se može razrešiti samo sa sistemom za upravljanje voza na lokomotivi, koji funkcioniše samostalno, bez pružnog dela sistema (balize, petlje...), koji su inače karakteristični za sve postojeće TCS (Train Control System) / TPS (Train Protection System) sisteme: ETCS (European Train Control System), LZB (Linienförmige Zugbeeinflussung), Indusi / PZB (Induktive Zugsicherung / Punktförmige Zugbeeinflussung)... Drugim rečima, treba da se osmisli potpuno nov metod akvizicije signalnog pojma, sa signalu ispred voza, u sistem za upravljanje vozom.

## 3. UNIVERZALNI UREĐAJ ELEKTRONSKI POMOĆNIK MAŠINOVOĐE

Svi ovi zahtevi se mogu realizovati Univerzalnim sistemom sa sl. 2. koji je baziran na rasprostranjenim komercijalnim uređajima i tehnologijama, koji sami za sebe nisu novi, ali u kombinaciji sa softverom koji realizuje inovativne načine za izvršenje neophodnih funkcija, uz primenu interaktivnih sigurnosnih procedura za upravljanje vozom, omogućavaju interoperabilnost voza sa prugama u zatečenom stanju, bez obzira na signalizaciju koja je primenjena na pruzi.

Sistem je koncipiran kao kombinacija interaktivne sigurnosne procedure posluživanja uređaja, koji ima preciznu poziciju svest o pruzi i provodi se na

predefinisanim karakterističnim tačkama, signalima, signalnim oznakama, kroz dijalog **mašina – čovek: najava/pitanje – odgovor – reakcija – potvrda**. Na ovaj način se usaglašava ono što sistem „zna“ o pruzi sa onim što mašinovođa vidi, i vozu je dopuštena vožnja samo ako su sistem i mašinovođa saglasni, a signalizacija na pruzi ne zabranjuje daljnju vožnju. U slučaju da procedura nije ispoštovana ili je mašinovođa propustio da postupa po signalizaciji, sistem generiše upozorenje i zavodi prinudno kočenje, kada je to neophodno. Ako je sistem opremljen optoelektronskim uređajem dan/noć sa softverom za prepoznavanje objekata, tzv. „kompjuterskim vidom“, procedura se može do kraja uprostiti i svesti samo na potvrdu signalnog pojma mašinovođe.



Slika 2

Sistem je u stalnoj interakciji sa mašinovođom na principu zatvorene povratne sprege, „sistem kontroliše mašinovođu, mašinovođa kontroliše sistem“, te se može reći da sistem ima inherentno „fail safe“ svojstvo. Drugim rečima, sve dok sistem najavljuje elemente infrastrukture, koje vozač vidi i potvrđuje, glavne funkcije sistema rade ispravno: sistem je izvršio tačno pozicioniranje, optoelektronski uređaj tačno prepoznaje element infrastrukture ispred voza, transakcija nad bazom je ispravno izvršena, a baza je konzistentna. Ukoliko bilo koji postupak u ovom lancu unakrsnih provera izostane, to ukazuje na potencijalno opasan problem, i sistem će upozoriti vozača, a ako očekivana reakcija izostane neće dozvoliti dalju vožnju. Da bi sistem bio potpuno siguran u slučaju kvara, još je potrebno izvršiti dvokanalno izračunavanje preporuka brzine u odnosu na lokaciju voza, a preporuka se pokazuje vozaču samo ako je rezultat obrade u oba kanala isti.

Treba reći da ovaj interaktivni metod komunikacije „čovek/sistem“, koji se oslanja na ljudski vid, uvodi ograničenje u primeni sistema na železnici, za brzine do 160 km/h.

Uobičajeni TCS/TPS sistemi u upotrebi, nužno, za ovu namenu moraju biti "fail safe". Budući da ne koriste gore opisanu kontrolnu metodu, koja ima inherentna "fail safe" svojstva, moraju primeniti redundantne hardverske i/ili softverske metode, što onda komplikuje uređaj i značajno povećava troškove proizvodnje i održavanja. Inovativni kontrolni metod pruža vozu potpunu zaštitu u bilo kom okruženju, bez upotrebe kolosečnog dela uređaja (baliza, petlje, radio – veza ...). Ova karakteristika sistema ima toliko pozitivnih efekata da se, bez preterivanja, može okarakterisati kao „dar sa neba“, kako za vlasnika železničke infrastrukture tako i za prevoznike.

Svi događaji u sistemu, bilo da su automatski ili su akcija mašinovođe / odgovor sistema na akciju, beleže se u trajnu memoriju. Na ovaj način, snimanjem događaja, sistem integriše funkciju registratora („crna kutija“) i funkciju praćenja budnosti, pri čemu kontrola budnosti stiče novu dodatnu karakteristiku, pored budnosti, proverava se i „svesnost“ (pažnja vozača / fokus na zadatak).

Sistem suštinski menja princip funkcionisanja, paradigmu postojećih TCS/TPS sistema, komunikacioni metod identifikacije signalnog pojma promenljivog signala, zamenjuje optičkim načinom. Ova novina u kombinaciji sa interaktivnom procedurom posluživanja, sistemu daje totalnu funkcionalnost nepoznatu ostalim sistemima, koji su u upotrebi:

- univerzalno primenjiv za brzine do 160 km/h, na svim prugama u zatečenom stanju,
- nivo zaštite voza uporediv sa onom koji pruža ETCS nivo 1,
- način upotrebe:
  - samostalno,
  - u kooperaciji sa nacionalnim TCS/TPS sistemima,
  - kao drugi / rezervni sistem za npr. ETCS,
- podržava bezbedno kretanje voza u bilo kojem tehničkom okruženju, sa mehaničkim relejnim elektronskim signalnim sistemima, mehaničkom ili svetlosnom signalizacijom,
- objedinjuje funkcije budnika, registratora, zaštitnog uređaja, pomoćnika mašinovođe, ophodara pruge,
- omogućava vožnju uzastopnih vozova u međustaničnom razmaku bez APB uređaja na principu „promenljivog - pokretnog blok odseka“ ("moving block"), bez da je potrebna posebna kontrola celosti voza,
- ima jedinstvenu sposobnost da uoči ugrožavajuće prepreke na pruži ispred voza, bilo da su nastale

kao posledica nemara čoveka ili delovanjem „više sile“;

- omogućava da se uoče devastirajuće tendencije u pružnom pojasu,
- neuporediva pogodnost u izgradnji i održavanju.

Uređaj je univerzalan po više kriterijuma: zamenjuje sve postojeće uređaje na voznom sredstvu (auto-stop, brzinomer, registrator, taster budnosti), obavlja funkciju pomoćnika mašinovođe, a univerzalno je primenjiv na svim prugama u zatečenom stanju, bez obzira na primenjeni sistem signalizacije, mehanički ili svetlosni. Na kraju, možda i najvažnije, uređaj pruža zaštitu vozu na nivou najmodernijeg sistema ETCS nivo 1, što je neuporedivo više od zaštite koju pruža auto-stop uređaj INDUZI u konfiguraciji koja se koristi na glavnim prugama ŽS.

#### 4. OSNOVNI NAČINI FUNKCIONISANJA I REALIZACIJE UREĐAJA

Osnovni način funkcionisanja uređaja se oslanja na poznati princip rada pomoćnika mašinovođe. Smisao je da se informacija o pružnoj signalizaciji, na koju tokom vožnje nailazi posada lokomotive, potvrdi iz dva izvora, mašinovođa i pomoćnik mašinovođe. Klasično se to radi govornom razmenom informacija između mašinovođe i pomoćnika. Danas je stanje tehnike takvo da se ovaj audio postupak može u potpunosti ponoviti i sa sistemom kao pomoćnikom, primenom tehnologija za prepoznavanje glasa. Autor se opredelio za primenu kombinovanog audio - grafičkog metoda, imajući na umu da "slika govori više od hiljadu reči". Valja primetiti da sistem, koji skladišti sve podatke o trasi voza na osnovu preciznog poznavanja položaja voza na pruži, inicira dijalog mašinovođa / sistem, najavom signala / signalne oznake ili nekog važnog elementa infrastrukture npr. tunela / mosta. Mašinovođa, na osnovu onog što vizuelno uočava, jednostavnom manipulacijom, dodiranjem grafičkog prikaza najavljenog elementa na tač skrin ekranu, potvrđuje najavljeni element infrastrukture. Ukoliko predviđena procedura nije ispoštovana, sistem upozorava mašinovođu ili inicira prinudno kočenje, zavisno od stepena ugrožavanja voza. Posebno je važno naglasiti da sistem osnovnu funkcionalnost može uspešno da realizuje sa bazičnom konfiguracijom sistema, bez optoelektronskog uređaja sa daljinomerom. Pod osnovnom funkcionalnošću se podrazumeva, kontinuirana kontrola brzine na svakom delu trase u skladu sa signalizacijom na trasi i voznim karakteristikama trase i voza. Angažman mašinovođe se svodi na potvrđivanje sistemom

najavljene signalne oznake jednim dodiranjem tač skrin ekrana. Pri unošenju signalnog pojma na signalu, manipulacija se satoji od dva uzastopna dodira ekrana, pri čemu se prvim dodiranjem bira signalni pojam iz skupa mogućih pokazivanja najavljenog signala, a drugim dodiranjem se potvrđuje da je izabrani pojam baš onaj koji mašinovođa vidi na signalu. Na ovaj način je zadovoljen osnovni princip sigurnosnog funkcionisanja.

Dodatno opterećenje mašinovođe, ako ga uopšte ima, minimalno je. Naime, mašinovođa će manipulacijama na tač skrinu saopštavati sistemu da je budan, a sistem će proveravati da li je mašinovođa priseban odnosno skoncentrisan na zadatak, tj. da li mašinovođa postupa po predviđenoj proceduri. Time će posluživanje taster budnosti biti izlišno ili će se obavljati samo izuzetno, na poziv sistema, a funkcija budnosti će dobiti novi kvalitet.

Trenutna brzina voza i maksimalno dopuštena brzina za datu poziciju voza će se prikazivati na ekranu, a preporučena brzina će da se računa u odnosu na poziciju voza, aktuelnu signalizaciju (dužinu osiguranog puta), karakteristike trase i krive kočenja voza. Pored toga će biti prikazivani i ostali elementi trase za sigurnu vožnju. Predloženi izgled ekrana je prikazan na sl. 2/11, koji suštinski podržava ETCS MMI, kojem je pridodat deo za real time manipulacije mašinovođe u interaktivnom dijalogu sa sistemom tokom vožnje.

Predloženi inovativni sistem bazne izvedbe, ima sve karakteristike ETCS nivo 1, što je mnogo više od svega što je aktuelno u upotrebi bilo gde na ŽS. Naravno, sistem je primenjiv na bilo kojoj pruži u zatečenom stanju, za brzine do 160 km/h, a na sporednim pravcima, gde ne postoji nikakav sistem zaštite voza, sistem je takoreći jedino realno i isplativo rešenje.

Realizacija osnovnog sistema (bez optoelektronike sa daljinomerom) svodi se na adaptaciju opštepoznatih sistema za navigaciju, koji su danas prisutni u svakom modernijem telefonu. Adaptacija podrazumeva uvođenje interaktivne procedure u realnom vremenu u komunikaciji čovek - mašina, prema datom opisu. Dodatno treba da se realizuje funkcija za kontrolu brzine i delovanje na kočioni sistem voza prema navedenom principu.

Bazni hardver za realizaciju osnovnog sistema je kontroler na PC platformi prema EN 50129 standardu koji je danas široko rasprostranjen

komercijalni proizvod standardizovan prema uslovima upotrebe na železnici. EPM je TCS koji pripada comand control sistemima CCS, ali ne potpada pod TSI evropske regulative, te pripada u nadležnost nacionalnog zakonodavstva. Kako EPM, zahvaljujući interaktivnoj proceduri komunikacije čovek/sistem, poseduje inherentna „fail safe“ svojstva, koja se odnose na akviziciju, konzistentnost baze i transakcije sa istom to preostaje da se proračuni za kontrolu brzine realizuju po nekom odgovarajućem SIL/EN standardu. Mislim da se, radi plasmana sistema, EPM treba usaglasiti sa rečenim SIL/EN standardima, pa i tamo gde to i nije neophodno, što je predmet specifikacije i razrade. Što se tiče određivanja pozicije voza na pruži, koja ulazi u proračun za kontrolu brzine, tačnost i pouzdanost se postižu multisistemskim uređajem za satelitsko pozicioniranje koji koristi raspoložive sisteme GPS – GLONNAS – GALILEO – BEIDOU, koji su uveliko u komercijalnoj upotrebi. Na mestima gde su satelitski sistemi nedostupni, npr. tuneli, za određivanje pozicije koristi se odoimetarsko očitavanje pređenog puta od poslednje pozicije voza, koja je prethodno utvrđena pomoću uređaja za geopozicioniranje.

Iz rečenog je očigledno da EPM/B (bazni), uređaj u baznoj izvedbi, ne bi trebao da predstavlja razvojni problem jer se u celosti oslanja na komercijalne, poznate i raspoložive tehnologije, koje treba adaptirati za datu namenu, te razvoj, u klasičnom smislu, nije ni potreban.

Dodatna funkcionalnost, nepoznata ostalim TCS sistemima u operativnoj upotrebi, može se ostvariti integracijom opoelektronskog uređaja sa daljinomerom u EPM/B-O (optoelektronski) sistem. Na ovaj način EPM dobija „tehnički vid“, čije mogućnosti prevazilaze osobine prirodnog ljudskog vida, pre svega u daljini vidljivosti (udaljenost sa koje se predmet može uočiti) koja, kod kvalitetnih uređaja, prevazilazi daljine od 5 km. Uređaji moraju raditi danju i noću, što se postiže dvokanalnim sistemima sa televizijskim i termovizijskim kanalom. Kvalitetnim optoelektronskim uređajima, za razliku od prirodnog ljudskog vida, ne smetaju sneg, magla, kiša, što je još jedna od važnih karakteristika, koja značajno unapređuje sigurnost vožnje.

Naravno, ova dogradnja na nivo EPM/B-O (optoelektronski) unapređuje i funkcionisanje bazičnog EPM/B sistema. Pojednostavljenom procedurom uz povećanu sigurnost, realizujemo akviziciju signalnog

pojma na signalu / signalnoj oznaci ispred voza, prema sledećoj proceduri:

- sistem, na osnovu pozicije voza, najavljuje signal / signalnu oznaku,
- optoelektronski uređaj uočava i prepoznaje signal i signalni pojam / signalnu oznaku, prikazuje ih na tač skrin ekranu i traži potvrdu od mašinovođe,
- mašinovođa dodirrom likovnog prikaza signala / signalne oznake na ekranu potvrđuje sistemu da je proces akvizicije ispravno odrađen i da je on spreman da postupa u skladu sa zahtevima signalizacije prema “Signalnom pravilniku”.

U ovakvom scenariju, uloga čoveka je svedena na kontrolnu funkciju koja, i nadalje, uobičajeno pripada čoveku pri upravljanju procesima, koje čovek realizuje uz pomoć manje ili više sofisticiranih informatičkih sistema.

Optoelektronski sistemi su danas u širokoj upotrebi za razne namene. Opšte poznata je njihova namena za nadzor prostora i prepoznavanje traženih lica, gde se lice uočava i prepoznaje u masi drugih, sa velikih distanci. Retko ko od nas se nije sreo sa ovim sistemima, makar tako što je platio saobraćajni prekršaj, koji je zabeležen optoelektronskim sistemom, koji su danas rasprostranjeni toliko, da postoji opravdana bojazan, da se njihovom masovnom primenom ugrožava privatnost pojedinca. I naravno, da se optoelektronski sistemi masovno primenjuju u vojne svrhe. Danas, gotovo da nema ozbiljnijeg vojnog sredstva koje ne koristi “tehnički vid”, ostvaren uz pomoć optoelektronskog uređaja sa daljinomerom, za otkrivanje i prepoznavanje ciljeva u svim uslovima borbe pri upotrebi sredstava za maskiranje. Pitanje je dana kada će automatizovani vojni sistemi, borbeni roboti, preuzeti potpunu odgovornost za borbene akcije. Za sada, izviđački i borbeni dronovi, helikopteri, avioni, borbena vozila pešadije, tenkovi koriste “tehnički vid” da na “nepoznatom” terenu pronađu neprijateljske mete, koje se onda eliminišu nakon što operator da komndu za izvršenje. Sve je ovo već ispitano i potvrđeno u realnim ratnim uslovima u Siriji, Jermeniji... Postoje i sistemi u naznačenoj konfiguraciji kompaktne izvedbe za ručnu upotrebu, koji se koriste za izviđanje i navođenje vatre.

U odnosu na gore iznete primere vojne upotrebe, optoelektronski uređaj EPM-a ima neuporedivo jednostavniji osnovni zadatak: da očekivani objekat (signal, signalna oznaka itd.) uoči na očekivanom mestu (poznata stacionaža traženog objekta). Sada se postavlja pitanje: da li se može realizovati EPM sa “tehničkim vidom” koji odgovara traženoj nameni

na železnici? Dakle, ponovo se radi o adaptaciji postojećeg na jednostavniji zadatak, te je pitanje, imajući u vidu postojeće stanje tehnike, samo retoričko.

Očigledno je da se objektiv optoelektronskog uređaja treba postaviti u poziciju koja odgovara poziciji očiju mašinovođe u kabini ili na frontu voznog sredstva. Do optimalne pozicije objektiva, i karakteristika uređaja (rezolucija, fokalni opseg i sl.) treba da se dođe ispitivanjem u realnim uslovima. Očigledno je, takođe, da se sistem zbog svoje optičke prirode i karakteristika može koristiti na bilo kojoj pruzi koja je u voznom stanju, gde se vozi na vidljivost, pogotovo na prugama na kojima nema sistema zaštite voza.

Zahvaljujući optoelektronskom uređaju sa daljinomerom, EPM/B-O je pravi “rudnik mogućnosti” koje ne nudi niti jedan TCS sistem u operativnoj upotrebi:

- Određivanje pozicije voza optoelektronskim uređajem sa daljinomerom, tako što se meri udaljenost voza od stacionarnog objekta na pruzi, koji ima poznatu lokaciju unetu u EPM. Na ovaj način je izbegnuta mogućnost da se EPM “izgubi” na pruzi bilo da su sistemi za navigaciju, iz bilo kojeg razloga, nedostupni ili maliciozno ometani. Kontrolni marker položaja može biti npr. signal, signalna oznaka, početak tunela, stubić koji označava km položaj na pruzi i sl;
- EPM/B-O poseduje tehničku sposobnost da se izbori sa zadatkom da sistem, a time i mašinovođa, na vreme uoči prepreku na pruzi, bilo da je ona nastala prirodno, npr. odronom ili je posledica namernog / slučajnog delovanja čoveka, npr. prelazak putnog prelaza na nemaran ili na nedozvoljen način. Pri uočavanju prepreke dolazi do odgovarajućeg dejstva “Pomoćnika”. Ako je tajming dešavanja takav da se prepreka može uočiti na vreme, tj. na dovoljnoj udaljenosti od voza, onda će EPM/B-O, dejstvom na kočioni sistem voza, sprečiti posledice. Ako je situacija takva da se incident ne može izbeći, prinudno kočenje voza će svakako ublažiti posledice neželjenog događaja. Pri svakoj redovnoj vožnji voza vrši se snimak cele trase koji se memoriše. Naknadnom analizom snimka pomoću softvera, koji pronalazi razlike u odnosu na referentni snimak trase, mogu se uočiti devastirajuće tendencije na trasi i na vreme intervenisati kako bi se izbegla moguća opasnost. Na ovaj način ugašena služba ophodnje se vraća na prugu u modernom i efikasnom obliku;

- Na kraju „slag na tortu“. Poznato je da je ETCS nivo 3 predvideo kretanje uzastopnih vozova u takozvanom pokretnom bloku. Očigledno da se ETCS nivo 3 „zaglibio“ u dugotrajnim ispitivanjima koja nikako da se privedu kraju. Na kraju, ništa nije čudno. Metod koji je osmišljen za realizaciju pokretnog bloka je toliko tehnički zahtevan da je pitanje kada će se razrešiti sve nedoumice u vezi sa, pre svega, pouzdanošću rada. Naime, vozovi u ETCS nivo 3 režimu dobijaju elemente za vožnju iz nadležnog RBC centra. Kako na ovom nivou ne postoje namenski tehnički sistemi za kontrolu koloseka, svaki voz u nadležnosti RBC-a učestalo, putem GSM-R mreže, šalje svoju poziciju i informaciju o celosti voza u RBC. RBC obračunava sve parametre vožnje za voz i šalje naloge za vožnju svakom vozu u oblasti RBC. Očigledno je da je učestalost komunikacije između vozova i RBC-a ogromna i tim je veća što je veća brzina vožnje. Svaki kvar/greška u ovako intenzivnoj komunikaciji verovatno rezultuje obustavljanjem saobraćaja. Dodatno je problem što se komunikacija obavlja mobilnom GSM-R mrežom koja je izuzetno osetljiva na maliciozne upade. Zbog toga, naravno da je GSM-R mreža zaštićena kriptovanjem, što posledično povećava opterećenje mreže. Ovaj problem će se verovatno znatno umanjiti uvođenjem 5G mreže, ali ona bi morala biti standardizovana za primenu na železnici, što je poprilično dug proces.

Za razliku od opisanog slučaja, voz opremljen EPM/B-O sistemom može slediti prethodni voz bez ikakvih dodatnih uslova. Brzina vožnje uzastopnog voza određena je dužinom slobodnog puta ispred uzastopnog voza, koji “sagledava tehnički vid” realizovan pomoću optoelektronskog uređaja sa daljinomerom. Ako pri kretanju dolazi do sustizanja, pa prethodni voz uđe u “vidno polje” uzastopnog voza, onda EPM uzastopnog voza vrši učestala merenja udaljenosti između vozova. Na osnovu merenja udaljenosti EPM proračunava relativnu brzinu kretanja vozova i kontroliše razmak, tako da uvek može da se zaustavi iza prethodnog voza. Valja napomenuti da vozovi ne moraju biti opremljeni posebnim sistemom za kontrolu celosti jer će uzastopni voz uočiti raskinute vagone i opisanim načinom zaustaviti voz pre nego što dođe do naletanja. Naravno da za primenu funkcije “pokretnog bloka” EPM/B-O treba, zbog sigurnosti, da bude opremljen udvojenim optoelektronskim uređajem sa daljinometrom. U tom slučaju se gore opisana procedura provodi u oba kanala čiji rezultat se poredi, a prihvata se ukoliko su rezultati u oba kanala isti ili je odstupanje rezultata u prihvatljivoj margini.

Sadržaj ovog poglavlja upućuje na optimalni način za realizaciju EPM Sistema. Sistem se treba realizovati u više koraka što minimalizuje rizik i optimizuje angažman sredstava za razvoj:

1. realizovati EPM/B (osnovne funkcije),
2. dograditi optoelektronski uređaj (osnovne doradene funkcije, prepreke, ophodar),
3. dogradnja drugog opto uređaja (promenjivi blok).

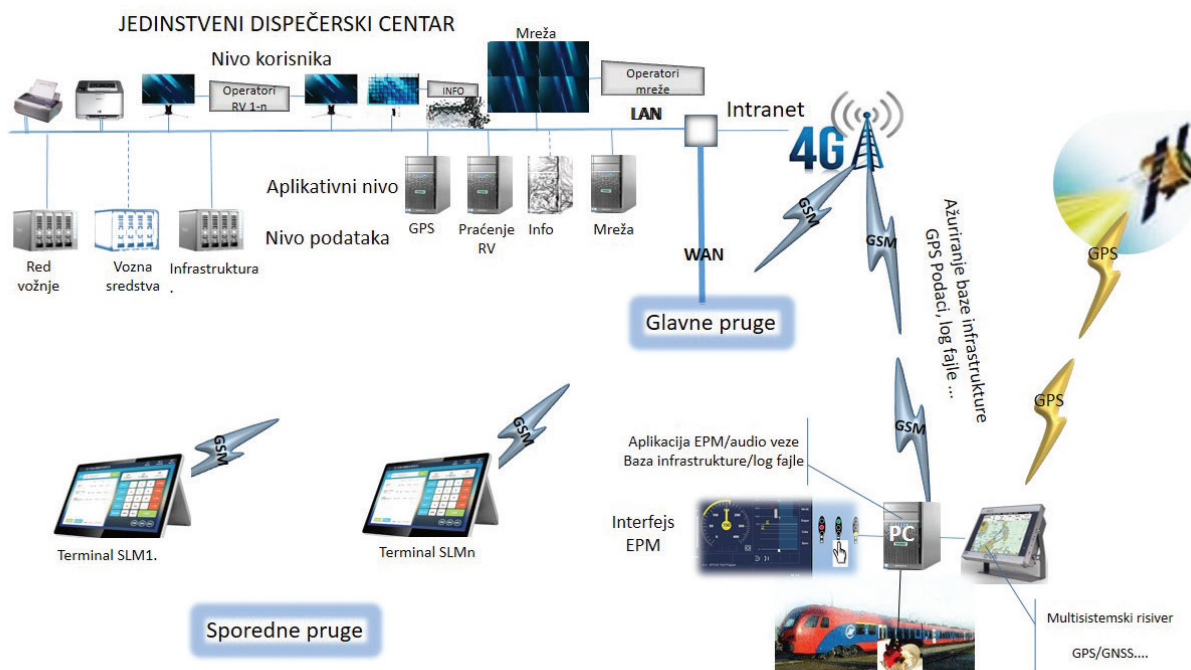
## 5. JEDINSTVENI DISPEČERSKI CENTAR

Jedinstveni dispečerski centar je mesto koje bi trebalo da omogući nadzor i regulaciju saobraćaja na celoj mreži pruga Srbije. Prikupljanje podataka o realizaciji reda vožnje je temelj na kojem počiva postupak regulacije saobraćaja i ono se može vršiti na dva osnovna načina: automatizovano tehničkim sistemima ili operator ručno unosi podatke sa terminala. Savremena tehnička sredstva omogućavaju automatizovano praćenje saobraćaja na celoj mreži, te nema razloga da se delovi mreže izostavljaju iz sistema JDC. Autor nema saznanja kako će se prikupljati podaci o saobraćaju na glavnim prugama. Razumno je pretpostaviti da će se podaci prikupljati automatizovano iz signalnih sistema, što pretpostavlja dobru tehničku opremljenost pruga savremenim signalnim i telekomunikacionim sistemima. Automatizovano praćenje saobraćaja jednako je, ako ne i efikasnije, moguće danas realizovati rasprostranjenim satelitskim sistemima za navigaciju. Očigledno je da Elektronski pomoćnik mašinovođe, EPM, omogućava da se saobraćaj vozova na sporednim prugama nadzire i reguliše iz JDC, te poseduje kapacitet da se zaštita na sporednim prugama dovede u rang ETCS nivo 1.

Načelna šema sistema za nadzor i regulaciju saobraćaja iz Jedinstvenog dispečerskog centra je prikazana na sl. 3. i predstavlja ilustraciju moguće arhitekture sistema. Svrha šeme je da se ilustruje metod integracije sporednih pruga u JDC i princip upotrebe EPM za tu namenu.

Sistem je baziran na klijent server troslojnoj arhitekturi koja omogućava povezivanja velikog broja klijenata i nezavisan razvoj aplikacija i korisničkog interfejsa. Arhitektura je pogodna za heterogene hardversko - softverske sredine, prilagodljiva poslovnim i tehnološkim promenama. Radna mesta operatora se mogu uspostaviti bilo gde u sistemu pod pretpostavkom da imaju dobru komunikacionu povezanost sa serverima aplikacija, te se poslovno okruženje operatora, bilo da je trajno ili privremeno, brzo i lako uspostavlja. Glavna aplikacija sistema je praćenje

Univerzalni sistem za upravljanje voza „elektronski pomoćnik mašinovođe“



Slika 3.

izvršenja reda vožnje, sa svim alatima koji omogućavaju regulaciju saobraćaja: pronalaženje i rešenje konflikata, otkazivanje, pretrasiranje, skraćivanje / produženje trase.... Rezultati regulacije, izvršni red vožnje se dostavlja na realizaciju operativnoj službi saobraćaja po službenim mestima i voznom osoblju na vozu. Na glavnim prugama, sa telekomandom saobraćaja, izvršni red vožnje može automatski da generiše komandu za formiranje puta vožnje u signalni sistem. Na sporedim prugama sistem inicira poruke na terminal u službenom mestu sa novim elementima regulisanog reda vožnje, a otpravnik postupa u skladu sa sadržajem poruke. Vozno osoblje u pogonskoj jedinici na ekranu EPM takođe dobija sve elemente potrebne za vožnju u skladu sa regulisanim redom vožnje i signalizacijom na pruzi. Korisnički interfejs operatora u JDC omogućava da se saobraćaj prati putem grafikona reda vožnje i na mreži pruga i pruža mogućnost da operativno osoblje u centru ima uvid u sve operativne podatke, kako o redu vožnje tako i o stanju na mreži. Svi podaci o saobraćaju se trajno beleže u sistemu i mogu se po potrebi dobiti u štampanom obliku.

Organski deo saobraćaja su svakako vozovi kao finalni produkt čitavog procesa od planiranja do izvršenja reda vožnje. Da bi se ostvarila dobra i efikasna usluga potrebno je da se u svakom trenutku znaju podaci o vozu, voznim sredstvima i voznom osoblju. Ovde se susrećemo sa organizaciono - imovinskim

pitanjima jer je voz sredstvo prevoznika kojem je infrastruktura iznajmljena za unapred planiranu vožnju u skladu sa redom vožnje. Ovi podaci su, po logici, pre predmet interesovanja prevoznika nego vlasnika infrastrukture, ali se ne mogu delegirati u samo jedan sistem jer je čitav proces prevoza interakcija između prevoznika i vlasnika infrastrukture. Najbolji primer povezanosti je proces informisanja putnika: Proces informisanja bi trebao da je obaveza prevoznika jer je on taj koji ima ugovor sa putnikom, što bi onda značilo, ako bi se striktno pridržavali podele, da bi imali različite sisteme verovatno i postupke za informisanje putnika, koliko prevoznika toliko sistema. Zamislimo tu situaciju, to bi onda bio sistem dezorijentisanja, a ne sistem informisanja putnika. Zato je logično da je sistem informisanja u sistemu infrastrukture, a ostvaruje se tako što se podaci iz regulisanog reda vožnje automatski distribuiraju u sistem za informisanje putnika, pri čemu se usluga informisanja prevozniku uračunava u cenu trase.

Za ostale podatke o vozovima i voznim sredstvima, voznom osoblju, svaki od prevoznika bi mogao imati sopstvene serverske sisteme. Upravljanje resursima pretpostavlja podatke u realnom vremenu, te bi prevoznički sistemi morali biti povezani na sistem za nadzor i upravljanje saobraćaja vlasnika infrastrukture. Sada se otvara pitanje postupaka i sredstava za praćenje promena na vozu (teretnica, vožno

osoblje...) u realnom vremenu. Odgovor na pitanje je gotovo očigledan: Sve promene na vozu (uključenje/isključenje vagona, zamena lokomotive, promena voznog osoblja...), planirane ili neplanirane, mogu da se evidentiraju pomoću Elektronskog pomoćnika mašinovođe. Pošto se promene dešavaju kada voz stoji, to bi postupak doneo minimalno opterećenje za mašinovođu i ni na koji način ne bi ometao glavne funkcije EPM.

Sada dolazimo do još jednog važnog pitanja: radio - dispečer, audio - veza mašinovođe sa dispečerskim centrom. Očigledno je da se ona može ostvariti putem EPM jer on poseduje sve neophodne resurse za ostvarivanje rečene veze. Bez da se ulazi u detalje, valja napomenuti da svaki ozbiljniji auto-prevoznik danas ima dispečeraj na bazi gore opisanog rešenja. Tim pre je neprihvatljivo da je mašinovođa odsečen od ostalog sveta, kao da je vreme sa početka korišćenja železnice.

## 6. ZAKLJUČAK

Umesto zaključka, učinimo pojednostavljenu analizu. Pretpostavimo da bi neko „s razlogom uplašen“, železničar „starog kova“, opozvao onu odluku, spomenutu na početku teksta, o jednoposedu na prugama bez sistema zaštite voza. To bi značilo da svaki voz na sporednim prugama mora angažovati još jednog mašinovođu. Optimistička procena mesečnih bruto troškova takvog angažmana, plata, dnevnice i ostalo, na nivou je 1.000 EURA bruto, tj. 12.000 EURA na godišnjem nivou. Troškovi za nabavku EPM se procenjuju na nivou 40.000 EURA po jedinici, u serijskoj proizvodnji. Cena razvoja, sa neophodnim ispitivanjima, obično je 4-5 puta veća od nabavne cene uređaja. Cena razvoja se uobičajeno uračuna u nabavnu cenu jedinice. Troškovi su u ovom trenutku samo procena na osnovu razgovora sa stručnjacima odgovarajućeg profila, mogu da budu nešto manji ili pak nešto veći, što je predmet analize nakon specifikacije uređaja. Cena opremanja svih lokomotiva na sporednim prugama čiji broj ne prelazi 400 jedinica bi bila na nivou 20 miliona evra, sa dobrom rezervom u odnosu na procenjenu cenu. Ova cena su troškovi izgradnje samo 2 km pruga na glavnim pravcima koji se upravo modernizuje, a u cenu nisu uračunati troškovi opremanja lokomotiva ETCS nivo 2 sistemima. Smatram da bi se svaki pravi

domaćin, samo na osnovu finansijskog pokazatelja, opredelio za investiciju u EPM, koja bi mu se isplatila za manje od četiri godine. Sve ostalo što korisnik dobija je gratis: zaštita voza uporediva sa ETCS nivo 1, objedinjavanje budnika, registratora, brzinomera i zaštitnog uređaja, vožnja u režimu „pokretnog bloka“, uočavanje ugrožavajućih prepreka i devastirajućih tendencija na i uz prugu, neuporediva pogodnost pri ugradnji i održavanju. Može li više? Univerzalni uređaj EPM može jer mu optoelektronski uređaj daje jedinstvenu sposobnost da „vidi“ dovoljno daleko ispred sebe u svim uslovima vožnje, što omogućava **da se reši još jedan gorući problem, problem udesa na putnim prelazima, sa najčešće tragičnim posledicama**. Sa EMP na voznom sredstvu, udesi na putnim prelazima, osiguranim ili neosiguranim, svejedno, mogu da se svedu na najmanju moguću meru; desiće se samo ono što se nije moglo izbeći. Da se ne zaboravi i sam povod ovog teksta: EMP omogućava integraciju „nedovoljno opremljenih“ sporednih pruga u sistem upravljanja saobraćajem na najbrži, najjednostavniji i najjeftiniji način.

## LITERATURA:

- [1] Glasnik intelektualne svojine 2020/11 Intellectual Property Gazette 2020/11; P-2019/0601 - 16.05.2019.; POSTUPAK I UNIVERZALNI UREĐAJ ZA BEZBEDNO UPRAVLJANJE ŽELEZNIČKIM VOZILIMA/VOZOVIMA NASTAO KORIŠĆENJEM OPTOELEKTRONSKOG UREĐAJA DAN/NOĆ ZA PREPOZNAVANJE OBJEKATA SA DALJINOMEROM I UREĐAJA ZA GEOGRAFSKO POZICIONIRANJE OBJEKATA NA ZEMLJI; BABIĆ, Milovan, Nedeljka Gvozdenovića 10, 11070 Beograd, RS
- [2] <http://pub.zis.gov.rs/rs-pubserver/pdf-document?PN=RS20190601%20RS%2020190601&iDocId=99438&iepatch=.pdf>
- [3] <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf;jsessionid=8FAA0CA5EAE-378B21A17354FB7AEA310.wapp2nB?docId=WO2020231285&tab=PCTBIBLIO>
- [4] LinkClick.aspx (irse.org) Fundamental Requirements for Train Control Systems, IRSE

MILIVOJE ILIĆ\*, SANJIN MILINKOVIĆ\*\*

# SIMULACIONI MODEL UTICAJA LAGANIH VOŽNJI NA VOZNA VREMENA NA DEONICI VALJEVO-KOSJERIĆ

## SIMULATION MODEL OF RESTRICTED SPEED INFLUENCE ON THE VALJEVO-KOSJERIĆ LINE

UDK: 656.2+656.33.01:517.876.5

### REZIME:

Simulaciono modeliranje predstavlja vrlo efikasan način za analiziranje složenih železničkih problema. Proračun voznih vremena zavisi od parametara trase pruge, ali i od sastava voza, tj. karakteristika vučnih vozila i kola. Problem računanja voznih vremena je značajan zbog njihovog uticaja na planiranje i organizaciju železničkog saobraćaja, kao i na kvalitet železničke usluge. U ovom modelu korišćen je softverski paket Open Track koji je jedan od vodećih softvera kada su u pitanju problemi planiranja i modeliranja železničkih sistema. Merena su vozna vremena za putnički i teretni voz bez i sa uticajem laganih vožnji na posmatranoj deonici Valjevo-Kosjerić. Lagana vožnja predstavlja značajan faktor koji nepovoljno utiče na kvalitet železničkog saobraćaja i kao takva, nepoželjna je. Izvršena je simulacija i analizom dobijenih vremena vožnje, utvrđeno je u kojoj meri lagane vožnje smanjuju kvalitet železničkog saobraćaja, odnosno produžavaju vozna vremena.

**Ključne reči:** simulacija železničkog saobraćaja, vozna vremena, lagana vožnja, Open Track

### SUMMARY:

Simulation modeling is a very efficient way to analyze complex railway problems. Train travel time depends on the railway track parameters train dynamic and traction. The problem of calculating driving times is significant due to their impact on the planning and organization of railway traffic, as well as on the quality of railway service. The Open Track software package, one of the leading software in railway simulation, was used for modelling rail traffic on the selected section. The travel times for passenger and freight trains without and with the influence of restricted speed on the observed section Valjevo-Kosjerić were simulated. Restricted speed is a significant factor with negative influence on the quality of railway traffic and as such is undesirable. The simulation and analysis of the obtained driving times were performed and it was determined to what extent restricted speed reduces the quality of railway traffic, and respectively prolongs driving times.

**Key words:** simulation of railway traffic, driving times, restricted speed, Open Track

\* Milivoje Ilić, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, m.ilic@sf.bg.ac.rs

\*\* Prof. dr Sanjin Milinković, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, s.milinkovic@sf.bg.ac.rs



### 1. UVOD

Odlike koje železnicu izdvajaju u odnosu na konkurentne vidove su:

- visok nivo bezbednosti,
- niski troškovi prevoza,
- veliki kapacitet,
- visok nivo komfora,
- tačnost i pouzdanost,
- velike brzine.

Uzimajući u obzir ove karakteristike, kao i to da je železnica pogodna za uvođenje i implementaciju raznih sistema za automatska upravljanja, moguće je jednostavno modelovati i simulirati određene segmente železničkog sistema. Kod nas već postoje neki radovi koji se bave temom simulacionog modeliranja primenom Open Track-a i to u vezi sa simulacijom kretanja vozova [1,2], kao i analizom reda vožnje [3].

U ovom radu je razmatran uticaj lagane vožnje na vreme vožnje vozova na deonici Valjevo-Kosjerić [4]. Lagana vožnja predstavlja privremeno propisanu brzinu, nižu od najveće dopuštene ili ograničene brzine, usled izvođenja radova ili kvara na nekom delu pruge, koloseka, objekta i sl. Potpuno je jasno da je lagana vožnja nepoželjna na pruži zato što dovodi do drastičnog smanjenja brzine na delu gde postoji i samim tim opadaju pojedini parametri kvaliteta železničke usluge.

### 2. ANALIZA INFRASTRUKTURE I VOZNIH SREDSTAVA

Deonica Valjevo-Kosjerić pripada međunarodnoj pruži Resnik-Bar. Na ovoj deonici se nalazi osam službenih mesta. Pruga je na čitavoj deonici jednokolosečna. Dozvoljeno osovinsko opterećenje je jednako na celokupnoj deonici i iznosi 22,5 tona/osovini.

Službena mesta na ovoj deonici su:

- Valjevo (stanica),
- Valjevski Gradac (ukrznica),
- Leskovice (stajalište),
- Lastra (stanica),
- Samari (ukrznica),
- Drenovački Kik (stajalište),
- Ražana (stanica),
- Kosjerić (stanica).

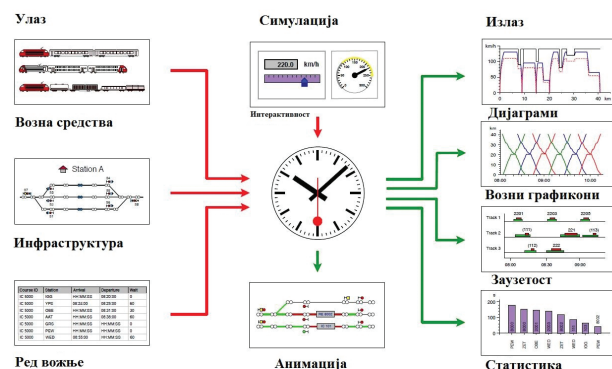
U model su uneti podaci o položaju (stacionaži) svih ulaznih i izlaznih signala, predsignala ulaznih signala, skretnica, izolovanih sastava, kao i dužine koloseka kako u službenim mestima, tako i između njih, na

čitavoj relaciji Valjevo-Kosjerić [5]. Određen je merodavni nagib čitave deonice u oba smera i ti rezultati su posmatrani i korišćeni u modelu. U merodavni nagib su uzeti u obzir otpori uspona i otpori krivina. Otpor od tunela nije u modelu uziman u obzir.

Vozna sredstva koja su korišćena u modelu su Stadler Flirt 413, elektromotorna garnitura koja saobraća na ovoj relaciji kao putnički voz. Za vuču teretnog voza korišćena je lokomotiva 461.

### 3. SIMULACIONI SOFTVER OPEN TRACK

Ovaj softver je nastao kao rezultat istraživačkog projekta na Institutu za transportno planiranje i sisteme saobraćaja Švajcarskog federalnog instituta za tehnologiju sredinom devedesetih godina prošlog veka. Cilj projekta bilo je razvijanje efikasnog i lakog za rukovanje programa za simulaciju, koji bi uz pomoć različitih platformi za izračunavanje rešavao kompleksne zadatke iz domena železničkog saobraćaja. Danas se softver Open Track koristi na železnici, u raznim institutima za železnički saobraćaj i na fakultetima širom sveta. Na slici 1 su prikazani osnovni moduli Open Track-a [6].



Slika 1. Moduli u softveru Open Track

#### 3.1. Podaci o vozim sredstvima

Open Track pruža mogućnost za unos raznovrsnih tehničkih podataka za svaku lokomotivu (unetu u model), uključujući vučni pasoš, njenu masu i dužinu, faktor adhezije, opterećenje i snagu. U datoteci su lokomotive podeljene u takozvane depoe na osnovu svojih osobina. Voz za simulaciju se sastoji od jedne ili više lokomotiva iz depoa i određenog broja kola. Tako definisan voz se može koristiti neograničen broj puta i na različitim trasama jer je prethodno sačuvan u datoteci. Takođe, umesto lokomotive i kola može se koristiti garnitura koja je takođe definisana i sačuvana u datoteci.

### 3.2. Podaci o infrastrukturi

U ovom softveru železnička mreža se predstavlja nizom međusobno povezanih elemenata koji se nazivaju verteksi (Vertex). Korisnik može da grafički menja izgled mreže. U grupu osnovnih elemenata pomoću kojih se može kreirati odgovarajuća železnička mreža spadaju:

- Vertex - pomoću njega se definišu sve karakteristične tačke na pruzi,
- Edge - pomoću njega se povezuju svi verteksi u modelu,
- Connector - služi za povezivanje prekinutih delova trase koji se mogu nalaziti u okviru jednog radnog lista ili više radnih listova,
- Signal - označava mesto gde se nalazi signal u modelu,
- Station - definiše sve stanice u modelu,
- Power Supply - definiše napajanje kontaktne mreže.

Svaki od ovih elemenata ima svoj Inspektor koji bliže određuje svaki element posebno.

### 3.3. Podaci o redu vožnje

Baza podataka o redu vožnje upravlja podacima o željenim vremenima polazaka, minimalnim vremenima bavljenja voza u stanicama, vezama vozova i ostalim podacima od značaja za simulaciju kretanja vozova u Open track-u.

Ulazni podaci za red vožnje nekog voza sastoje se od brojnih podataka koji se unose u bazu podataka o redu vožnje (broj voza, stanica, vreme polaska, vreme dolaska, minimalno vreme bavljenja), kao i od podataka koji se unose u tabelu za veze vozova po stanicama u kojima se one ostvaruju.

### 3.4. Simulacija i animacija

Tokom simulacije, vozovi pokušavaju da poštuju dat red vožnje, ukoliko je on definisan, prolazeći kroz sistem ograničenja koji predstavljaju signali. Diferencijalne jednačine za brzinu i rastojanje su osnove za proračun kretanja vozova. Tokom simulacije, svaki voz skladišti svoju brzinu, ubrzanje, poziciju na mreži, potrošnju energije, kao i neke druge karakteristične podatke koji su dostupni u svakom trenutku. Korisnik može da posmatra simulaciju kroz animaciju, kojom se prikazuje kretanje voza, tako da nakon toga može da analizira dobijene podatke kao što su zauzeti koloseci, vremena vožnje vozova, konfliktne situacije koje se mogu javiti, kašnjenja vozova.

### 3.5. Izlazni podaci

Nakon simulacije, softver nudi izlazne podatke u nekoliko formi kao što su: dijagrami, statistike, zauzeća i grafikoni saobraćaja vozova.

Za deonicu pruge rezultati mogu biti prikazani u formi grafikona saobraćaja vozova za ceo dan ili neki period vremena, zatim zauzetost koloseka u nekoj od stanica, kao i dijagrami profila pruge.

## 4. KREIRANJE I NAČIN RADA MODELA

Na početku rada je neophodno definisati sve koloseke, odnosno celokupnu železničku infrastrukturu. Kreiranje modela započinje na sledeći način:

izborom funkcije Vertex koji se postavljaju na odgovarajuća mesta i povezuju pomoću funkcije Edge. U Inspektoru za Vertex je moguće upisati kilometarski položaj i dodeliti naziv. U Inspektoru za Edge može se definisati dužina odseka, poluprečnik krivine, nagib, postojanje tunela. Takođe, može se definisati brzina kojom se mogu kretati vozovi različitih kategorija, uz mogućnost izbora da ta brzina bude ista ili različita za oba smera kretanja.

Na ovaj način se kreiraju i skretnice u stanicama, pri čemu svaka skretnica mora da ima tri kraka, iz bezbednosnih razloga i kako bi se onemogućilo da voz prelazi preko skretnice u nekom nemogućem smeru kretanja.

Opcija Connector predstavlja vrstu veznog Vertex-a. Pomoću njega je moguće povezivanje delova koloseka zbog kompleksnosti ili preglednosti modela.

Nakon povezivanja svih koloseka, potrebno je postaviti odgovarajuće signale na odgovarajuća mesta u modelu. U model su uneseni predsignali, ulazni i izlazni signali u svakoj stanici, kao i mesta zaustavljanja na dva stajališta. Signal se unosi u model tako što se nakon izbora ikonice za Signal izabere jedna od dve strane Vertex-a, u zavisnosti sa koje strane pruge je postavljen signal, i nakon toga se pojavljuje na radnoj površini. U okviru Inspektora moguće je odabrati jednu od tri vrste signala (ulazni, izlazni, prostorni). Moguće je definisati i tip signala (glavni signal, predsignal, pružna baliza, manevarski signal, itd.). U modelu su korišćeni glavni signali (ulazni, izlazni i predsignali), a na mestima gde postoji lagana vožnja, korišćen je signal za ograničenje brzine.

Nakon unošenja signala u model, a pre unošenja stanica preko opcije Station, potrebno je napraviti bazu stanica i sačuvati je u modelu. Moguće je modifikovati već postojeću bazu u Open Track-u, a moguće je i napraviti novu kao što je urađeno u ovom modelu (slika 2). Stanice se unose u bazu upisivanjem imena stanice, njenog ID-a i tipa službenog mesta (opciono).

Stations

ID	Name	Type	Comp. IC
DKIK	DRENOVACKI KIK staj.	Stajaliste	0
KOS	KOSJERIC	Stanica	0
LAS	LASTRA	Stanica	0
LESK	LESKOVICE staj.	Stajaliste	0
RAZ	RAZANA	Stanica	0
SAM	SAMARI ukr.	Ukrsnica	0
VAGR	VALJEVSKI GRADAC ukr.	Ukrsnica	0
VALJ	VALJEVO	Stanica	0

Total: 8 Stations Search: Next

Update changed ID in Timetable  
 Show Timing Station

Sort by ID Delete Save DB Find New

Slika 2. Baza stanica u modelu

Na sledećim slikama je prikazana infrastruktura u modelu. Na slici 3, model bez lagnih voznji, a slika 4. prikazuje model sa dve lagane voznje u dužini od 600 m i 500 m. Brzina na obe deonice sa laganom vošnjom je 10 km/h.

Neophodno je uneti i tehničke podatke u vezi sa voznim sredstvima u deo koji se naziva Engines.

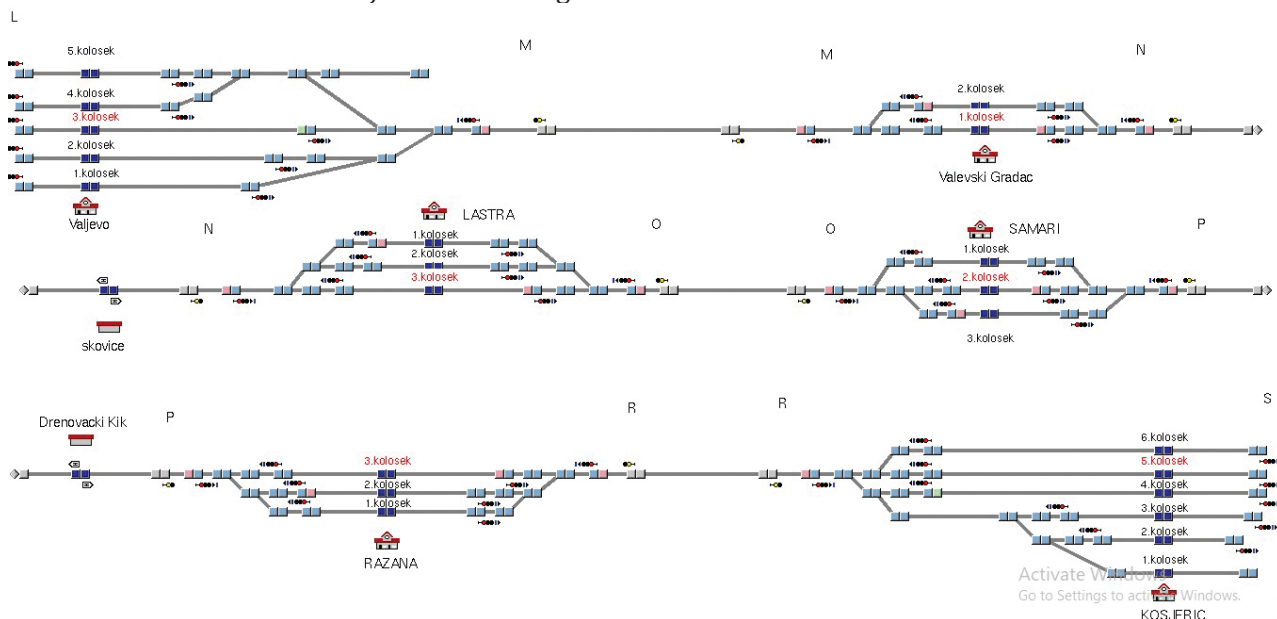
Ovo je moguće uraditi modifikovanjem jedne od već postojećih garnitura u softveru i prepravkom pojedinih vrednosti izvršiti unos podataka za lokomotivu ili garnituru. Moguće je i prepraviti vučne pasoše već ponuđenih garnitura i lokomotiva.

Nakon definisanja garniture i lokomotive, koja se koristi, pristupa se definisanju voza. U simulaciji je mereno vozno vreme jednog putničkog voza maksimalne brzine 80 km/h i jednog teretnog voza maksimalne brzine 50 km/h. Iz ovog razloga je potrebno definisati i kategoriju voza (putnički i teretni).

Posle definisanja vozova koji će se kretati mrežom, potrebno je odrediti po kojim kolosecima će se kretati vozovi. Ovo se postiže određivanjem voznih ruta, pri čemu jedna ruta uvek počinje i završava se pored nekog glavnog signala, što znači da se rute definišu za svaki odsek pruge između dva glavna signala.

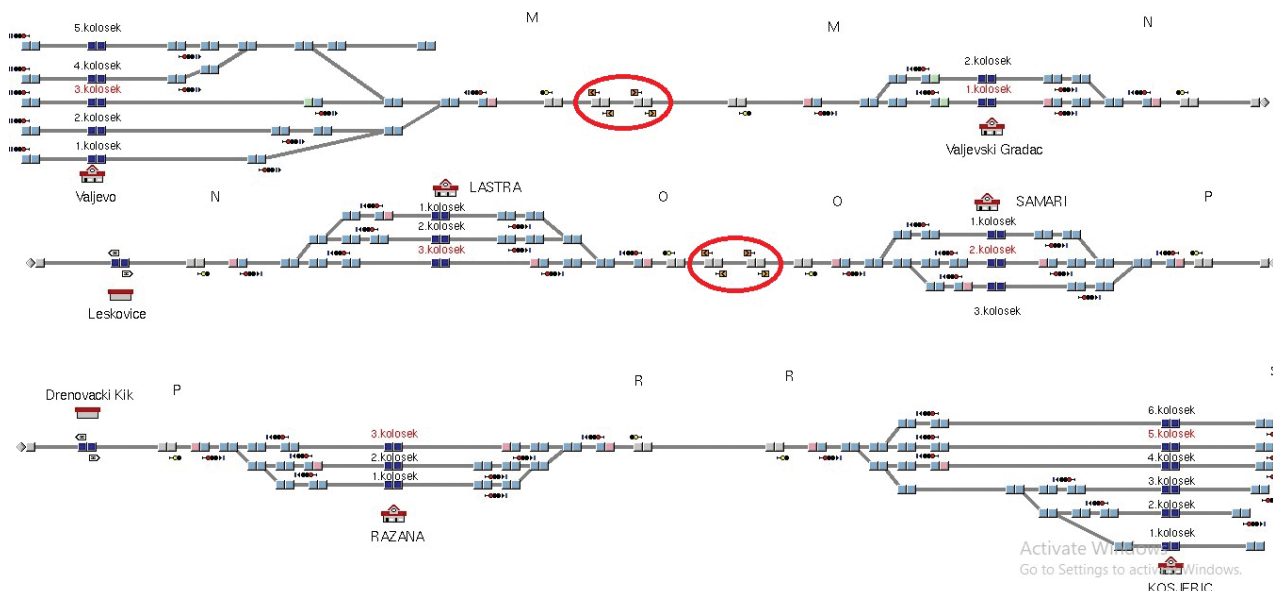
Nakon definisanja rute, potrebno je da se definišu i putanje (Paths). One se sastoje od nekoliko uspešno napravljenih ruta u jednom pravcu kretanja, pri čemu se u okviru jedne putanje može uključiti neograničen broj ruta.

Poslednji i najvažniji deo informacija i podataka o vozovima je maršuta, odnosno itinerer voza. Itinerer se sastoji od nekoliko uspešno povezanih putanja, pri čemu jedna putanja može ujedno biti i jedan itinerer voza.



Slika 3. Model bez uticaja laganih voznji

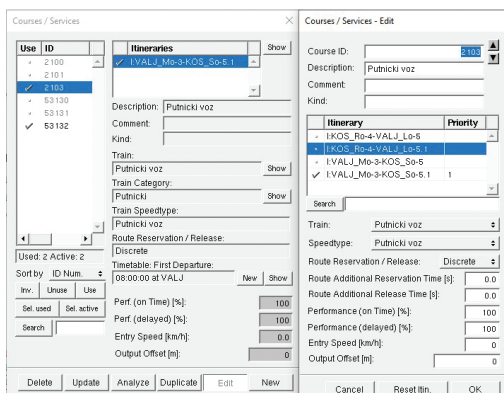
Simulacioni model uticaja laganih vožnji na vozna vremena na deonici Valjevo-Kosjerić



Slika 4. Model sa uticajem dve lagane voznje

Nakon definisanja itinerera, definiše se kurs voza. Kurs sadrži podatke o kretanju vozova na mreži u toku nekog perioda dana. On se sastoji od niza itinerera sa definisanim redovima vožnje. Po pokretanju simulacije, svako zaustavljanje voza i svaki prolazak voza kroz neku od stanica se beleži i poredi sa planiranim vremenima, ukoliko su ta vremena definisana.

Na početku se unosi ID kursa, a nakon toga se daje bliži opis samog kursa. Može da se prikaže i kategorija voza, kao i prikaz polaska iz reda vožnje. Moguće je i za svaki voz odrediti listu itinerera prema prioritetima (slika 5).



Slika 5. Prozor za kurs voza

Nakon definisanja svih kurseva u modelu, oni se zapisuju u bazu podataka i svakom od njih je potrebno dodeliti odgovarajući red vožnje.

Red vožnje se sastoji od vremena polaska, zaustavljanja u međustanicama izraženog u sekundama, od podataka da li će se voz zaustaviti u stanici ili

ne, zatim od oznake kursa, kao i svih stanica koje se nalaze u okviru kursa. Pored ovoga postoji mogućnost čekanja voza na definisanoj lokaciji na dolazak drugog voza. Veze mogu da budu napravljene za vozove koji se zaustavljaju u stanici kao i za vozove koji prolaze stanice bez zaustavljanja. Na slici 6. je prikazan red vožnje za putnički voz 2103 koji polazi iz Valjeva u 08:00 časova. U svakom službenom mestu se zaustavlja i ima bavljenje od jednog minuta.

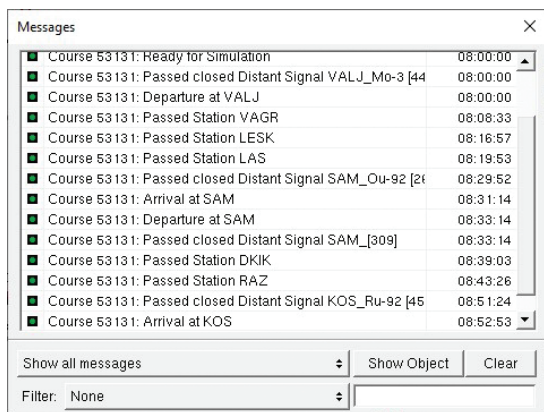
Course ID	Station	Arrival	Departure	Wait	Stop	M. Del.
2103	VALJ	HH:MM:SS	08:00:00	0	0	
2103	VAGR	HH:MM:SS	HH:MM:SS	60	✓	0
2103	LESK	HH:MM:SS	HH:MM:SS	60	✓	0
2103	LAS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	60	✓	0
2103	SAM	HH:MM:SS	HH:MM:SS	60	✓	0
2103	DKIK	HH:MM:SS	HH:MM:SS	60	✓	0
2103	RAZ	HH:MM:SS	HH:MM:SS	60	✓	0
2103	KOS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	0	✓	0

Slika 6. Red vožnje za voz 2103

### 5. SIMULACIJA MODELA I ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

U meniju za simulacije moguće je izabrati vremenski interval trajanja simulacije, koji je u ovom modelu

dva sata zbog demo verzije softvera. Može da se odredi vremenski korak u sekundama na osnovu koga se određuje brzina animacije. Takođe, moguće je u animaciji označiti vidljivost broja voza (njegovog ID-a). Još jedna od opcija je prozor na kome se ispisuju poruke u toku trajanja simulacije sa radnjama koje se dešavaju u simulaciji (slika 7).



Slika 7. Prikaz prozora sa porukama za voz 53131

Sa slike se može uočiti tačno vreme kada voz prolazi ili se zaustavlja u određenoj stanici ili ispred signala, kao i ukupno vreme vožnje voza.

Cilj ovog rada je da se uporede vozna vremena u uslovima bez laganih voznji na deonici i u uslovima sa laganim voznjama na deonici.

Lagana voznja je privremeno propisana brzina niža od najveće dopuštene ili ograničene brzine, koja se uvodi zbog izvođenja radova ili kvara na nekom delu pruge, koloseku, objektu, postrojenju i sl.

Kako je i ranije pomenuto, u rad su uvedene dve lagane voznje u dužini od 600 m na međustaničnom rastojanju Valjevo-Valjevski Gradac i od 500 m na međustaničnom rastojanju Lastra-Samari.

Analizirana su vozna vremena putničkog i teretnog voza. Oba voza su se kretala kroz glavne prolazne koloseke. Putnički voz se zaustavljao u svakoj stanici, ukrsnici i stajalištu i imao bavljenje od jednog minuta. Teretni voz se zaustavljao u ukrsnici Samari i imao bavljenje od dva minuta.

Na sledećim dijagramima je prikazano vreme vožnje putničkog i teretnog voza bez i sa uticajem laganih voznji (slika 8 i slika 9). Maksimalna brzina putničkog voza je 80 km/h, a teretnog 50 km/h. Na deonicama gde je uvedena lagana voznja, brzina je ograničena na 10 km/h za obe kategorije vozova.



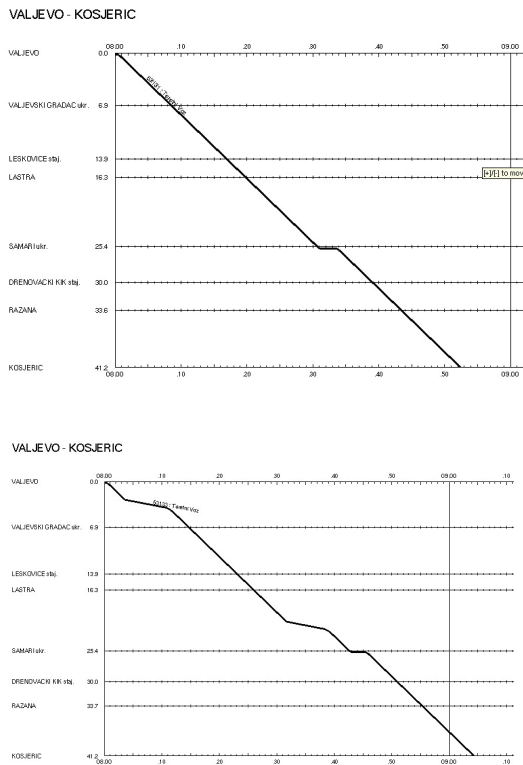
Slika 8. Vreme vožnje vozova bez uticaja laganih voznji



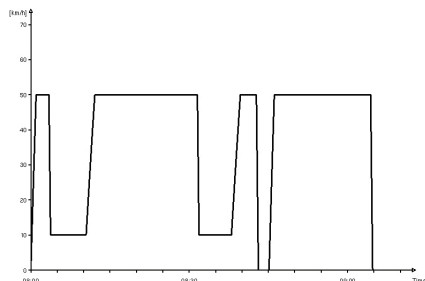
Slika 9. Vreme vožnje vozova sa uticajem laganih voznji

Sa slika 8. i 9. jasno se može uočiti da pri postojanju laganih voznji se značajno produžava vreme vožnje vozova i to putničkog voza za sedam minuta, a teretnog voza za 12 min. Vreme vožnje vozova preko deonica na kojima je uvedena lagana voznja iznosi, za obe kategorije vozova, 6,6 min. Na deonici dužine 600 m, vreme vožnje je 3,6 min; a na deonici dužine 500 m, vreme vožnje je 3 min. Takođe, vreme potrebno za usporeenje teretnog voza sa 50 km/h na 10 km/h iznosi 18,6 sec. Vreme za ponovno postizanje maksimalne brzine teretnog voza, sa ubrzanjem od 1 m/s<sup>2</sup>, iznosi 11,1 sec. Putnički voz usporava, sa 80 km/h na 10 km/h, 32,5 sec. Vreme za ponovno dostizanje maksimalne brzine putničkog voza, sa ubrzanjem od 1,2 m/s<sup>2</sup>, iznosi 16,2 sec. Vrednost usporenja za obe kategorije vozova je jednaka i iznosi -0,6 m/s<sup>2</sup>. Procentualno gledano, povećanje vremena vožnje iznosi 17,5 % za putnički voz, a 23 % za teretni voz. Ova razlika se može jasno uočiti i na grafikonu reda vožnje koji se automatski izrađuje u toku simulacije (slika 10).

Pored grafikona reda vožnje, kao izlazni podaci mogu se prikazati i različiti dijagrami kao što su: dijagram put-vreme, brzina-put, brzina-vreme (slika 11), ubrzanje-put, ubrzanje-vreme i dr.



Slika 10. Grafikon reda vožnje teretnog voza bez uticaja laganih voznji (gore) i sa uticajem laganih voznji (dole)



Slika 11. Dijagram brzina-vreme za teretni voz sa uticajem laganih voznji

## 6. ZAKLJUČAK

Deonica između Valjeva i Kosjerića se nalazi na međunarodnoj pruzi Beograd-Bar, koja povezuje srpsku prestonicu i najbližu luku na Jadranskom moru. Svojim položajem ova pruga je jako značajna sa aspekta teretnog, a i putničkog saobraćaja. Posmatrana deonica je neznatno duža od 40 km i prolazi kroz težak brdoviti teren. Na deonici postoji veliki broj krivina različitih poluprečnika, veliki broj tunela, kao i mostova.

Na ovoj deonici se skoro pa redovno uvode lagane vožnje, najčešće zbog karakteristika samog terena

kroz koji prolazi pruga. Neretko upravo te lagane vožnje kasnije prelaze u ograničene brzine. Česti su odroni, a i pruga je stara više od 40 godina i s vremenom se sve više troši. Veća rekonstrukcija ove deonice nije izvršena od njenog otvaranja 1972. godine.

Pomoću softvera Open Track je urađena simulacija voznih vremena putničkog i teretnog voza na posmatranoj deonici, sa i bez uticaja laganih voznji. Dobijeni rezultati jasno pokazuju da se vremena vožnje značajno produžavaju pri uticaju laganih voznji, što je i bio cilj ovog rada.

Model je urađen tako da se može još nadograditi unošenjem nekih dodatnih podataka i parametara, kako bi se dobili još precizniji i tačniji rezultati. Kroz model je prikazano da se pomoću simulacionog modeliranja mogu vrlo jednostavno prikazati i rešavati problemi izračunavanja voznih vremena u uslovima pojedinih ograničenja (lagana vožnja). Takođe, u modelu se mogu napraviti određene izmene preko kojih se dobija novi model koji može biti vrlo pogodan za neku dalju uporednu analizu.

## LITERATURA

- [1] Milutinović V. Mira: "Simulacija kretanja vozova na relaciji Resnik-Valjevo primenom softverskog paketa Open Track", završni rad, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2017.
- [2] Milutinović M, Milinković S, Vesković S: "Simulacija kretanja vozova u slučaju izgradnje dvokolosečne pruge na relaciji Resnik-Valjevo", Železnice, vol. 63, br. 2, str. 69-77, 2018.
- [3] Vuković M, Milinković S, Vesković S: "Korišćenje simulacionog modela Open Track za analizu planiranog reda vožnje i za konstrukciju trasa reda vožnje", Železnice, vol. 63, br. 1, str. 27-42, 2018.
- [4] Ilić M. Milivoje: "Simulacioni model za analizu uticaja laganih voznji na vreme vožnje vozova na relaciji Valjevo-Kosjerić", završni rad, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2020.
- [5] Poslovni red stanica koje se nalaze na pruzi Valjevo – Kosjerić
- [6] Huerlimann D, Nash A: "Open Track Simulation of railway network Version 1.9.", Institute for Transport Planning and Systems, Zurich, 2019.

# REGRUTOVANJE I SELEKCIJA KANDIDATA, ANALIZA PRAKSI SRPSKIH KOMPA NIJA I ISKUSTVA KANDIDATA

## RECRUITMENT AND SELECTION OF CANDIDATES, PRACTICE OF SERBIAN COMPANIES AND EXPERIENCES OF CANDIDATES

UDK: 658+658.8

### REZIME:

---

Regrutovanje i selekcija imaju izuzetno veliki značaj u poslovanju savremenih organizacija. Ljudski resursi, do kojih kompanije dolaze sprovođenjem procesa regrutovanja i selekcije, predstavljaju jedan od najznačajnijih izvora konkurentskih prednosti u savremenim uslovima poslovanja. Adekvatno sprovedeno regrutovanje i selekcija predstavljaju osnovne preduslove koje kompanije moraju ispuniti ukoliko žele da njihovi zaposleni postanu izvori konkurentskih prednosti u njihovom poslovanju. Cilj rada "Regrutovanje i selekcija kandidata, analiza praksi srpskih kompanija i iskustava kandidata" ogleda se u ukazivanju na najznačajnije elemente koji utiču na uspešnu selekciju i regrutovanje kandidata i na ukazivanje na praksu koja se u ovoj oblasti primenjuje u srpskim kompanijama. U radu su sprovedene i dve ankete, čiji je cilj da prikažu iskustva kandidata tokom procesa regrutovanja i selekcije i na stavove koji osobe koje zapošljavaju imaju prema ovim segmentima upravljanja ljudskim resursima.

**Ključne reči:** ljudski resursi, menadžment ljudskih resursa, regrutovanje, selekcija

---

### SUMMARY:

---

Recruitment and selection are extremely important in the business of modern organizations. Human resources, which companies obtain through the process of recruitment and selection, represent one of the most significant sources of competitive advantage in modern business conditions. Adequately conducted recruitment and selection are basic prerequisites that companies must meet if they want their employees to become sources of competitive advantage in their business. The aim of the paper "Recruitment and selection of candidates, analysis of practices of Serbian companies and experiences of candidates" is reflected in pointing out the most important elements that affect the successful selection and recruitment of candidates and pointing out the practice applied in this field in Serbian companies. The paper also conducted two surveys, the aim of which is to present the experiences of candidates during the recruitment and selection process and the attitudes that employers have towards these segments of human resource management.

**Key words:** human resources, human resource management, recruitment, selection

---

---

\* Aleksandra Todosić, Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije, Beograd, Savski nasip 7, aleksandra12815@its.edu.rs

## 1. UVOD

Regrutovanje i selekcija kandidata, u savremenim uslovima poslovanja, predstavljaju jedan od najznačajnijih elemenata upravljanja ljudskim resursima u kompanijama, kao i jedan od najvažnijih izvora njihovih konkurentskih prednosti. U radu je obavljeno istraživanje praksi koje u oblasti regrutovanja i selekcije kandidata koriste srpske kompanije, kao i analiza iskustava koje su kandidati imali tokom procesa regrutovanja i selekcije. Rad je podeljen u ukupno šest poglavlja.

Zaposleni spadaju u najznačajnije faktore konkurentskih prednosti i u najbitnije resurse kojima raspolažu sve savremene kompanije. Većina organizacija u svojim izjavama o vrednostima posebno ističe ljudske resurse za koje se smatraju da spadaju u najznačajnije elemente poslovanja. Zaposleni u savremenim kompanijama ne predstavljaju "radnu snagu, oni predstavljaju kapital koji je produktivan i koji kompanijama kreira dodatnu vrednost" (Draker, 2005). Kompanije su uspešne onoliko koliko su uspešni i kvalitetni koji u njima rade.

Pojmom regrutovanja kandidata se obuhvata proces koji se sastoji od pronalaženja, privlačenja i obezbeđivanja osoba koje su svojim znanjima i veštinama potrebne kompanijama (Bogićević-Milikić, 2015). Da bi regrutovanje kandidata bilo obavljeno na odgovarajući način neophodno je kreirati bazu kandidata, koja kompaniji omogućava da na najbolji mogući način odabere osobu koja će u najvećoj meri zadovoljiti zahteve poslova na radnom mestu koje je upražnjeno i za koju se procenjuje da će ostvariti najbolje rezultate.

Rad donosi istraživanja stavova dve grupe ispitanika – predstavnika preduzeća kao i kandidata o iskustvima sa procesima regrutovanja i selekcije u srpskim preduzećima, a zaključci dobijeni na osnovu ovih istraživanja predstavljaju doprinos samog rada.

## 2. REGRUTOVANJE KANDIDATA

Regrutovanje je proces usko povezan sa ostalim aktivnostima menadžmenta ljudskih resursa u kompaniji. Veza između regrutovanja i ostalih aktivnosti upravljanja ljudskim resursima u kompaniji je prikazana na slici 1. Veoma je značajno da sve aktivnosti, koje se sprovode u okvirima regrutovanja, budu usklađene sa ostalim delovima menadžmenta ljudskih resursa da bi se prilikom regrutovanja u obzir uzeli svi elementi koji su značajni za proces izbora kandidata.

### 2.1. Osnovni elementi procesa regrutovanja

Upravljanje ljudskim resursima omogućava da se potrebe kompanija za zaposlenima zadovoljavaju iz dve grupe izvora, internih i eksternih. Poželjno je da kompanije upražnjena radna mesta prvo pokušaju da popune interno, unapređenjem zaposlenih i ulaganjem napora u pravcu razvoja njihovih znanja i veština, kako bi oni mogli da na odgovarajući način zadovolje zahteve novog radnog mesta. U situacijama kada nije moguće interno popuniti upražnjeno radno mesto kompanije koriste eksterne izvore ljudskih resursa, kojima se pristupa uz pomoć procesa regrutovanja kandidata za koje se smatra da bi mogli na odgovarajući način da zadovolje zahteve radnog mesta.

Regrutovanje, kao oblik popunjavanja upražnjenih radnih mesta iz eksternih izvora, najčešće se koristi u situacijama kada kompanija povećava obim svog poslovanja i ima potrebu za zapošljavanjem novih radnika. Kompleksnost regrutovanja, njegovo dugo trajanje i viši nivoi rizika zapošljavanja neadekvatne osobe stavljaju pred kompanije obavezu da pokušaju prvo da zadovolje potrebu za zaposlenim iz internih izvora.

Nakon identifikovanja upražnjenog radnog mesta koje se ne može popuniti iz internih izvora kompanije otpočinju sa procesom regrutovanja. Prvu fazu procesa regrutovanja predstavlja donošenje odluke o popunjavanju slobodnog radnog mesta i definisanju zahteva koje osoba mora ispuniti da bi mogla biti zaposlena. Pored formalnih uslova, koji su definisani zakonom i kojih se kompanije moraju pridržavati, definišu se i interni uslovi koje kandidat mora ispuniti, a koji se odnose na efikasnost njegovog rada (Griffin, 2013).

Nakon definisanja zahteva koje mora ispuniti osoba koja će biti zaposlena na upražnjenom radnom mestu otpočinje proces traženja kandidata za koje se procenjuje da bi na odgovarajući način mogli da ispune zahteve radnog mesta. Tokom ovog procesa se paralelno obavlja i analiza potencijalnih izvora koji bi mogli biti korišćeni prilikom potrage za kandidatima. Kompleksnost procesa potrage za kandidatima i vreme njegovog trajanja veoma zavisi i od opisa poslova za koje se kandidati traže. Proces potrage za kandidatima je značajno kompleksniji i dugotrajniji u slučaju radnih mesta koja karakterišu visoki nivoi kompleksnosti zahteva koje kandidat mora ispuniti i za koja je na tržištima rada veća potražnja od broja raspoloživih kandidata.

Pored njegove kompleksnosti, regrutovanje karakterišu i visoki troškovi, posebno u situacijama kada



se traže kandidati za radna mesta koja zahtevaju specifična znanja i veštine, kao i za radna mesta koja su visoko pozicionirana u organizacionoj hijerarhiji. Pored direktnih troškova koji nastaju kao posledica regrutovanja i selekcije kandidata, kompanije se mogu suočiti i sa značajnim indirektnim troškovima koji mogu predstavljati posledicu izbora pogrešnih kandidata (Lussier, Hendon, 2018).

Značajan element procesa regrutovanja kandidata predstavlja njihov broj, koji mora biti značajno veći od broja slobodnih radnih mesta. Uspešnost aktivnosti koje se sprovode tokom regrutovanja direktno utiču na uspešnost i kvalitet selekcije. U situacijama kada kompanija regrutovanjem nije uspela da dođe do kvalitetnih kandidata, veoma je mala verovatnoća da će proces selekcije biti uspešno realizovan, zato što tokom njega neće biti dostupni kandidati koji zadovoljavaju zahteve radnog mesta.

Jedna od osnovnih karakteristika procesa regrutovanja, koja se u praksi upravljanja ljudskim resursima savremenih kompanija često ignoriše ili joj se ne pruža adekvatna pažnja, ogleda se u činjenici da regrutovanje predstavlja dvosmeran proces (Petković, 2005). Prilikom regrutovanja uključene su dve strane, kompanija koja želi da zaposli osobu na radnom mestu koje je upražnjeno i kandidat koji želi da se zaposli u kompaniji, odnosno da bude izabran tokom procesa selekcije. Veoma je značajno da se prilikom regrutovanja i selekcije kandidata akcenat stavi i na njihova očekivanja, koja kompanija mora ispuniti.

Efikasno regrutovanje kandidata je moguće samo kada se poštuju osnovni postulati na kojima se ono zasniva (Griffin, 2013). Osnovni preduslov da bi se proces regrutovanja adekvatno obavio i da bi doveo do ostvarenja željenih ciljeva, predstavlja njegovo detaljno planiranje. Regrutovanje predstavlja dvosmerni proces, zbog čega se prilikom njegovog planiranja i realizacije, pored interesa kompanije, u obzir moraju uzeti i interesi kandidata. Veoma je značajno da sve aktivnosti u okviru regrutovanja obavljaju osobe koje raspolazu adekvatnim znanjima i iskustvima iz ove oblasti i koje su upoznate sa zahtevima koje kandidati za određeno radno mesto moraju ispunjavati.

Čest problem prilikom uvođenja novih zaposlenih u posao predstavlja situacija u kojoj oni nisu zadovoljni uslovima rada u novoj kompaniji, koja je u najvećem broju slučajeva posledica neobjektivnog prezentovanja kompanije i uslova koje će kandidati imati u njoj tokom procesa regrutovanja i selekcije kandidata. Kompanija i radno mesto na kom će zaposleni raditi uvek moraju

biti objektivno i realno prikazani, kako bi se izbegla mogućnost nezadovoljstva ili fluktuacije kandidata nakon njihovog zaposlenja. U situacijama kada se kandidati na realan i objektivan način upoznaju sa stanjem u kompaniji i uslovima rada na radnom mestu koje je upražnjeno, mogućnost nastanka njihovog nezadovoljstva i konflikata se svode na najmanji mogući nivo.

## 2.2. Strateški elementi regrutovanja kandidata

Svi elementi na kojima se zasnivaju aktivnosti koje se sprovode tokom regrutovanja kandidata i njihove selekcije, moraju biti u potpunosti usklađeni sa strategijom kompanije i svim najznačajnijim elementima koji su definisani u okvirima njenih poslovnih politika. Značaj poslovne politike prilikom regrutovanja kandidata predstavlja posledicu činjenice da je ona zasnovana na misiji kompanije i njenoj strategiji, koje predstavljaju osnovne elemente na kojima se zasnivaju planovi kompanije (Lussier, Hendon, 2018). Najznačajniji segment poslovne politike kompanije, posmatrano iz perspektive regrutovanja, predstavlja deo sa menadžmentom ljudskih resursa i njihovim zapošljavanjem.

U okviru politike zapošljavanja se definišu svi najznačajniji elementi koji se odnose na profil osoba koje rade u kompaniji, čime ona direktno utiče i na izbor kandidata koji će biti zaposleni, koji moraju biti sposobni da se uklope sa kolegama koje već rade. Značajan element politike ljudskih resursa, koji utiče na regrutovanje, jeste i način popunjavanja radnih mesta. Akcenat u politici na kojoj se zasniva regrutovanje može biti stavljen na razvoj zaposlenih i njihovo unapređenje u okvirima organizacione strukture kompanije ili na pribavljanje zaposlenih iz eksternih izvora.

Politika upravljanja ljudskim resursima predstavlja osnovu procesa regrutovanja kandidata u kompanijama, s obzirom na to da se u okvirima nje definišu svi najznačajniji kriterijumi koji se koriste prilikom procesa selekcije. Ukoliko tokom regrutovanja nisu prikupljeni kandidati koji svojim karakteristikama ličnosti, znanjima, veštinama i ponašanjem ispunjavaju zahteve definisane u politici ljudskih resursa, proces selekcije kandidata će biti u značajnoj meri otežan zbog nedostatka adekvatnih osoba.

## 2.3. Ciljevi koji se žele ostvariti regrutovanjem kandidata

Regrutovanje predstavlja proces koji je direktno povezan sa analizom i planiranjem posla, u okviru kojih se definišu elementi koji predstavljaju ulazne

elemente procesa regrutovanja. Cilj regrutovanja je da, na osnovu potreba koje su identifikovane tokom planiranja i analize posla, obezbedi pribavljanje kandidata za koje se procenjuje da mogu na adekvatan način zadovoljiti zahteve slobodnih radnih mesta.

U zavisnosti od izvora iz kog se regrutovanje obavlja njegovi ciljevi mogu biti dvojac. Ukoliko se regrutovanje obavlja iz internih izvora, cilj je da se među zaposlenima odabere osoba koja će biti raspoređena na upražnjeno radno mesto, za koju se procenjuje da će najbolje odgovoriti njegovim zahtevima. U slučaju korišćenja eksternih izvora kandidata cilj regrutovanja je da obezbedi kandidate koji zadovoljavaju zahteve radnog mesta, koji će predstavljati adekvatnu osnovu za sprovođenje procesa selekcije kandidata.

Kao osnovni ciljevi koje kompanije trebaju da realizuju tokom procesa regrutovanja kandidata mogu se izdvojiti (Lussier, Hendon, 2018):

- definisanje potreba za ljudskim resursima, koje je zasnovano na rezultatima analize poslova koji se obavljaju u kompaniji i na njenoj politici upravljanja ljudskim resursima,
- privlačenje maksimalnog mogućeg broja kandidata koji ispunjavaju zahteve upražnjenog radnog mesta, uz najmanje moguće troškove,
- smanjenje verovatnoće izbora kandidata koji neće zadovoljiti zahteve radnog mesta, koji nastaje tokom selekcije, često kao posledica izbora neadekvatnih kandidata,
- obezbeđivanje optimalnog broja kandidata koji zadovoljavaju zahteve radnog mesta,
- smanjenje nivoa fluktuacije novih zaposlenih koji su u bližoj prošlosti prošli kroz procese regrutovanja i selekcije i
- praćenje efikasnosti različitih izvora za prikupljanje kandidata i aktivnosti koje se sprovode tokom regrutovanja, kako bi se identifikovali najkvalitetniji izvori i najbolji programi.

#### 2.4. Interni izvori regrutovanja kandidata

Kompanije prilikom regrutovanja kandidata mogu koristiti veliki broj različitih izvora, koji se svi mogu razvrstati u jednu od dve osnovne kategorije, u interne ili eksterne izvore (Petković, 2005). Interne izvore regrutacije kandidata za upražnjena radna mesta čine kandidati koji su već zaposleni u organizaciji. Eksterne izvore kandidata predstavljaju svi oni izvori koji se nalaze izvan kompanije, odnosno na tržištu radne snage. Obe navedene vrste izvora regrutovanja kandidata imaju svoje prednosti i nedostatke, pri čemu na izbor izvora koji će biti korišćen utiče veliki broj različitih faktora.

Osnovni elementi koji utiču na izbor izvora koji će biti korišćen prilikom regrutovanja kandidata su ljudski resursi kojima kompanija raspolaže, ponuda kandidata na tržištu rada i procena menadžmenta kompanije u vezi sa kandidatima koji su raspoloživi u pojedinim izvorima. Najveći broj kompanija prilikom regrutovanja kandidata koristi obe vrste izvora, pri čemu se odluka o izvoru koji će biti korišćen donosi na osnovu procene konkretne situacije za svako od radnih mesta.

U interne izvore regrutovanja se svrstavaju svi izvori koji potiču iz same kompanije i njihova primena se zasniva na pronalaženju odgovarajućih kandidata za popunu upražnjenih mesta među osobama koje su zaposlene na različitim pozicijama u kompaniji (Lussier, Hendon, 2018). U modernim poslovnim okruženjima najveći broj kompanija tokom regrutovanja kandidata prvo pokušava da pronađe osobe koje potiču iz kompanije.

Osnovni cilj internog regrutovanja kandidata se ogleda u pružanju mogućnosti za napredovanje i razvoj karijera osobama unutar kompanije. Stavljajući akcenta na korišćenje internih izvora prilikom regrutovanja se u praksi pokazalo kao veoma efikasan način motivacije zaposlenih, koji su često spremni da ulože dodatne napore u situacijama kada procene da će na taj način moći da realizuju svoje ciljeve koji se odnose na lični razvoj i unapređenje karijera.

Interne izvore regrutovanja karakterišu određene prednosti i nedostaci, na čiji intenzitet i uticaj utiču brojni faktori povezani sa svakom konkretnom situacijom u kojoj se sprovodi regrutovanje kandidata. Kao najznačajnije prednosti korišćenja internih izvora regrutovanja kandidata mogu se izdvojiti (Boxall, Purgcell, Wright, 2010):

- viši nivoi pouzdanosti odluke o izboru kandidata, koji su posledica činjenice da je kompanija već upoznata sa njihovim radom,
- visok nivo upoznatosti kompanije sa kandidatom, njegovim znanjima, veštinama, odnosom prema poslu i prema kolegama,
- visok nivo upoznatosti kandidata sa kompanijom i načinima njenog funkcionisanja,
- korišćenje internih izvora prilikom regrutovanja pozitivno utiče na motivaciju zaposlenih,
- stvaranje preduslova za lični razvoj zaposlenih i omogućavanje ovladavanja novim znanjima i veštinama, čime se povećava vrednost intelektualnog kapitala kompanije i osnažuju se njeni zaposleni,
- stvaranje među zaposlenima osećaj da su oni značajni za kompaniju i da ona brine o njima i
- niži troškovi procesa regrutovanja i selekcije i njihovo kraće trajanje.

Kao najznačajniji nedostaci korišćenja internih izvora prilikom regrutovanja kandidata izdvajaju se (Boxall, Purgcell, Wright, 2010):

- ograničena mogućnost izbora kandidata, zato što su kompanije ograničene isključivo na kandidate koji rade u njima,
- zatvorenost kompanija za nove ideje i svežu energiju osoba koje se zapošljavaju u njima, koja može značajno negativno uticati na poslovanje ukoliko su one tokom dužeg perioda ograničene isključivo na korišćenje internih resursa,
- zaposleni koji prolaze kroz procese regrutovanja i selekcije odsustvuju sa posla, čime se smanjuje produktivnost rada ovih osoba i mogu se stvoriti problemi u drugim delovima organizacije i
- radna mesta na kojima su osobe koje su unapređene radile ostaju upražnjena, čime se ukazuje potreba za sprovođenjem dodatnih aktivnosti regrutovanja i selektovanja kandidata.

Brojne su kompanije internih izvora regrutovanja, čiji izbor zavisi od organizacije njihovog poslovanja i različitih faktora povezanih sa regrutovanjem. Najčešće korišćeni oblici internog regrutovanja kandidata su (Lussier, Hendon, 2018):

- interno oglašavanje upražnjenih radnih mesta,
- korišćenje preporuka i predloga organizacione celine kompanije koja je zadužena za upravljanje ljudskim resursima i
- prikupljanje preporuka menadžera koji su nadređeni zaposlenima.

## 2.5. Eksterni izvori regrutovanja kandidata

Eksterni izvori regrutovanja predstavljaju sve one izvore koji se nalaze izvan kompanije, iz kojih ona pokušava da prikupi kandidate za proces regrutovanja za popunu upražnjenog radnog mesta (Ivancevich, 2007). Prilikom korišćenja eksternih izvora regrutovanja kompanije svoje aktivnosti usmeravaju ka dvema kategorijama kandidata, ka osobama koje su nezaposlene i ka zaposlenim osobama, ali žele da promene radno mesto, zbog nezadovoljstva uslovima rada na postojećem ili zbog znatno boljih uslova koje im je kompanija ponudila, u poređenju sa uslovima koje imaju kod postojećeg poslodavca.

Proces regrutovanja eksternih kandidata je znatno kompleksniji, dugotrajniji i skuplji u odnosu na korišćenje internih izvora regrutovanja (Noe, Hollenbeck, Gerhart, Wright, 2007). Kompanije su u velikom broju slučajeva primorane da koriste eksterne izvore regrutovanja kandidata zbog činjenice da među osobama koje su u njima zaposlene ne postoje kandidati koji bi na adekvatan način

mogli da zadovolje zahteve upražnjenog radnog mesta. Korišćenje eksternih izvora regrutovanja kandidata se u određenim slučajevima kombinuje sa internim izvorima. Ovakav pristup je najčešće slučaj kod poslova koji su strateški značajni za kompaniju, zbog čega se akcenat stavlja na pronalaženje najboljih mogućih kandidata korišćenjem svih raspoloživih izvora.

Korišćenje eksternih izvora regrutovanja kandidata ima određene prednosti i nedostatke, koji zavise od konkretne situacije, karakteristika upražnjenog radnog mesta i kompanije. Kao najvažnije prednosti koje predstavljaju posledicu korišćenja eksternih izvora regrutovanja kandidata mogu se izdvojiti (Ivancevich, 2007):

- otvaranje kompanije prema kandidatima na tržištu rada, čime se povećava ponuda potencijalnih kandidata koji mogu na kvalitetan način zadovoljiti zahteve upražnjenog radnog mesta,
- činjenica da je kompaniji na raspolaganju veći broj kandidata povećava mogućnost izbora i pronalaženja kandidata koji na najbolji način mogu zadovoljiti zahteve radnog mesta koje je upražnjeno,
- ulazak novih zaposlenih u kompaniju, koji donose nove ideje, poglede na poslovanje i svežu energiju,
- broj kandidata koji su se prijavili može ukazati na imidž koji kompanija ima u okruženju u kom posluje i na tržištu rada,
- komunikacija sa eksternim kandidatima predstavlja veoma dobar izvor podataka u vezi sa poslovanjem konkurentskih kompanija i
- eliminisanje potrebe za popunjavanjem radnog mesta sa kog je interno unapređeni kandidat došao na upražnjeno radno mesto.”

Kao najvažniji nedostaci korišćenja regrutovanja kandidata iz eksternih izvora u poređenju sa internom izdvajaju se (Boxall, Purgcell, Wright, 2010):

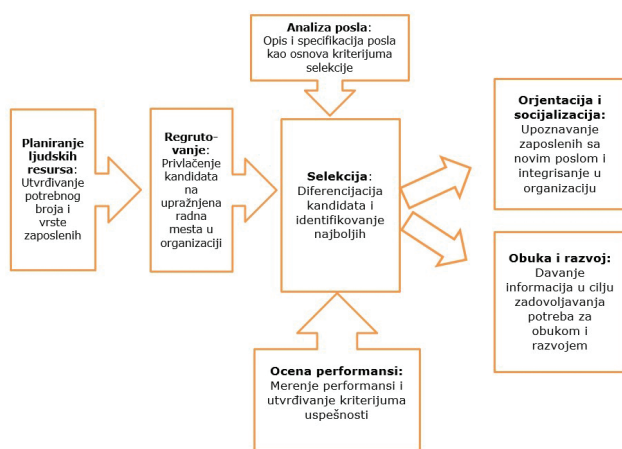
- troškovi korišćenja eksternih izvora regrutovanja su, po pravilu, značajno veći od troškova koji nastaju upotrebom internih izvora,
- povećanje neizvesnosti u vezi sa efektima koji će biti ostvareni regrutovanjem i selekcijom kandidata, koja predstavlja posledicu činjenice da je kompanija u manjoj meri upoznata sa kvalifikacijama, sposobnostima i osobinama ličnosti eksternih kandidata, nego prilikom internog regrutovanja i
- procesi regrutovanja i izbora kandidata traju duže u odnosu na korišćenje internih izvora regrutovanja kandidata.

Kao najčešće korišćeni eksterni izvori regrutovanja kandidata izdvajaju se (Noe, Hollenbeck, Gerhart, Wright, 2007):

- eksterno oglašavanje upražnjenih radnih mesta,
- oglašavanje putem interneta,
- korišćenje usluga specijalizovanih agencija,
- saradnja sa obrazovnim institucijama,
- preporuke zaposlenih i
- direktne prijave zainteresovanih kandidata.

### 3. SELEKCIJA KANDIDATA

Selekcija kandidata predstavlja proces tokom kog se, među kandidatima koji su poslali prijave za slobodno radno mesto, vrši izbor kandidata za kog se procenjuje da može na najbolji način da zadovolji zahteve radnog mesta i da ostvari najbolje rezultate (Ristić, 2012). Proces selekcije je uvek zasnovan na korišćenju standardnih, unapred definisanih tehnika, pravila i metoda, koje imaju zadatak da obezbede izbor kandidata koji, u skladu sa definisanim kriterijumima, predstavlja najboljeg među osobama koje su se prijavile na konkurs. Odnos selekcije kandidata prema ostalim funkcijama menadžmenta ljudskih resursa je prikazan na slici 1.



Slika 1: Odnos selekcije kandidata prema ostalim funkcijama menadžmenta ljudskih resursa (Ristić, 2012)

#### 3.1. Osnovne karakteristike selekcije kandidata

Izbor najboljih kandidata, koji znanjem, sposobnostima, kvalitetima i ambicijama odgovaraju zahtevima i potrebama kompanije, spada među bazične elemente menadžmenta ljudskih resursa u modernom poslovanju. Značaj selekcije ogleda se u tome što svi ostali elementi poslovanja kompanije i upravljanja njenim ljudskim resursima direktno zavise od rezultata selekcije, odnosno od rada osoba koje su tokom selekcije odabrane da rade u kompaniji. Selekcija predstavlja kompleksnu aktivnost, čije

sprovođenje treba da obezbedi ostvarivanje sledećih ciljeva (Noe, Hollenbeck, Gerhart, Wright, 2007):

- izbor kandidata koji će svojim znanjima, veštinama, odnosom prema radu i motivacijom obezbediti maksimalne moguće pozitivne efekte za kompaniju i za njih same i
- svođenje grešaka u selekciji kandidata na najmanji mogući nivo.

Aktivnosti koje se sprovode u oblasti selekcije se ne odnose isključivo na kandidate i delove kompanije u kojima će oni biti zaposleni, već i na njeno celokupno poslovanje, pri čemu je posebno značajan njihov uticaj na troškove poslovanja koje će kompanija imati u budućnosti. Selekcija mora biti direktno povezana sa svim ostalim aktivnostima koje kompanije sprovode u oblasti upravljanja ljudskim resursima, a pre svega sa planiranjem ljudskih resursa, analizom posla, regrutovanjem kandidata i obukama osoba koje su zaposlene.

Tim koji je zadužen za sprovođenja selekcije kandidata mora biti multidisciplinarni i njega, pored osoba koje se bave poslovima selekcije, moraju sačinjavati i menadžeri koji će upravljati radom osoba koje će biti zaposlene. Prilikom selekcije osnovni kriterijum na kom se zasniva izbor kandidata je procena nivoa njihove usklađenosti sa zahtevima poslova na radnom mestu koje je upražnjeno, pri čemu se uvek mora odabrati ona osoba za koju se procenjuje da će na najbolji način zadovoljiti zahteve radnog mesta.

Osnovni elementi na kojima se zasniva selekcija kandidata u savremenim kompanijama su (Noe, Hollenbeck, Gerhart, Wright, 2007):

- precizno definisanje zahteva poslova na radnom mestu za koje se bira osoba koja će se primiti u radni odnos,
- definisanje prednosti i nedostataka svakog od kandidata obuhvaćenog procesom selekcije,
- identifikovanje eventualnih oblasti u kojima se svaki pojedinačni kandidat ne uklapa sa zahtevima poslova na radnom mestu i
- identifikovanje sposobnosti kojima kandidat raspolaže i njegovih potencijala za razvoj.

#### 3.2. Faze procesa selekcije kandidata

Selekcija kandidata je izuzetno složen proces, koji sačinjava veliki broj faza, koje se moraju realizovati po unapred definisanom redosledu. Osnovni elementi na kojima se zasnivaju aktivnosti u oblasti selekcije su analiza poslova koji će se obavljati na radnom mestu, definisanje kriterijuma na osnovu kojih se procenjuje uspešnost kandidata i definisanje zahteva

radnog mesta. Navedeni elementi predstavljaju osnovu koja se koristi za definisanje znanja, sposobnosti i ličnih osobina koje mora posedovati osoba koja će biti odabrana tokom procesa selekcije.

Proces selekcije se sastoji od šest faza, koje se moraju realizovati po hronološkom redosledu (Noe, Hollenbeck, Gerhart, Wright, 2007):

- analize podnetih prijava i pratećih dokumenata i izbora kandidata koji zadovoljavaju uslove,
- obavljanje preliminarnih intervju sa kandidatima,
- testiranje kandidata,
- obavljanje dijagnostičkog intervju sa kandidatima,
- provera referenci koje su kandidati podneli tokom konkurisanja za posao i
- davanje ponude kandidatu sa uslovima njegovog zaposlenja.

#### 4. ISTRAŽIVANJE ISKUSTAVA KANDIDATA SA PROCESIMA REGRUTOVANJA I SELEKCIJE U SRPSKIM KOMPANIJAMA

U cilju istraživanja praktične primene aktivnosti u oblasti regrutovanja i selekcije kandidata u srpskim kompanijama, realizovana su istraživanja iskustava koja su kandidati imali tokom prolaska kroz procese regrutovanja i selekcije u srpskim kompanijama i istraživanja stavova koje imaju poslodavci prema aktivnostima regrutovanja i selekcije kandidata. Oba istraživanja su obavljena uz pomoć anketa, koje su realizovane putem Gugl Forms alata i društvenih mreža tokom decembra 2020. godine. Prva grupa pitanja su bila sio-demografska pitanja, dok su drugu grupu pitanja činila pitanja o zadovoljstvu odnosno stavu ispitanika prema određenoj tvrdnji za šta je korišćena petostepena Likertova skala.

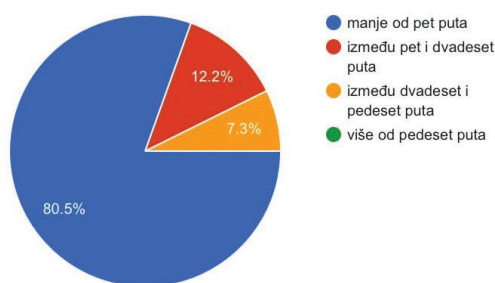
Anketa koja je bila namenjena zaposlenima se sastojala od deset pitanja, od kojih je devet bilo zatvorenog tipa, sa više ponuđenih odgovora, dok je deseto pitanje bilo otvorenog tipa i njegov cilj je bio da se prikupe ideje i sugestije, koje bi mogle poboljšati kvalitet i efikasnost procesa regrutovanja i selekcije kandidata u srpskim kompanijama. U istraživanju je ukupno učestvovala 41 osoba. Veliku većinu učesnika istraživanja su sačinjavale osobe ženskog pola (80,5% - 33 ispitanika), dok su osobe muškog pola učestvovala sa 19,5% (8 ispitanika). Najveći broj ispitanika ima fakultet (39,0%), dok se još uvek školuje 29,3% ispitanika. Završene master studije i četvorogodišnju srednju školu ima po 14,6% ispitanika, a 2,5% ispitanika ima završenu višu školu. Među ispitanicima nije bilo osoba koje su završile osnovnu školu, trogodišnju srednju školu ili imaju zvanje doktora nauka. Najveći broj ispitanika

(41,5%) je bio zaposlen/a na neodređeno vreme, dok je 24,4% ispitanika bilo nezaposleno. Status zaposlenih na određeno vreme je imalo 17,1% ispitanika, kao i neki drugi status (rad po ugovoru o delu, rad na crno i sl.). Nijedan učesnik istraživanja nije bio zaposlen/a preko agencije.

Četvrto pitanje “Koliko puta ste do sada konkurisali za različite poslove?” je imalo za cilj da ukaže na iskustva ispitanika u vezi sa regrutovanjem i selekcijom kandidata, na osnovu kojih se može proceniti i kvalitet njihovih odgovora. Ubedljivo najveći broj ispitanika je manje od pet puta konkurisao za različite poslove (80,5%). Između pet i dvadeset puta je za posao konkurisalo 12,2% ispitanika, dok je između dvadeset i pedeset puta za posao konkurisalo 7,3% ispitanika. Nijedan učesnik istraživanja nije za posao konkurisao više od 50 puta. Rezultati su prikazani grafikonom 1.

Koliko puta ste do sada konkurisali za različite poslove?

41 responses



Grafikon 1. Odgovori ispitanika na četvrto pitanje

Peto pitanje je glasilo “Smatrate da je proces kroz koji ste prošli prilikom aktuelnog zapošljavanja bio:” i njegov cilj je bio da ukaže na kompleksnost procesa regrutovanja i selekcije kroz koji su ispitanici prošli prilikom zapošljavanja. Više od dve trećine ispitanika (68,3%) je odgovorilo da je proces kroz koji su prošli prilikom aktuelnog zapošljavanja bio jednostavan i jasno razumljiv, dok je 26,8% ispitanika odgovorilo da je ovaj proces bio u određenoj meri nepotrebno iskomplikovan. Dva ispitanika (4,9%) su odgovorila da je proces zapošljavanja bio značajno komplikovaniji nego što bi trebao da bude. Nijedan učesnik istraživanja nije odgovorio da je proces kroz koji su prošli prilikom aktuelnog zapošljavanja bio izuzetno komplikovan i nerazumljiv.

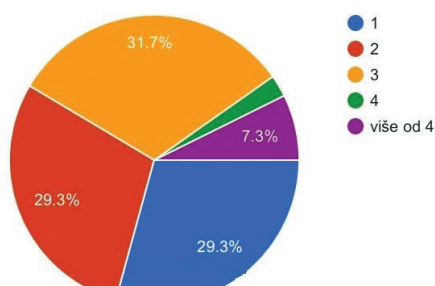
Šesto pitanje je glasilo “Koliko je trajao proces regrutovanja i selekcije kandidata u kompanijama u kojima ste se zapošljavali?” Odgovori na ovo pitanje ukazuju da su kompanije bile veoma efikasne prilikom sprovođenja procesa regrutovanja i selekcije kandidata. Nedelju

dana su trajali procesi zapošljavanja kroz koje je prošlo 41,5% ispitanika, dok su u slučaju 34,1% učesnika istraživanja ovi procesi trajali dve nedelje. Odgovor “mesec dana” je dalo 14,6% učesnika istraživanja, dok je 9,8% učesnika odgovorilo da su procesi regrutovanja i selekcije trajali više od jednog meseca.

Sedmo pitanje je imalo za cilj da prikaže kompleksnost procesa selekcije koje koriste srpske kompanije i ono je glasilo “Koliko najviše krugova selekcije kandidata ste imali u kompanijama u kojima ste do sada konkurisali za posao ili radili?”. Odgovori koje su učesnici istraživanja dali na sedmo pitanje su prikazani na grafikonu 2. Najveći broj kandidata (31,7%) je odgovorio da su procesi selekcije kandidata u kompanijama u kojima su konkurisali za posao imali najviše tri kruga. Po 29,3% učesnika istraživanja je odgovorilo da su procesi imali jedan ili dva kruga, dok je odgovor “više od 4” dalo 7,3% ispitanika. Jedan ispitanik (2,4%) je odgovorio da su procesi selekcije u kojima je učestvovao imali najviše četiri kruga.

Koliko najviše krugova selekcije kandidata ste imali u kompanijama u kojima ste do sada konkurisali za posao ili radili?

41 responses

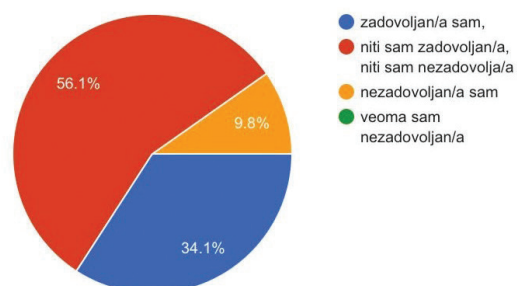


Grafikon 2. Broj krugova selekcije

Cilj osmog pitanja, “Da li ste zadovoljni načinom na koji se kompanije odnose prema kandidatima koji konkurišu za posao?” bio je da ukaže na nivo zadovoljstva kandidata odnosom koji srpske kompanije imaju prilikom sprovođenja aktivnosti u oblasti regrutovanja i selekcije. Odgovori ispitanika na osmo pitanje su prikazani na grafikonu 3. Više od polovine ispitanika (56,1%) je iskazalo neutralni odnos prema načinu na koji se srpske kompanije odnose prema kandidatima koji konkurišu za posao, izabравši odgovor “niti sam zadovoljan, niti sam nezadovoljan”. Zadovoljstvo je iskazalo 34,1% ispitanika, nezadovoljnih je bilo 9,8% ispitanika, dok nijedan učesnik istraživanja nije naveo odgovor da je veoma nezadovoljan. Niko nije odabrao opciju “veoma sam zadovoljan”.

Da li ste zadovoljni načinom na koji se kompanije odnose prema kandidatima koji konkurišu za posao?

41 responses

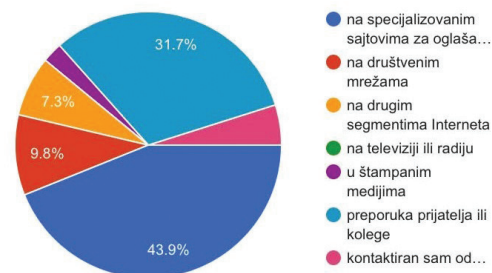


Grafikon 3. Zadovoljstvo odnosom kompanije prema kandidatima za posao

Deveto pitanje je glasilo “Gde najčešće nalazite oglase za posao na koje konkurišete?” i odgovori na njega su prikazani na grafikonu 4. Najveći broj ispitanika (njih 43,9%) oglase za posao na koje konkuriše pronalazi na sajtovima koji su specijalizovani za oglašavanje slobodnih radnih mesta. Preporuke koje dobijaju od prijatelja ili kolega je kao najčešći izvor informacija navelo 31,7% ispitanika, dok je društvene mreže navelo 9,8% učesnika istraživanja. Na ostalim segmentima interneta oglase za posao najčešće pronalazi 7,3% ispitanika, dok je 4,9% učesnika istraživanja odgovorilo da su kompanije i budući poslodavci kontaktirali njih. Jedan ispitanik (2,4%) odgovorio je da oglase za posao najčešće pronalazi u štampanim medijima, dok nijedan ispitanik nije odabrao radio ili televiziju kao kanal na kom najčešće pronalazi oglase za posao na koje konkuriše.

Gde najčešće nalazite oglase za posao na koje konkurišete?

41 responses



Grafikon 4. Najbolji izvor za zaposlenje

Deseto pitanje je glasilo “Koje su vaše sugestije za poboljšanje kvaliteta i efikasnosti procesa selekcije kandidata?” i ispitanici su na njega mogli da daju veći broj odgovora, odnosno sugestija. Kao najčešće

sugestije u vezi sa poboljšanjem kvaliteta i efikasnosti procesa selekcije kandidata u srpskim kompanijama izdvajaju se povećanje broja krugova selekcije, kako bi se obezbedilo bolje upoznavanje poslodavaca sa kandidatima, stavljanje većeg akcenta na znanja kojima kandidati raspolažu, bolja komunikacija sa kandidatima i iskazivanje većeg nivoa poštovanja osoba koje sprovode proces selekcije prema kandidatima.

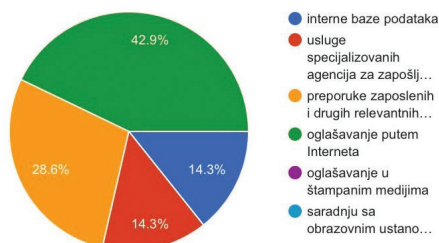
### 5. ISTRAŽIVANJE STAVOVA KOJE IMAJU POSLODAVCI PREMA AKTIVNOSTIMA REGRUTOVANJA I SELEKCIJE KANDIDATA

Anketa koja je bila namenjena poslodavcima se sastojala od dvanaest pitanja zatvorenog tipa, sa više ponuđenih odgovora. Cilj ankete je bio da se aktivnosti koje se u srpskim kompanijama sprovode u oblasti regrutovanja i selekcije kandidata sagledaju iz perspektive poslodavaca. Međim, prema podacima iz APR-a metodom slučajnog uzorka izabrano 25 preduzeća. U istraživanju je ukupno učestvovalo 7 preduzeća odnosno ispitanika koja su se odazvala pozivu za učestvovanje u istraživanju.

Prvo pitanje je glasilo "Koja sredstva vaša kompanija najčešće koristi za privlačenje kandidata za zaposlenje?" i njegov cilj je bio da ukaže na sredstva koja srpske kompanije najčešće koriste u cilju privlačenja kandidata za zaposlenje. Nijedan učesnik istraživanja nije iskoristio mogućnost da odabere veći broj ponuđenih odgovora, tako da je svako od njih odabrao po jedan odgovor. Oglašavanje putem interneta je kao sredstvo za privlačenje kandidata odabralo najviše učesnika (42,9%), dok je preporuke zaposlenih i drugih relevantnih osoba odabralo 28,6% ispitanika. Po 14,3% ispitanika je odabralo interne baze podataka i usluge specijalizovanih agencija za zapošljavanje. Oglašavanje u štampanim medijima i saradnju sa obrazovnim ustanovama nije kao odgovor odabrao nijedan učesnik istraživanja. Rezultati su prikazani na grafikonu 5.

Koja sredstva vaša kompanija najčešće koristi za privlačenje kandidata za zaposlenje (možete označiti i veći broj odgovora)?

7 responses

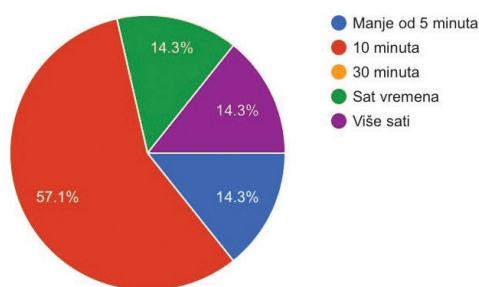


Grafikon 5. Izvori regrutovanja preduzeća

Drugo pitanje, "Koliko prosečno trošite vremena na pregled CV-jeva kandidata?", imalo je za cilj da ukaže na nivo detaljnosti pregleda CV-jeva koje kandidati dostavljaju srpskim kompanijama. Odgovori ispitanika na ovo pitanje su prikazani na grafikonu 6. Većina ispitanika (57,1%) na pregled CV-jeva kandidata prosečno potroši oko 10 min, dok nijedan ispitanik na pregled ne troši 30 min. Manje od 5 min, sat vremena i više sati za pregled CV-jeva kandidata potroši po 14,3% ispitanika.

Koliko prosečno trošite vremena na pregled CV-jeva kandidata?

7 responses

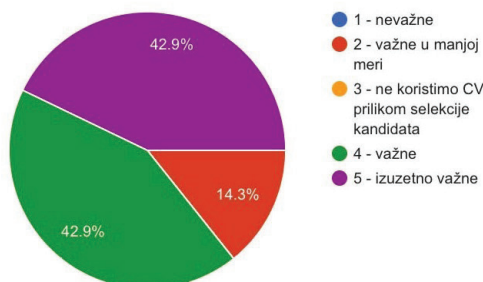


Grafikon 6. Vreme pregleda biografije i drugih dokumenata po kandidatu

Cilj trećeg pitanja, koje je glasilo "Od 1 do 5 koliko su Vam važne informacije iz CV-a kandidata?", bio je da ukaže na nivo značaja koje poslodavci u Srbiji daju informacijama koje kandidati navode u svojim CV-jevima. Odgovori učesnika istraživanja na treće pitanje su prikazani na grafikonu 7. Kao važne i izuzetno važne informacije iz CV-a kandidata ocenilo je po 42,9% ispitanika. Kao važne u manjoj meri informacije iz CV-a kandidata je ocenilo 14,3% učesnika istraživanja, dok nijedan učesnik nije izjavio da su one nevažne ili da njegova kompanija ne koristi CV prilikom selekcije kandidata.

Od 1 do 5 koliko su Vam važne informacije iz CV-a kandidata?

7 responses



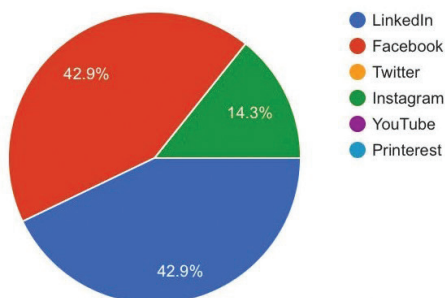
Grafikon 7. Važnost podataka iz biografije kandidata

Četvrto pitanje je glasilo “Da li koristite društvene mreže za regrutovanje i selekciju kandidata?”. Društvene mreže za regrutovanje i selekciju kandidata koristi 71,4% ispitanika, dok ih 28,6% učesnika istraživanja ne upotrebljava kao kanal regrutovanja i selekcije kandidata.

Peto pitanje je imalo za cilj da ukaže na društvene mreže koje srpske kompanije najviše koriste za selekciju kandidata i ono je glasilo “Ukoliko ih koristite, koje, od navedenih društvenih mreža, upotrebljavate prilikom selekcije kandidata?”. Odgovori ispitanika na peto pitanje su prikazani na grafikonu 8. Najveći broj ispitanika (42,9%) prilikom selekcije kandidata upotrebljava Facebook i LinkedIn, dok 14,3% učesnika koristi Instagram. Twitter, YouTube i Pinterest ne koristi nijedan učesnik ispitivanja.

Ukoliko ih koristite, koje, od navedenih društvenih mreža, upotrebljavate prilikom selekcije kandidata?

7 responses



Grafikon 8. Društvene mreže kao izvor podataka o oglasima i kompanijama

Šesto pitanje je glasilo “Kod procesa selekcije, na koje od navedene četiri karakteristike kandidata najviše obraćate pažnju?”. Sposobnosti predstavljaju karakteristiku kandidata kojoj se posvećuje najviše pažnje prilikom procesa selekcija (71,4%). Motive i crte ličnosti je odabralo po 14,3% ispitanika, dok crte ličnosti nije odabrao nijedan ispitanik.

Sedmo pitanje je glasilo “Koje metode koristite u vašoj kompaniji prilikom regrutovanja i selekcije kandidata?“. Intervjue je kao metod regrutovanja i selekcije navelo 71,4% ispitanika, dok je 28,6% navelo testove. Ostale odgovore nije dao nijedan učesnik istraživanja.

Osmo pitanje, je glasilo “Koliko prosečno traje proces regrutovanja i selekcije kandidata u vašoj kompaniji?”. Odgovori koje su dali ispitanici na ovo pitanje su u skladu sa odgovorima koje su na isto pitanje dali kandidati. Najveći broj ispitanika (57,1%)

je odgovorio da u njihovim kompanijama proces regrutovanja i selekcije kandidata prosečno traje dve nedelje, dok je odgovore nedelju dana, mesec dana i više od mesec dana odabralo po 14,3% ispitanika.

Deveto pitanje je glasilo “Koliko zaposlenih iz kompanije je uključeno u proces regrutovanja i selekcije kandidata prilikom zapošljavanja?”. Odgovore dva, tri ili više od četiri je dalo po 28,6% ispitanika, dok je 14,3% ispitanika dalo odgovor jedan. Odgovor da su u proces regrutovanja i selekcije iz kompanije uključene četiri osobe nije dao nijedan ispitanik.

Deseto pitanje, “Koliko prosečno vremenski traje intervju sa kandidatima prilikom procesa selekcije?”, trebalo je da ukaže na prosečno vreme trajanja intervjua sa kandidatima tokom procesa selekcije. Najveći broj ispitanika (njih 57,1%) odgovorio je da intervjui prosečno traju između 15 i 30 min, dok je 28,6% učesnika istraživanja odabralo odgovor između 30 i 60 min. Odgovor manje od 15 min je odabralo 14,3% ispitanika, dok odgovor više od 60 min nije odabrala nijedna osoba koja je učestvovala u istraživanju.

Jedanaesto pitanje je glasilo “Da li od kandidata za više menadžerske pozicije tražite da Vam dostave preporuke?”. Po 42,9% ispitanika su odgovorili da retko ili ponekad traže preporuke od kandidata za više menadžerske pozicije. Redovno preporuke traži 14,3% ispitanika, dok nijedan ispitanik nije odabrao odgovore “Nikad” ili “Često”.

Poslednje, dvanaesto pitanje je glasilo “Koja je Vaša pozicija u HR službi preduzeća?”. Najveći broj učesnika istraživanja (71,4%) obavljao je poslove rukovodioca neke druge službe u preduzeću, dok je po 14,3% ispitanika obavljalo poslove rukovodioca HR službe ili druge poslove. Preostale ponuđene odgovore nije odabrao nijedan učesnik istraživanja.

## 6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Rezultati istraživanja, koje je sprovedeno u radu, ukazuju na nedovoljan nivo razvoja aktivnosti koje srpske kompanije sprovode prilikom regrutovanja i selekcije kandidata. Istraživanje se sastojalo iz dva segmenta, koji su imali za cilj da obezbede informacije o iskustvima koja su kandidati imali tokom zapošljavanja u kompanijama i o iskustvima osoba koje rade na regrutovanju i selekciji kandidata u srpskim kompanijama. Na osnovu odgovora koje su dali i kandidati i osobe koje rade na poslovima regrutovanja i selekcije može se zaključiti da postoje određene oblasti u kojima se moraju načiniti



značajna unapređenja. Na primer, u teorijskom delu rada su iznete informacije koje nedvosmisleno i jasno ukazuju da je saradnja sa obrazovnim ustanovama postala jedan od osnovnih i najboljih izvora selekcije kandidata u vodećim svetskim kompanijama i u najrazvijenijim zemljama. Nijedan učesnik istraživanja koje je obavljeno nije naveo saradnju sa obrazovnim institucijama kao izvor iz kog kompanija u kojoj je zaposlen regrutuje kandidate. Rezultati istraživanja ukazuju na značajne nedostatke procesa regrutovanja i selekcije kandidata koji srpske kompanije, ukoliko žele da obezbede konkurentnost svog poslovanja, moraju da isprave.

U pogledu preporuka za buduće istraživanje, predlaže se repliciranje istraživanja na većem uzorku i komparacija sa dobijenim rezultatima iz aktuelnog.

### LITERATURA

- [1] Armstrong M: A Handbook of Human Resource Management Practice, 10th edition, London - Kogan Page, 2006.
- [2] Bogićević-Milikić B: Menadžment ljudskih resursa, Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2015.
- [3] Boxall P, Purgcell J, Wright P: The Oxford Handbook of Human Resource Management, Oxford - Oxford University Press, 2010.
- [4] Dessler G: Osnovi menadžmenta ljudskih resursa, Beograd - Data Status, 2007.
- [5] Draker P: Upravljanje u novom društvu, Novi Sad - Adižes, 2005.
- [6] Griffin R. W: Management 11th Edition, Mason - South-Western University, 2013.
- [7] Ilić M: Menažment ljudskih resursa - udžbenik. Beograd - Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije, 2018.
- [8] Ivancevich M. J: Human Resources Management, New York - Mc Graw Hill International Edition, 2007.
- [9] Kulić Ž: Upravljanje ljudskim potencijalima, Beograd - Radnička štampa, 2005.
- [10] Lussier R, Hendon J: Human Resource Management: Functions, Applications, and Skill Development, London - SAGE, 2018.
- [11] Martinović M, Tanasković Z: Menadžment ljudskih resursa, Užice - Visoka poslovno-tehnička škola strukovnih studija, 2014.
- [12] Noe R, Hollenbeck R, Gerhart B, Wright P: Fundamentals of Human Resource management, New York - Mc Graw Hill International edition, 2007.
- [13] Petković V: Menadžment ljudskih resursa, Čačak - Viša poslovna škola, 2005.
- [14] Ristić Ž: Menadžment ljudskih resursa. Beograd - Etnostil, 2012.

NIKOLA PAVLOVIĆ\*

# PRIMENA I FUNKCIONISANJE KVANTUM RAČUNARA

## APPLICATION AND OPERATION OF QUANTUM COMPUTERS

UDK: 004:656.2+33

### REZIME:

Ovaj rad se bavi teorijskim istraživanjem kvantnih računara, njihovog načina funkcionisanja i moguće generalne primene, kao i primene u kladu okruženju. U okviru prvog poglavlja analizirane su trenutne hardverske mogućnosti računara, kako personalnih, tako i serverskih mašina. Pored analiziranih ograničenja, prikazan je i razvoj interneta, načini i medijumi za prenos signala i vezu sa internetom, kao i njihove brzine sa osvrtom na mogući limit koji je dostignut. U drugom poglavlju predstavljen je quantum computing - kvantni računar i način kako radi. Zatim je definisano šta je kvantni bit (qubit), gde se nalazi i u kom broju unutar procesora kvantnih računara. Takođe, prikazana je i potencijalna primena kvantnih računara, kao i dosadašnja dostignuća na tom polju.

**Ključne reči:** Quantum, Qubit, Cloud, Superpozicija

### SUMMARY:

This paper deals with the theoretical research of quantum computers, their way of functioning and possible general application as well as applications in the cloud environment. The first chapter analyze the current hardware capabilities of computers, both personal and server machines. In addition to the analyzed limits, the development of the Internet, ways and media for signal transmission and connection to the Internet as well as their speeds will be presented, with reference to the possible limit that has been reached. The second chapter will present quantum computing, the quantum computer, and how the quantum computer works. Then the specific of qubit will be discussed, where it is located -in what number within the processor of quantum computers. The potential application of quantum computers as well as previous achievements in that field will be presented.

**Key words:** Quantum, Qubit, Cloud, Superposition

\* Nikola Pavlović, Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije, Beograd, Savski nasip 7, nikola.pavlovic@its.edu.rs

## 1. UVOD

U skladu sa trenutnim nivoom tehnološkog razvoja u svetu, razvijene su i velike brzine pristupa internetu, kao globalnoj mreži. Pored toga, kompanije su svoju serversku opremu i/ili servise koje pružaju putem interneta (u zavisnosti od tipa arhitekture) izmestile u data centre radi lakšeg pristupa, veće redundatnosti i skalabilnosti, a na kraju, i manjeg troška. Međutim, trenutni tipični računar trenutno nije u stanju da u vrlo kratkim vremenskim okvirima odradi mnoštvo kompleksnih matematičkih proračuna. Takođe, ograničenja su i u skladišnim prostorima jer kompleksni proračuni najčešće zahtevaju enormnu količinu memorije.

Da trenutni problemi mogu biti rešeni govori u prilog tome i da su razvijeni kvantni računari na principu kvantne fizike. Njihova prednost se ogleda u eksponencijalno kraćem vremenu potrebnom za izvršavanje iste količine operacija.

Prvo poglavlje prikazuje cloud computing (CC) mašine u serverskom okruženju i bavi se prikazom trenutnih mogućnosti hardvera, kao i brzinom internet linka, dok se u okviru drugog poglavlja prikazuje princip rada quantum računara, uopšte kao i u cloud okruženju.

## 2. CLOUD COMPUTING (CC) MAŠINE U SERVERSKOM OKRUŽENJU

### 2.1. Istorijski pregled pristupa internetu

Početak umrežavanja udaljenih računara se bazirao na korišćenju telefonske parice kao medijuma za prenos signala. S obzirom na ograničenja, tadašnji dial-up pristup je imao brzine od 9,6 Kbps, 33 Kbps i 64 Kbps [6]. Kasnije su se razvijale brzine od 128 i 256 Kbps putem iste infrastrukture, ali različitog načina modulisanja signala. Popularna xDSL tehnologija je razvila brzine do 20 Mbps i najčešće je to asinhrona (ADSL) brzina preuzimanja i slanja, u zavisnosti od potreba. Nešto naprednija varijanta jeste VDSL tehnologija koja ima brzinu do 50 Mbps [7]. Sa porastom zahteva za sve većim brzinama i zahtevnim sadržajem na internetu, razvile su se i druge tehnologije prenosa internet signala poput kablovske televizije, bežičnih tehnologija, mobilne telefonije i optičkih kablova.

Kablovska infrastruktura se zasniva na prenosu signala putem koaksijalnog kabla i brzina je ograničena propusnom moći samog kabla. Teorijska brzina prenosa signala putem koaksijalnog kabla iznosi 172 Mbps (DOCSIS 3.0) [8], dok je stvarna propusna moć

manja zbog raznih spoljašnjih uticaja, pre svega elektromagnetnih smetnji. DOCSIS 4.0 tehnologija omogućava sledeću generaciju širokopojsnih mreža preko hibridnih optičkih koaksijalnih kablova (HFC), pružajući simetrične multi-gigabitne brzine, istovremeno podržavajući visoku pouzdanost, veliku sigurnost i malo kašnjenje i predstavlja značajno unapređenje u odnosu na DOCSIS 3.0.

Bežična tehnologija putem WiFi (Wireless Fidelity) je sveprisutna u svakom domu na frekvenciji od 2,4 GHz i 5 GHz i danas je poseduju svi moderniji uređaji. Ove dve frekvencije se najčešće koriste u lokalnoj mreži od uređaja do rutera u okviru stana, kuće ili kompanije. Međutim, WiMax tehnologija koja je zasnovana na standardu IEEE802.16 predstavlja način prenosa glavnog internet linka s jedne tačke do druge tačke bežičnim putem, čak i u uslovima smanjene optičke vidljivosti. Svakako je za velika rastojanja od nekoliko kilometara potrebno imati optičku vidljivost kako bi prenos nesmetano funkcionisao. Uobičajene brzine se kreću od oko 20 Mbps pa do 60 Mbps [9].

Mobilna telefonija je takođe uvela u svoju ponudu uslugu pristupa internetu. Prvi mogući pristup internetu je bio putem 2,5G GPRS tehnologije brzinama do 9,6 Kbps. Daljim razvojem smo došli do 2,75G (EDGE) mreže sa brzinom pristupa od 100 Kbps, zatim 3G (WCDMA) sa brzinom do 384 Kbps, 3.5G (HSDPA, HSPA, HSPA+) sa brzinom do 42 Mbps, 4G (LTE) sa brzinom do 150 Mbps, 4G+ (LTE-A) sa teorijskom brzinom do 979 Mbps i najnovije 5G sa brzinama preko 1 Gbps, pa čak i do 10 Gbps [10]. Sam razvoj i povećanje brzine prenosa podataka putem mobilne mreže bio je uslovljen sve „kvalitetnijim“ sadržajem (u pogledu zauzeća memorije i same veličine fajlova) na internetu.

Optički kablovi su najefektniji i najbrži medijum za prenos signala od jedne do druge tačke i njihovim razvitkom su ujedno menjani glavni internet linkovi i čvorišta u celom svetu. Kao osnovni signal za prenos podataka u optičkom kablju, koristi se svetlost. Brzine su najveće u odnosu na ostale tehnologije prenosa i iznose do 100 Gbps na 100 do 150 m razdaljine [11].

### 2.2. Trenutne mogućnosti hardvera računara

Brz razvoj softvera je doveo do toga da današnji hardver bude prevaziđen mogućnostima i zahtevima softvera. Istorijski gledano, razvoj procesora se zasnivao na povećanju njegove brzine, od početnih par MHz-a, a danas reda GHz-a uz istovremeno povećanje broja tranzistora na istom fizičkom prostoru

čipa. Vremenom se pokazalo da sama arhitektura jednojezgarnog procesora na učestalostima većim od 4 do 5 GHz nema efekta na učinak procesiranja i obrade podataka. Shodno tome, proizvođači su počeli da razvijaju višejezgarne procesore. Kako je tehnologija napredovala, umesto kompletno odvojenih jezgara sa svim njihovim logičkim jedinicama razvijeni su i procesori koji imaju određeni broj fizičkih jezgara, ali sa dodatkom i logičkih jezgara koji zapravo predstavljaju deljeni resurs jednog fizičkog jezgra. Tako su danas popularne arhitekture sa 4 fizička i 8 logičkih jezgara, 8 fizičkih i 16 logičkih jezgara kod personalnih računara, dok su kod serverskih procesora jezgra mnogo brojnija i tipična konfiguracija je 16 fizičkih i 32 logička jezgra. Najnoviji AMD serverski procesor (EPYC Rome) sadrži 64 fizička i 128 logičkih jezgara, dok Intelov (XEON PLATINUM) ima 56 fizičkih i 112 logičkih jezgara [1] [2]. Tehnologija izrade procesora se danas odvija u nanometarskoj tehnologiji, tipično 22 do 14 nm za novije procesore, a najnovija dostignuća su 7 nm.

Kada je u pitanju RAM memorija, njen trenutni standard je DDR4 sa brzinama oko 3.000 MHz. Količina RAM-a u tipičnom personalnom računaru je danas između 8 i 16 GB, dok je kod servera maksimalna podržana radna memorija od 2 TB, pa i više, po procesoru [1].

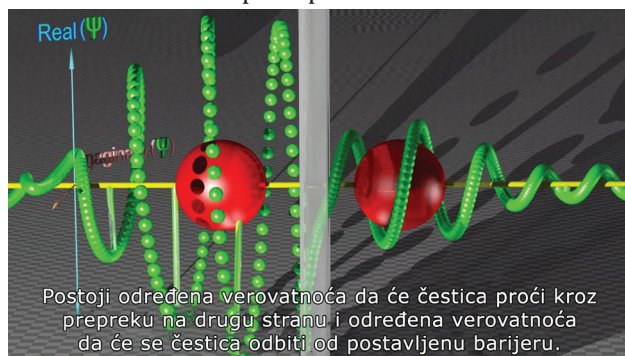
Što se tiče skladišnog prostora, glavni skladišni medijum je i dalje HDD – čvrsti disk zasnovan na tehnologiji magnetnih ploča i glave koja lebdi iznad površine i čita i upisuje podatke. Povećanjem kapaciteta, a smanjenjem prostora, došlo se do gustog pakovanja većeg broja ploča i glava koje čitaju i upisuju podatke što je dovelo i do smanjenja pouzdanosti čuvanja podataka na njima. Takođe, pristup podacima na disku je najčešće ograničen brzinom rotacije ploča i standardna brzina u personalnim računarima iznosi oko 5.400 rpm, dok se na serverima mogu naći i diskovi od 10.000 rpm i 15.000 rpm. Naravno, vreme pristupa je ostalo identično. Trenutni maksimalni kapacitet kojim raspolažu diskovi je 16 TB, ali se uskoro očekuje da Western Digital razvije nove MAMR tehnologije, dok je HAMR tehnologija Seagate-a već u beta fazi testiranja. Pomenute tehnologije izrade hard diskova su započele sa masovnijom proizvodnjom modela većih kapaciteta tokom 2019. godine, a predviđa se skladištenje podataka u PB (petabyte) na samo jednom disku kasnijim razvojem tehnologija. Trenutna procena je da se do 2023. godine mogu proizvesti diskovi kapaciteta između 20 i 40 TB [3].

Sam HDD je donekle zamenio i SSD – disk na principu fleš (flash) memorije. SSD disk je sastavljen potpuno od elektronike i logičkih kola i kao takav je otporniji na fizičke vibracije. Prednost SSD-a je u znatno manjem vremenu pristupa podacima. Dok se kod HDD-a vreme pristupa ogleda u mili sekundama, kod SSD diskova je često u nano sekundama. Takođe, brzine su znatno veće i u zavisnosti od interfejsa se kreću od 450 Mbps (SATA III) pa sve do 5.000 Mbps (M.2 NVMe PCIe x4) za čitanje dok su brzine upisa nešto manje [4]. Standardna sekvencijalna brzina za HDD je između 100 i 150 Mbps sa maksimalnom brzinom do 250 Mbps u pojedinim slučajevima [5].

Samo napajanje je takođe bitna stavka kao i hlađenje čitave serverske infrastrukture. Iako se nanometarskom izradom čipa i većim taktom omogućilo brže obavljanje operacija, nažalost, to nije umanjilo potrošnju električne energije, a ni samu radnu temperaturu.

S obzirom na nanometarsku izradu tranzistora i veće brzine radnog takta, komponente na malim čipovima se mnogo brže greju. Radi boljeg hlađenja, pored klasičnog vazdušnog, postoji i vodeno hlađenje. U ovom sistemu, za odvođenje toplote sa procesora i ostalih komponenti, koristi se tečnost.

Povećanjem brzine pristupa korisnika internetu, postao je veći saobraćaj na mrežnoj infrastrukturi kao i zahtevima prema serverima. Same serverske mašine moraju da obrađuju sve veću količinu zahteva u što kraćem roku, a ujedno i sve većem broju klijentskih uređaja. Pored svih poznatih trenutnih hardverskih limita, razmatraju se razni načini za dalje unapređenje. Opcija proizvodnje još većeg broja komponenti na istom fizičkom prostoru čipa i razvitka procesora na tehnologiji izrade manjoj od 7 nm, trenutno nije moguća jer su sami atomi približne veličine te elektroni mogu zaobilaziti barijere koje im se postavljaju i slobodno se kretati mimo željene putanje (poput prolaska barijere na slici 1) što može dovesti do veće stope nepouzdanosti.



Slika 1. Efekat Quantum tunnelinga [12]

Današnji računari nisu u stanju da obrade očekivano povećanje količine broja zahteva klijenata u budućnosti, u kratkom vremenskom periodu. Jedna od alternativa, koja je moguća, jeste primena Quantum tehnologije odnosno Quantum Computing.

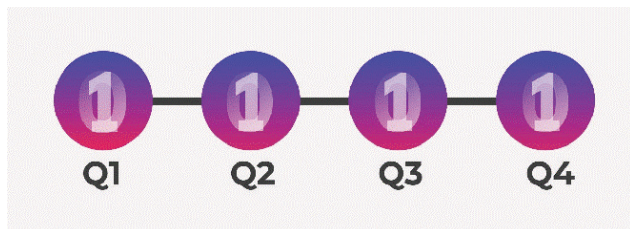
### 3. QUANTUM COMPUTING

Quantum Computing se zasniva na drugačijem metodu rada od klasičnog računara elektronskog sklopa. Dok klasičan računar radi sa bitima 0 i 1 kao osnovnim stanjima, quantum računar koristi kubit (qubit) [13]. Svaki kubit nema određenu fiksnu vrednost već se u trenutku pristupa njegova vrednost formira. Kubit može biti bilo šta u kvantnom sistemu što se prostire na dva nivoa poput spina, magnetnog polja ili fotona.

#### 3.1. Princip rada quantum računara

Na primeru fotona, sam kubit može imati vrednost 0 i 1 kao i bit. Međutim, njegovu vrednost određuje njegova polarizacija koja može biti horizontalna ili vertikalna. Ali, u kvantnom svetu fizika ima potpuno druga pravila tako da kubit (u ovom slučaju foton) ne mora u svakom trenutku da ima jedno od ova dva stanja već ih može sadržati oba istovremeno. Takvo stanje se naziva superpozicija. Ovakvo stanje foton zadržava sve dok se slobodno kreće u prostoru, ali da bi se očitala njegova vrednost i upotrebila on mora biti polarizovan vertikalno ili horizontalno. U tom trenutku on dobija jednu od dve moguće vrednosti.

Kod klasičnog binarnog sistema, 4 bita mogu biti u jednom od 24 mogućih stanja u zadanom trenutku. To je 16 mogućih kombinacija od kojih se može koristiti samo jedna. Međutim, 4 kubita u superpoziciji mogu istovremeno biti u svakom od 16 mogućih stanja (slika 2) za razliku od običnog binarnog sistema [15].



Slika 2. Kubiti [14]

Broj kombinacija raste eksponencijalno sa svakim novim kubitom. To znači da svakim dodavanjem novog kubita može se paralelno posedovati sve veći broj vrednosti.

Postoji jedna čudna osobina kubita – uvezanost, a predstavlja zatvorenu vezu koja čini da svaki kubit reaguje na promenu stanja drugog kubita istovremeno, bez obzira na njihovu međusobnu udaljenost. Ovo znači da se prilikom merenja vrednosti jednog kubita, koji je u međusobnoj vezi sa drugim kubitom, istovremeno zna i koju vrednost ima drugi, bez dodatnog merenja vrednosti drugog kubita.

Takođe, logika u kvantnom svetu je drugačija. Dok obično logičko kolo ima jednostavan set ulaza i proizvodi jedan konačan izlaz, kvantno logičko kolo ima set superpozicija za ulaz i daje novu superpoziciju na izlazu. Prema tome, kvantni računar uzima kubite, primenjuje kvantna logička kola na njih i na kraju računa izlaz tako što superpozicije spaja u konačnu sekvencu nula i jedinica. Ovo znači da se istovremeno može dobiti više proračuna koji su mogući za dati ulaz. Na kraju može se izmeriti samo jedan od rezultata i to je moguće da bude traženi rezultat. Zbog same prirode kubita trebalo bi pomenuti izlaz ponovo proveriti. Detaljnijim istraživanjem superpozicije i međusobne veze kubita u budućnosti, ovakav način obrade podataka može biti eksponencijalno više efikasniji nego bilo koji trenutno mogući način koji bi postojao na klasičnom računaru.

#### 3.2. Primena quantum računara u cloud okruženju

Analizom dostupnog sadržaja uočeni su stavovi da shodno svojoj kvantnoj prirodi, kvantni računari mogu biti primenjeni kao serverske mašine za baze podataka. Njihova prednost se ogleda recimo u bržoj pretrazi. Da bi tipičan računar našao potrebno u bazi podataka, on mora da joj pristupi, iščita svaki zapis iz nje dok ne nađe zadata vrednost. Kod kvantum računara vreme potrebno za istu operaciju je samo koren potrebnog vremena tipičnom računaru. Pretraga može biti brza ukoliko je mehanizam pretrage zasnovan na matematičkom modelu čiji je stepen kompleksnosti ispod kritične vrednosti, čime se garantuje da se rezultat proračuna može izmeriti na bazi osnovnih stanja uključenih kubita. U ostalim slučajevima kvantni računar je sporiji od konvencionalnog ekvivalenta.

Još jedna bitna primena kvantnih računara jeste u IT bezbednosti. Trenutno sve pretrage, mejlovi, bankarske transakcije su zaštićene sigurnosnim sistemom enkripcije koji pruža svakome javni ključ da kodira poruke dok samo računar na prijemnoj strani može da dekodira poslatu poruku. Problem

je što se javni ključ zapravo može iskoristiti za proračun privatnog ključa. Na sreću, potrebne matematičke formule za dekodovanje privatnog ključa na bilo kom normalnom računaru bi trajale godinama, sa sve pokušajima i greškama koje se dešavaju u tom procesu. Ali, kvantni računar sa eksponencijalnim ubrzanjem bi to mogao da uradi gotovo trenutno. Sama činjenica da kvantni računar ima toliko ubrzanje dovodi ga u pitanje za kućnu i komercijalnu upotrebu. Međutim, radi se na novom tipu enkripcije koje ni kvantni računari ne bi mogli da dekoduju u tako kratkom vremenskom periodu. Shodno ubrzanju, moguće je koristiti i duže i složenije algoritme za enkripciju.

Još jedna oblast primene kvantnih računara jeste za različite simulacije koje ni savremeni tipični računari nisu u stanju da projektuju kompleksne sisteme. Veliki potencijal samih kvantnih računara se može ostvariti i u polju mašinskog učenja i veštačke inteligencije. Sa druge strane, simulacija može biti brza jedino ukoliko je heuristički (ili meta heuristički) algoritam takav da garantuje da se rezultat proračuna može izmeriti na bazi osnovnih stanja uključenih kubita.

Google je 2019. objavio Quantum supremacy računar sa 53-kubitnim procesorom, koji je moćniji od bilo kog superračunara koji je do tada postojao za određene namene. Matematički proračuni koje su rešavali kvantnim računarem su bili rešeni za svega 200 sekundi, dok bi na klasičnom računaru takvi proračuni zahtevali desetine hiljada godina [16]. Postoje mnogobrojne kompanije, pored Google, koje se bave razvojem kvantnih računara kao što su Amazon, IBM, Microsoft i mnoštvo manjih kao Rigetti, D-wave i druge.

Kanadska firma D-wave je 2017. godine razvila jedan od najmoćnijih kvantum procesora sa 2.000 kubita [17]. Čitav kvantni računar ne može raditi u klasičnim uslovima kao svaki normalan računar. On zahteva posebne uslove skladištenja, radne temperature i potrebne resurse za rad. Trenutno se sami kvantni računari, odnosno procesori, skladište u ogromnim cilindrima (Aleutian Refrigerator) na temperaturama približnim apsolutnoj nuli (-273 stepena celzijusa) u vakuumskom prostoru. Trenutna struktura kvantnog računara se sastoji od čipa koji je standardne veličine. Unutar čipa postoje mali žičani kalemovi kroz koje protiče struja kvantnih karakteristika superpozicije. Kako kalemovi mogu da komuniciraju međusobno, generisanjem različitih i često komplikovanih stanja koja se nazivaju uvezana

stanja, možemo električnim signalima da upravljamo na koji način i u koje vreme kubiti mogu da budu u interakciji sa kubitima oko sebe. Zbog niske temperature ostvaruje se mogućnost superprovodnosti koja dozvoljava bitima da se ponašaju kao kubiti.

Sam cilindar odnosno arhitektura čitavog sklopa se sastoji od pet nivoa (slika 3). Svaki od tih pet nivoa predstavlja drugi stepen rashladnog sistema. Prvi konvertuje signale iz „normalnog sveta“ preko kalemovi i radi na temperaturi od -203 stepena celzijusa (7 kelvina). Drugi nivo radi na istom principu sem što koristi licnaste provodnike u kalemovima i radi na temperaturi od -269 stepeni celzijusa (4 kelvina). Oba nivoa su dovoljno rashlađena da su u stanju da kondenzuju helijum u tečnost kako bi sa bakarnih provodnika poslali signal putem superprovodnika (Niobium). Srednji stepen koristi helijum u vakuumu kako bi prebacio signale sa klasičnih provodnika dalje pod temperaturom od -272 stepena celzijusa (1 kelvin), četvrti snižava temperaturu na -273,05 stepeni celzijusa (0,1 kelvin), dok se u petom nalazi sam procesor sa svim prethodnim modulima zaštite od spoljašnjih temperaturnih i elektromagnetskih uticaja na temperaturi od -273,135 stepeni celzijusa (0,015 kelvina).



Slika 3. D-Wave kvantni računar [18]

Sam procesor sa svojom niskom radnom temperaturom je podešen i konfigurisan za određene namene i kao takav se može koristiti godinama. Međutim, ako se čip izvadi i zagreje na sobnu temperaturu, potrebno je i do dva dana da se vrati na svoju radnu temperaturu i do četiri nedelje za ponovnu konfiguraciju i podešavanje parametara.

Već postoji nekoliko kvantnih računara koji su iznajmljeni kao klad rešenje IBM-a kompanijama Goldman Sachs i J.P. Morgan. Ove kompanije su time postale deo Q mreže IBM-a i omogućile rad na kvantum mašinama i učenje programiranja samih kvantnih računara.

Trenutno ne postoji finansijska isplativost kvantnih računara u smislu zarade. Za sada se ulaže u njihov razvoj i potrebno je još puno vremena kako bi kvantni računar mogao da radi nešto korisno. Trenutni čipovi, u većini slučajeva, poseduju najmanje 53 kubita, a da bi računar bio koristan potrebno je da sadrži desetine do stotine hiljada kubita kako bi rešavao realne poslovne probleme. IBM u kladu ima svoje kvantne računare od 2016. godine.

Trenutna glavna upotreba kvantnih računara se svodi na simulacije u oblasti kvantne mehanike. Daljim razvojem, s obzirom da kvantni računar radi na nivou atoma, treba da ima mogućnost da razloži svaki molekul i predstavi ga u digitalnom obliku sa svim identifikovanim atomima što će biti značajno pre svega za zdravstvo i farmaciju.

Zemlje poput Kine i SAD su već investirale u obrazovanje i pokušavaju da privuku zainteresovane za školovanje o kvantnim računarima mnogobrojnim inicijativama i akcijama. Trenutno ne postoji savršen i upotrebljiv kvantni računar za rešavanje realnih problema, ali isto tako ni dovoljno obrazovan kadar za njegovu upotrebu. Stoga je glavni akcenat na daljim istraživanjima na povećanju broja kubita unutar samih čipova, kao i na obrazovanju ljudi. Iz tog razloga neke od pomenutih kompanija su pustile kvantne računare u klad primenu kako bi ljudi mogli da ih testiraju, uče o njima i proučavaju različite načine upotrebe.

Kada kvantni računari budu dostigli superiorniju moć i realnu primenu, mogu biti vrlo korisni u klad okruženju zato što pored njihove procesne moći ne troše energiju, niti proizvode toplotu, pa samim tim napajanje i rashladni sistem kvantnog računara, koji sada troše oko 25 kW, veoma su energetski efikasni. Što se tiče procesne moći, kvantni računari su primenljivi i isplativi u oblastima gde su potrebne razne simulacije, proračuni i matematička izračunavanja, koja prevazilaze

mogućnosti današnjih tipičnih računara poput astrologije, meteorologije, zdravstva i slično. Takođe, određena specijalizovana namena kvantnih računara u klad sistemima će predstavljati moćan alat za obradu složenih problema u već pomenutim oblastima.

#### 4. ZAKLJUČAK

Kvantni računar koristi čestice poput elektrona, protona, fotona i sl. kao osnovni element unutar procesora. Sve te čestice imaju posebne osobine kvantne fizike koja se razlikuje od klasične fizike koju poznajemo. Moguće prednosti kvantnih računara, koji takođe rade sa bitima kao i obični računari, jeste to što čestice kod kvantnih računara mogu imati superpoziciju odnosno nositi dvostruku vrednost istovremeno. Vrednost same čestice se dobija tek prilikom njenog merenja. Time je omogućeno preračunavanje svih mogućih kombinacija istovremeno, čime se vreme obrade kompleksnih zadataka drastično smanjuje.

Pored navedenih osobina, prednost kvantnih računara je to što oni ne proizvode toplotu niti troše energiju. Energija koja se troši za njih je samo onoliko koliko je potrebno pokrenuti sam kvantni računar i davati mu instrukcije uz održavanje sistema hlađenja. Sami kvantni računari za svoj rad zahtevaju temperaturu blisku apsolutnoj nuli.

Njihova mana može biti trenutno teška konfiguracija i podešavanje s obzirom da svako vađenje čipa iz njegove radne temperature može zahtevati ponovnu kalibraciju u trajanju i do mesec dana.

Kada kvantni računari dostignu pun potencijal u rešavanju realnih problema, biće vrlo poželjni u klad okruženju zbog male potrošnje energije, brže obrade zahteva i veće procesne moći za realizaciju proračuna i drugih poslova baziranih na računskim operacijama određenog stepena kompleksnosti. Time će klijenti imati mnogo brži pristup uslugama. Značajne mogućnosti primene mogu biti u oblasti medicine za bolje i detaljnije analiziranje svih bolesti i lekova do nivoa atomskih čestica, kao i u meteorologiji i tačnijem proračunu vremenske prognoze.

#### LITERATURA

- [1] Hruska, "Epic Win: AMD's 64-core 7nm Epyc CPUs Leave Xeon Lying in the Dirt," Extreme Tech, 8 Avgust 2019. [Online]. Available: <https://www.extremetech.com/computing/296307-epic-win-amds-64-core-7nm-epyc-cpus-leave-xeon-lying-in-the-dirt>. [Accessed 15. februar 2020]

- [2] Intel, "INTEL® XEON® PLATINUM PROCESOR," Intel, Q2 2019. [Online]. Available: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/processors/xeon/scalable/platinum-processors.html>. [Accessed 15. februar 2020]
- [3] Denis G, "Hard Drive Revolution in 2020? Technology Clash: HAMR vs MAMR," MSP360, 28. avgust 2019. [Online]. Available: <https://www.msp360.com/resources/blog/hamr-vs-mamr-new-hdd-technology/>. [Accessed 16. februar 2020]
- [4] William Gayde, "PCIe 4.0 vs. PCIe 3.0 SSDs Benchmarked," TechSpot, 23. septembar 2019. [Online]. Available: <https://www.techspot.com/review/1893-pcie-4-vs-pcie-3-ssd/>. [Accessed 16 februar 2020].
- [5] Paul Rubens, "SSD vs. HDD Speed," Enterprise Storage, 16 januar 2019. [Online]. Available: <https://www.enterprisestorageforum.com/storage-hardware/ssd-vs-hdd-speed.html>. [Accessed 14. februar 2020].
- [6] International Telecommunication Union, "Data communication over the telephone network," International Telecommunication Union, 18. februar 2008. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-V/en>. [Accessed 8. februar 2020].
- [7] A. Đorđević, S. Đorđević and N. Živić, Nova upotreba bakarnih parica: xDSL tehnologija, Beograd: Naučnotehnički PREGLED, 2000.
- [8] Milan Kragujević, "Upoznajte EuroDOCSIS #1: neznani junak brzog kablovskog interneta," 7. januar 2020. [Online]. Available: <https://milan-kragujevic.com/upoznajte-eurodocsis-br-1.-neznani-junak-brzog-kablovskog-interneta>. [Accessed 8. februar 2020].
- [9] D. Muratagić, WiMax tehnologija i njena perspektiva u okruženju mobilnih mreža četvrte generacije, Travnik: Internacionalni univerzitet Travnik - Fakultet politehničkih nauka, 2019.
- [10] IT base, "Standardi mobilnih mreža (2G, 3G, 4G\LTE, 5G)," IT base, 6. april 2019. [Online]. Available: <https://itbase.ba/vijesti/1211/standardi-mobilnih-mreza-2g-3g-4glte-5g>. [Accessed 9. februar 2020].
- [11] PC Press, "Kako realizovati 10 GbE i optičke mreže?," PC Press, 23. oktobar 2019. [Online]. Available: <https://pcpress.rs/kako-realizovati-10-gbe-i-opticke-mreze/>. [Accessed 15. februar 2020].
- [12] "Quantum tunneling," [Online]. Available: <https://i.pinimg.com/originals/06/d6/f3/06d6f329c3ebae10c5eaa17d9b9e46b8.jpg>.
- [13] University of Vaterloo, "INSTITUTE FOR QUANTUM COMPUTING," University of Vaterloo, [Online]. Available: <https://uwaterloo.ca/institute-for-quantum-computing/quantum-computing-101>. [Accessed 15. februar 2020].
- [14] "Qubits," [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Betsy\\_Villa\\_Brochero/publication/333248280/figure/fig1/AS:761078011146240@1558466546788/Representation-of-a-four-qubit-cluster-in-superposition.png](https://www.researchgate.net/profile/Betsy_Villa_Brochero/publication/333248280/figure/fig1/AS:761078011146240@1558466546788/Representation-of-a-four-qubit-cluster-in-superposition.png).
- [15] F. D. L. Marquezino, R. Portugal and C. Lavor, A Primer on Quantum Computing, Bazel, Švajcarska: Springer, 2019.
- [16] J. Porter, "Google confirms 'quantum supremacy' breakthrough," The Verge, 23. oktobar 2019. [Online]. Available: <https://www.theverge.com/2019/10/23/20928294/google-quantum-supremacy-sycamore-computer-qubit-milestone>. [Accessed 3. februar 2020].
- [17] D-Wave, 2019. [Online]. Available: [https://www.dwavesys.com/sites/default/files/D-Wave%202000Q%20Tech%20Collateral\\_1029F.pdf](https://www.dwavesys.com/sites/default/files/D-Wave%202000Q%20Tech%20Collateral_1029F.pdf). [Accessed 10. februar 2020].
- [18] "D-wave quantum computer," [Online]. Available: <https://pbs.twimg.com/media/C7XFH7UW4AUzYRf.jpg>.



MARKO SUBOTIĆ\*, LUKA KECMAN\*\*

## ZELENE ALTERNATIVE ZA DRUMSKI I ŽELEZNIČKI TRANSPORT

### GREEN ALTERNATIVES FOR ROAD AND RAIL TRANSPORT

UDK: 656.2+502/504

#### REZIME:

---

Zagađenje životne sredine produktima sagorevanja motora sa unutrašnjim sagorevanjem pokrenulo je proizvođače drumskih i železničkih vozila da traže alternativna rešenja za pogonsku energiju. Jedna grupa proizvođača drumskih vozila svoj razvoj je usmerila u hibridni pogon drumskih vozila, odnosno primarno korišćenje električne energije, a samo kao sekundarno rešenje korišćenje motora na fosilna goriva. Poslednjih desetak godina intezivno se radi na korišćenju vodonika za pokretanje drumskih i železničkih vozila. Prvobitni eksperimenti dali su rezultate tako da već postoje vozila koja za svoj pogon koriste vodonik. Ubrzan razvoj i proizvodanja drumskih vozila na električni pogon bio je direktno u vezi sa proizvodnjom i kapacitetom električnih baterija za drumska vozila, odnosno sa vremenom ponovnog punjenja. Drugi razlog je infrastruktura, odnosno obezbeđivanje eletroprikjučaka na benzinskim pumpama za brzo napajanje drumskih vozila. Da bi se tačno odgovorilo na postavljena pitanja, u ovom radu ćemo se pozabaviti načinom funkcionisanja najopštije poznatih pogonskih jedinica skorijeg vremena, uraditi njihovu međusobnu komparaciju i pokušati dati odgovor na najteže pitanje, a to je, da li nam se smeši zelena budućnost.

**Ključne reči:** motor, elektrifikacija, vodonik, baterije, obnovljivi izvori energije, drumski i železnički saobraćaj

---

#### SUMMARY:

---

Environmental pollution with internal combustion engine combustion products has prompted road and rail vehicle manufacturers to look for alternative propulsion energy solutions. One group of road vehicle manufacturers has focused its development on hybrid road vehicle propulsion, i.e. the primary use of electricity, and only as a secondary solution to fossil fuel engines. For the last ten years, intensive work has been done on hydrogen to start road and railway vehicles. The original experiments gave results so that there are already vehicles that use hydrogen for their propulsion. Accelerated development and production of electric road vehicles were directly related to the production and capacity of electric batteries for road vehicles, i.e. the length of charging time. The second reason is the infrastructure, i.e., electrical connections at gas stations for the fast power supply of road vehicles. In order to correctly answer the questions, we will deal with the functioning most generally known power units in recent times, make their mutual comparison and try to answer the most challenging question, which is whether we are smiling green future.

**Key words:** engine, electrification, hydrogen, batteries, renewable energy sources, road and rail transport

---

\* Marko Subotić, HYCU d.o.o, Beograd, Savski nasip 7, marko.subotic@hycu.com

\*\* Luka Kecman, Evennon d.o.o. Beograd, Bulevar Mihaila Pupina 6, kecmankuka12@gmail.com

## 1. UVOD

Transport je jedna od najznačajnijih ljudskih aktivnosti i delatnosti, koji omogućava neprestani rast i funkcionisanje globalne i lokalne privrede. Upravo zbog tog njegovog velikog značaja, kroz vekove, načini transporta su postepeno bili evoluirani, kako bi se došlo do tačke gde se danas nalazimo. Međutim, čak ni danas, transport se ne smatra najboljim i najefektivnijim, i dalje postoji mnogo prostora za buduća poboljšanja. Jedno od tih potencionalnih poboljšanja odnosi se na pronalaženje načina da se zadrži lakoća i brzina transporta, a time ne štetiti okolini. Da bismo razumeli budućnost, moramo poznavati sadašnjost.

Motor (od latinskog *movēre*, *mōvī*, *mōtum* - pokretati) pogonska je mašina koja neki vid energije kontinuirano pretvara u mehanički rad. U današnje vreme se pod nazivom motor obično podrazumeva motor sa unutrašnjim sagorevanjem (SUS), koji se koristi u automobilima. Motor sa unutrašnjim sagorevanjem je možda najčešći primer toplotnog motora kod koga se toplotna energija pretvara u mehaničku. Osnovna karakteristika motora sa unutrašnjim sagorevanjem je sagorevanje u njegovim cilindrima. Pri tome, sagorevanju je izložena smeša goriva, koju čine ugljovodonici i kiseonik iz atmosferskog vazduha, uz oslobađanje mehaničke energije, što je i osnovna svrha postojanja motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Oslobođeni gasovi se izbacuju iz motora da bi nastavio sledeći ciklus rada motora. Upravo ti gasovi u sebi sadrže veliku količinu štetnih materija. U idealnim uslovima, produkte sagorevanja trebalo bi da čine ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>) i vodena para (H<sub>2</sub>O). Međutim, u realnim uslovima, pored navedenih sastojaka, izduvni gasovi sadrže i višak kiseonika (O<sub>2</sub>) i azot (N<sub>2</sub>), a i nepoželjne sastojke kao što su ugljen-monoksid (CO), nesagoreli ugljovodonici (HC), oksidi azota (NO<sub>x</sub>) i čvrste čestice (PM). Ugljen-monoksid nastaje pri nepotpunom sagorevanju ugljenika iz ugljovodonika u gorivu. Teorijski, pri prisustvu viška kiseonika, odnosno u „siromašnoj smeši“, ne bi trebalo da bude ugljen-monoksida u produktima sagorevanja, već isključivo neotrovnog ugljen-dioksida.

Uvidevši štetnost i mnogobrojne poremećaje u klimatskim promenama, koji ovi tipovi motora proizvode, mnogi svetski lideri (možda najizraženije u auto-industriji), započeli su pravu malu revoluciju u rekonstrukciji motora sa unutrašnjim sagorevanjem. (Tomić, Petrović, 2004) Danas, kao glavnu nadgradnju spomenutog tipa motora, imamo takozvane hibride, pa čak i potpuno električne automobile.

Sličan slučaj je i sa železničkim saobraćajem. U okviru Holandskih i Nemačkih železnica razvijeni projekti upotrebe zelene energije i pogona na vodonik svedoče o dobrim praksama i pripremanju trase budućih pravaca razvoja.

## 2. MOTORI

### 2.1. Motor sa unutrašnjim sagorevanjem

Često je rešenje u transportu, kako zbog svoje višedecenijske proverenosti, pouzdanosti, tako i zbog odličnog balansa težine i snage motora. Tokom niza godina se neprekidno razvijao, kako bi sa jedne, naizgled proste parne mašine, došao u još savršeniji, današnji oblik. Ono što je svim motorima sa unutrašnjim sagorevanjem zajedničko je neophodna upotreba prerađene sirovine (goriva), zarad njihovog funkcionisanja tj. normalnog rada.

Svaki motor sa unutrašnjim sagorevanjem se sastoji od dva ključna elementa u motoru: cilindra i klipa, u kojima se sve događa, proces sagorevanja i proizvodi tog procesa. Prema generalnoj podeli i redosledu aktivnosti unutar spomenutih elemenata, razlikujemo sledeće procedure: usisavanje, kompresiju (sabijanje), sagorevanje (eksplozija) i izduvavanje. Osnovni kružni termodinamički ciklusi interesantni za klipne motore SUS su:

1. Oto ciklus, odnosno ciklus sa dovođenjem toplote pri konstantnoj zapremini ( $V=\text{const}$ ),
2. Dizel ciklus, odnosno ciklus sa dovođenjem toplote pri konstantnom pritisku ( $p=\text{const}$ ) i
3. Sabate ciklus, odnosno ciklus sa kombinovanim dovođenjem toplote ciklusu (delom pri  $V=\text{const}$ , a delom pri  $p=\text{const}$ ).

### 2.2. Motori na hibridni pogon

Hibridni pogon se može posmatrati kao tranzicija sa tradicionalnih tipova motora sa unutrašnjim sagorevanjem na čist električni pogon. Da budemo precizni, hibridni pogon se i zove hibridni baš zato što podrazumeva korišćenje dve vrste tehnologije. Glavna prednost ovakve jedne postavke je kombinovana, veća snaga motora, koja pruža povećanu autonomiju kretanja, uz manju generalnu potrošnju goriva. Međutim, glavna mana je to što se elektromotor, u većini slučajeva, isključivo oslanja na konvencionalni tip motora jer kapaciteti baterija, koji pokreću elektromotor, nisu dovoljno veliki da bi se mogle preći velike distance (mala izlazna snaga i znatno manji radijus kretanja elektromotora). Kada već govorimo o motorima, konvencionalni

motor se postavlja kod većine vrsta automobila na tradicionalnom mestu (ispod prednje haube), dok elektromotor se može naći ispod samog utovarnog prostora (gepeka) umesto recimo rezervnog točka.

Hibridne motore možemo pronaći u različitim vidovima transporta. Kako bi zadovoljile sve veću tražnju za kvalitetnim, brzim i ekonomičnim transportom, brojne zemlje su razvile različite planove za izgradnju elektrificirane pruge velikih brzina. Najsavremenije među njima imaju železnice velikih brzina i koriste hibridne uređaje za kvalitet električne energije, - Railway HPQC (Keng-Veng, et al 2019).

Elektromotor ne zagađuje okolinu i omogućava samostalno kretanje vozila pri gradskim brzinama. Kada dodatne snage zatreba ili se baterije potpuno isprazne, ubacuje se konvencionalni motor (uglavnom benzinski tip motora), koji kao suplement dodaje svoju snagu, zarad postizanja određene, veće brzine kretanja ili dopune samih baterija elektromotora. Cilj je da se hibridno vozilo u potpunosti kreće na struju koliko god duže je to moguće, a da se, po potrebi, konvencionalni motor priključi. Isto je vredno napomenuti da kada se hibridno vozilo nalazi u fazi mirovanja, baterije se mogu puniti putem kabla, na konvencionalni kućni strujni priključak. Takođe, još jedan adut vozila sa hibridnim pogonom je regenerativno kočenje, gde kretanje usporava sam elektromotor (puštanje papučiće gasa) i time se samostalno dopunjuju baterije.

### 2.3. Motori na elektro pogon

Ovaj tip pogona podrazumeva potpuno i samostalno kretanje na struju, gde se kretanje vozila ostvaruje nauštrb potrošnje električne energije iz baterija. Ovaj tip vozila poseduje baterije znatnog većeg kapaciteta, koje su ujedno i teže, kako bi autonomija bila slična kao kod vozila sa konvencionalnim ili hibridnim pogonom. Uglavnom se baterije postavljaju dužinom čitavog poda automobila (zbog niskog centra gravitacije) i time se u potpunosti oslobađa prednji deo automobila, koji malim delom zauzima elektromotora. Bitno je istaknuti da ovakav tip vozila nema tradicionalni menjač sa više brzina prenosa, već, umesto njega, poseduje samo jednu brzinu za kretanje vozila unapred. Ono što je definitivno najveća razlika ovakvog tipa pogona u poređenju sa prethodno spomenutima, jeste obrtni momenat, koji je trenutno dostupan. Za razliku od motora sa unutrašnjim sagorevanjem, koji mora da gradi obrtaje kako bi obrtni momenat i snaga bili sve veći, kod elektromotora sve je odmah dostupno. Zato i ne čudi činjenica da čak jedan krajnje običan i porodičan automobil Tesla Model S ubrzava od 0-100

km/h za neverovatnih 2,8 sekundi. Automobil sa 5 pravih sedišta, prostranim gepekom i sve što krasi vozilo za svakodnevnu upotrebu, ima sposobnost kretanja i ubrzanja na kojima mogu da pozavide i većina rasnih sportskih automobila.

Ono što i dalje ostaje kao nedostatak elektromotora jeste vreme potrebno za punjenje baterija. Srećom, punjenje baterija se može rešiti na nekoliko načina, ali svako od spomenutih rešenja ima poneku manu.

U najvećem broju slučajeva, korisnici elektroautomobila koriste struju koja se nalazi u našim domovima. Na regularnoj, kućnoj, monofaznoj utičnici, za elektroautomobil sa prosečnom baterijom od oko 50 kW, potrebno je između 7-8 časova da bi se baterije u potpunosti napunile. Mana, kao što se ona i sama nameće, jeste vreme trajanja punjenja, gde će korisnicima ovakav tip punjenja biti samo moguć i prihvatljiv preko noći. Ovo je ujedno i najsporija varijanta punjenja baterija.

Druga mogućnost je korišćenje brzih DC punjača (punjač sa jednosmernim naponom). U samom startu bitno je napomenuti da postoji više tipova ovakvih punjača, gde imamo jeftinije i skuplje verzije na datu temu. Neki napredniji model brzog punjača može da isporuči i do 50 kW, čime se obezbeđuje puna baterija za nekih 20-30 minuta, do sat vremena, ako je baterija do kraja ispražnjena. Takođe, u ovom segmentu postoje i ultrabrz punjači, koji su sposobni da dopreme čak 75, 150, 350 i 600 kW.

Neka zlatna sredina između ove dve krajnosti jesu AC punjači, tj. punjači sa naizmeničnim naponom. Oni uglavnom su sposobni da dopreme od 7, 22, 43 kW.

Nažalost, ceo svet i dalje najveće količine električne energije crpi iz upotrebe fosilnih goriva (termoelektrane kao primer). U tom istom pravcu, sam način izgradnje litijum-jonskih baterija u elektroautomobilima je jednako štetan jer i taj proces uključuje zagađivanje okoline. Zarad održivosti moramo početi sa generisanjem električne energije iz obnovljivih vrsta energije (voda, vetar, sunce itd.).

Takođe, električni železnički sistemi igraju ključnu ulogu u ublažavanju zagađenja uzrokovanih drumskim saobraćajem. Električna vuča postala je tokom vremena važna za kolektivni prevoz ljudi i robe, jer efektivno doprinosi ublažavanju zagađenja uzrokovanih drumskim saobraćajem (Brenna, et al 2018). Kao glavni predstavnici ovog segmenta su podzemne železnice, tj. metroi, koji su gotovo obavezni u svim većim, gušće naseljenim gradovima.

Kao najkompleksniji projekat, koji su ikad izveli, na spomenutu temu mnogobrojni matematičari i fizičari, jeste podzemna železnica grada New York-a, koja poseduje 472 stanice, tj. 161 mogući način različitih konekcija među dostupnim metro linijama.

## 2.4. Motori sa pogonom na vodonik

Kao što je mnogobrojno puta bilo napominjano, električna vozila predstavljaju našu zelenu budućnost. Iako se sa tehničke tačke gledišta vozila sa pogonom na vodonik mogu svrstati u redove električnih vozila, zbog upotrebe baterija i elektromotora, sam način generisanja struje i punjenja baterija je potpuno drugačiji.

Stoga, prevozna sredstva sa pogonom na vodonik kreću se jednako bešumno kao opšte poznata elektrovozila. Da budemo precizniji, za glavni pogon se i dalje koristi elektromotor, koji svoju snagu crpi iz baterija, ali umesto velikih baterija od 70 do 100 kW kapaciteta kao što npr. Tesla koristi u automobilskoj industriji, vozila pogonjena vodonikom se zadovoljavaju sa svega 1.5 kW kapaciteta baterijom. Razlog za to je što ovi tipovi vozila proizvode svoju sopstvenu struju. To se postiže tako što se vazduh usisava iz spoljašnje sredine, pri čemu se vrši izdvajanje kiseonika (O<sub>2</sub>) iz vazduha, gde se zatim čist kiseonik kompresuje i sabija unutar takozvanih gorivnih ćelija. U samoj gorivnoj ćeliji reaguju kiseonik i vodonik (H<sub>2</sub>). Proizvod reakcije je voda i toplotna energija (egzotermna reakcija). Kao i kod konvencionalnog motora, i gorivne ćelije se moraju isprazniti kako bi bile spremne za sledeću hemijsku reakciju. Jedini nusprodukt ove hemijske reakcije je topla voda. Ono što je jako zanimljiva činjenica je da ovi tipovi vozila prečišćavaju vazduh, jer vazduh koji ulazi u gorivne ćelije mora biti filtriran. Takođe, autonomija kretanja koji proizvođači ovih vozila tvrde iznosi oko 600 km (npr. Hyundai automobili) i upotreba regenerativnog kočenja se isto i ovde može naći. I ono što je definitivna prednost u odnosu na čisto električna vozila, jeste brzina punjenja vodonika, kao i kod punjenja rezervoara kod vozila sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem. Istina je da ovakvi tipovi pumpa nisu nimalo rasprostranjeni i da ih nema svuda po svetu.

## 3. ČIST TRANSPORT

Čist transport zahteva razvoj alternativnih goriva, naprednih transportnih tehnologija i širenje tradicionalnih usluga javnog prevoza što rezultira nižom emisijom zagađujuće materije, većom efikasnošću transporta po jedinici energije, ali i pristupačnijim i upotrebljivijim transportnim sistemom. Borba za čist transport porazumeva:

- efikasnost potrošnje goriva – razvoj naprednih vozila;
- razvoj javnog prevoza;
- smanjenje učešća u transportu drumskih vozila koja koriste fosilna goriva;
- razvoj inteligentnog transportnog sistema.

Efikasnost goriva se odnosi na efikasnost konverzije hemijske energije u električnu ili mehaničku energiju.

Javni prevoz – u mnogim mestima ljudi koriste automobile, ne zato što to žele, već zato što je malo praktičnih alternativa. Cilj urbanog javnog transporta je povećanje učešća šinskih vozila na elektropogon, pošto su najmanji zagađivači životne sredine.

Smanjenje pređenog puta drumskih vozila – je direktno povezano izgradnjom jedinstvenog transportnog sistema, gde se drumska vozila koriste kao prevoz od/do šinskih sistema transporta u daljinskom, regionalnom i urbanom prevozu. Ovaj model integrisanja drumskog i šinskog prevoza, popularno se u svetu zove "Drive and park".

Inteligentni transportni sistemi (ITS) su važni u optimizaciji saobraćaja, ne samo sa aspekta bezbednosti i efikasnosti, već kroz preciznu analitiku utiču na smanjenje energije i zagađenja životne sredine. Zbog toga su države širom sveta, kroz strategiju integralnog sistema zaštite životne sredine i koncept pametnih gradova, prepoznale inovativne ITS tehnologije kao jedan od ključnih alata za smanjenje emisije štetnih gasova, optimizujući saobraćaj u urbanim i međugradskim sredinama.

## 4. AKTIVNOSTI ŽELEZNICA EVROPE U KORIŠĆENJU ZELENE ENERGIJE I SAMNENJU EMISIJE UGLJEN- DIOKSIDA

### 4.1. Holandske železnice - Zelena energija za vozove, autobuse i stanice

U 2017. godini vozovi u Holandiji postali su prvi na svetu koji su 100% koristili zelenu energiju - energiju vetra, pružajući putnicima mogućnost putovanja bez emisije CO (Balkan Green Energy News 2017).

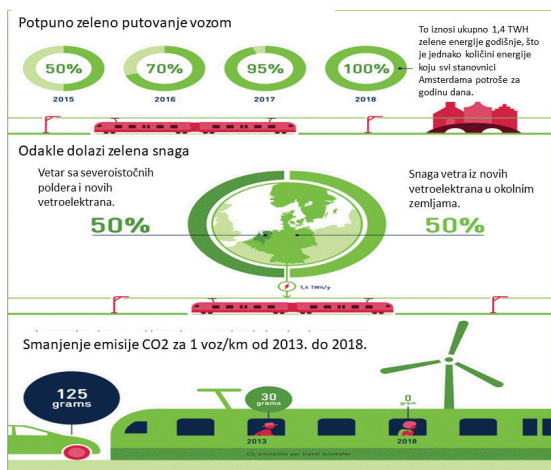
Holandske železnice (NS) svake godine troše 1,4 teravat sati (TWh) električne energije, što je ekvivalent 1% holandske potrošnje električne energije, ili ukupne potrošnje električne energije svih domaćinstava u Amsterdamu. Zelenu električnu energiju, koju koriste, generišu novi vetroparkovi koji su fazno puštani u rad. Polovina ove električne energije dolazi iz Holandije, a druga polovina se uvozi iz Švedske, Finske i Belgije

(tabela 1). Potrošnja ove energija se može direktno pratiti do pojedinih vetroparkova jer koriste evropski sistem sertifikacije GVO(Balkan Green Energy News 2017).

Tabela 1: Izvori i procenti korišćenja vetroenergije u HS (Balkan Green Energy News 2017)

Zemlja porekla vetroenergije	Korišćenje vetroenergije Holandskih železnica (%)
Holandija	54
Švedska	30
Finska	15
Belgija	1

Ugovorom između ENECO (vlasnika vetroparkova) i prevoznika, od kojih je NS najveći, bilo je predviđeno da vozovi pređu na energiju vetra do 1. januara 2018. godine. Cilj je dostignut godinu dana ranije, zahvaljujući završetku izgradnje vetroparkova u Holandiji, Belgiji i Finskoj pre očekivanog roka. Eneco i NS su saopštili da u Holandiji danas oko 600.000 putnika dnevno putuje zahvaljujući energiji vetra, što je prvi zabeleženi slučaj u svetu. To znači da se dnevno realizuje 1,2 miliona putovanja vozom dnevno sa nultom emisijom CO<sub>2</sub>. Partnerstvo te dve kompanije omogućilo je da Eneco uložiti značajna sredstva u proširenje kapaciteta svojih vetroparkova (Balkan Green Energy News 2017).



Slika 1. Prikaz povećanja vetroenergije i smanjenje emisije CO<sub>2</sub> u NS (Balkan Green Energy News 2017)

Jedna vetrenjača za sat vremena rada može da napaja putovanje voza od oko 200 kilometara. NS i Eneco se nadaju da smanje utrošak energije po putniku za 35% do 2022. godine u odnosu na nivo iz 2005. godine. Holandske železnice su se obavezale i da će snižavati potrošnju energije za dva odsto godišnje.

U Holandiji postoji oko 2.200 vetro turbina, koje obezbeđuju električnu energiju za 2,4 miliona domaćinstava.

Holandske železnice su pokrenule široku akciju korišćenja alternativnih izvora energije koji ne uzrokuju emisiju CO. Autobusi u sastavu NS od januara 2019. pokreće HVO (hidrotretirano biljno ulje) napravljeno od prerađenog ulja za duboko prženje i industrijskih masti. Ova vrsta goriva smatra se klimatski neutralnom, jer ne uzrokuje emisiju CO<sub>2</sub>. Njegova proizvodnja takođe ne koristi prirodne sirovine ili resurse za proizvodnju hrane.

Stanice se greju pomoću izmenjivača toplote ili zelene električne energije. Ambicija NS je takođe da koriste sve više sopstvenih resursa energije za grejanje i osvetljenje objekata.

#### 4.2. Nemačke železnice i vozovi na vodonik

Vozovi sa lokomotivom na vodonik mogu da pređu oko 1.000 kilometara sa jednim rezervoarom vodonika, pri prosečnim brzinama od 140 km/h. Hemijsko obrazloženje glasi kako vodonične ili gorive ćelije generišu električnu energiju kombinovanjem vodonika i kiseonika, dok je jedini proizvod ove mešavine voda. Ovo čini ćelije obećavajućim izvorom energije koji proizvodi nulte emisije izduvnih gasova i veoma malo buke.

Lokomotive na vodonik su daleko skuplje od dizel-elektro modela, ali su ujedno daleko jeftinije tokom korišćenja, pogotovu uzimajući u obzir nulto zagađenje životne sredine.

Iako su ovakve lokomotive i dalje prilično skupe, vodonične ćelije imaju velike prednosti naspram baterija. Umesto ponovnog punjenja, na primer, jednostavno je potrebno dopuniti ćelije kao što biste to učinili sa gasnim ili dizel motorima. Zbog toga što je raspored voza veoma predvidljiv, veoma je lako kreirati infrastrukturu za punjenje.

Novo istraživanje pomoći će da se smanje troškovi gorivnih ćelija, dok se ovaj pogonski sistem već koristi u drugim poljima industrije, u automobilima i autobusima. Svetski poznati brend Alstom se nada da će uskoro 12 novih lokomotiva biti priključeno njegovoj Lower Saxony floti.

Nemačke železnice sve više koriste ekološku struju. „Vožnja vozom predstavlja zaštitu klime” i „Ovo je zeleno”, piše na plakatima Nemačke železnice - Dojčeban (DB). Od 1. januara 2018. svi vozovi u međugradskom i internacionalnom saobraćaju, odnosno za vozove sa oznakama IC i ICE, saobraćaće pomoću zelene elektroenergije. Sa tim vozovima se u Nemačkoj godišnje preveze 140 miliona putnika.

DB svake godine objavljuje informacije o poreklu struje, koja pokreće vozove. Najveći deo te struje još uvek potiče iz termoelektrana. Učešće obnovljivih izvora energije je 2016. bio 42 odsto. Po obećanju da će ovaj koncern da prevozi svoje putnike na „ekološku” struju, taj udeo se 2018. povećao na 50 %, do 2030. godine bi to trebalo da bude 70 %, a 2050. da dostigne 100 %.

### 5. SNCF- OBNOVLJIVA ENERGIJA ZA POGON VOZOVA I ŽELEZNIČKIH OBJEKATA

Od električne energije do dizel goriva, do gasa, predviđanje potražnje i pronalaženje inovativnih, održivih energetske rešenja prioritet su za Francuske železnice (SNCF).

SNCF su veliki potrošač energije o čemu govore sledeći podaci (SNCF, 2020):

- 165 miliona litara goriva koristi se za vuču vozova, radionice i vozni park od 20.000 drumskih vozila,
- 16.8 TWh je ukupna potrošnja električne energije SNCF grupe u 2017. godini, odnosno oko 5% sve potrošene električne energije u Francuskoj.

Izazov za celu SNCF grupu je da poslovanje učini zelenijim i sa što manje ugljen-dioksida. Smanjenje potrošnje energije u okviru SNCF ima više izazova: ekonomskih, socijalnih, ekoloških i tehnoloških. Da bi ispunili dvostruko postavljene ciljeve borbe protiv klimatskih promena i poboljšanja kvaliteta vazduha, 2016. godine usvojili su ambicioznu energetske politiku, koja obavezuje da smanje uticaj svog delovanja na životnu sredinu i smanjenje emisije CO za 25% do 2025.

Akcioni plan SNCF za smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu i smanjenje emisije ugljen-dioksida ima više segmenata (SNCF, 2020).

- Potrošiti manje energije - Naponi uglavnom se fokusiraju na promenu naših navika i profesionalne prakse, optimizaciju postojeće opreme i dizajniranje ili kupovinu energetske efikasnije opreme;
- Poboľšati merenje i nadzor - Bolje merenje i praćenje znači i bolju kontrolu potrošnje. Da bi ovaj cilj postigli počeli su da koriste automatizovane sisteme za upravljanje zgradama i objektima, brojilima u vozovima uz veću primenu IT sistema;
- Obustava korišćenja fosilnih goriva – Smanjenje emisije CO i drugih zagađivača, podrazumeva prestanak korišćenja fosilnih goriva, odnosno prelazak na bioenergiju, hibridna vozna sredstva i vozove na vodonik, zamenu naših kotlova na lož-ulje i još mnogo toga;
- Napajanje električnom energijom iz obnovljivih izvora – Cilj je sklapanje dugoročnih ugovora o

kupovini električne energije iz obnovljivih izvora, kako bi se omogućilo proizvođačima te energije da povećaju investicije u obnovljive izvore energije;

- Proizvodnja obnovljivih izvora energije – Sopstvena proizvodnja fotonaponske i drugih oblika obnovljive energije razvojem solarnih farmi i drugih instalacija na krovovima naših zgrada i parkinga;
- Railponsible – Usvojena je politika nabavke po program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (UNEP). Kao članovi očekuju od svojih dobavljača da uvode inovacije i usvoje najbolje prakse za energetske efikasnost.

### 6. ZAKLJUČAK

Korišćenje alternativnih izvora energije za pokretanje drumskih i železničkih vozila je revolucionaran preojekat koji zahteva vreme, usavršavanje postojećih tehničkih rešenja za čuvanje, proizvodnju i distribuciju energije iz obnovljivih izvora.

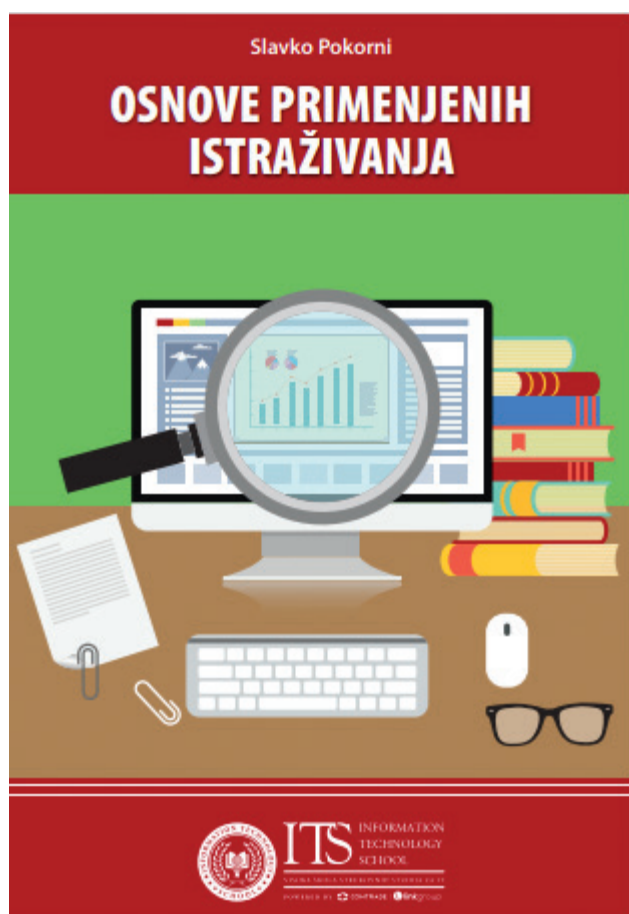
Ako uzmemo u obzir da je svetski pokret za smanjenje emisije štetnih gasova i čestica postao uslov opstanka Zemlje, možemo izvesti zaključak da će ogroman broj naučnih institucija biti angažovan da u budućnosti potpuno zameni fosilno gorivo kao pogonsku energiju drumskih i železničkih vozila.

Da li je veliki srpski naučnik Tesla bio samo vidovit ili je već početkom 20. veka imao rešenje, kako čovečanstvo da koristi besplatnu kosmičku energiju, koja će biti dostupna svima i svim uređajima.

### LITERATURA

- [1] Tomić M, Petrović C: Motori sa unutrašnjim sagorevanjem, Beograd - Mašinski fakultet, 2004.
- [2] Keng-Veng L, Man-Chung V, Ningli D: Co-phase Traction Power Supply with Railway Hybrid Power Quality Conditioner, Singapore – Springer, 2019.
- [3] Morris B, Foadelli F, Zaninelli D: Electrical Railway Transportation Systems, Wiley-IEEE Press, 2018.
- [4] SNCF Veb sajt <https://www.sncf.com/en> (pristupljeno 28.12.2020. godine)
- [5] Balkan Green Energy News: Holandski vozovi se napajaju energijom vetra, 2017, <https://balkan-greenenergynews.com/rs/author/balkangreenenergynews/> (pristupljeno 22.12.2020. godine).

## PRIKAZ KNJIGE „OSNOVE PRIMENJENIH ISTRAŽIVANJA“



Autor: Prof. dr Slavko Pokorni  
Izdavač: Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije, ITS – Beograd  
Godina izdanja: 2020.  
ISBN: 978-86-89007-33-6

Udžbenik Osnove primenjenih istraživanja je prvenstveno namenjen studentima master strukovnih studija, koje predstavljaju novinu u visokoobrazovnom sistemu Republike Srbije. Urađen je u skladu sa programom istoimenog predmeta u Visokoj školi strukovnih studija za informacione tehnologije

(koja se češće pojavljuje pod skraćenicom ITS) iz Beograda. Treba da olakša savladavanje nastavnog gradiva iz tog predmeta, kao i izradu završnog master strukovnog rada.

U Pravilniku o standardima i postupku za akreditaciju studijskih programa, koji je Nacionalni savet za visoko obrazovanje Republike Srbije usvojio 2019. godine, u standardu 5. Kurikulum, stoji „Završni rad na master strukovnim studijama je projekt u kojem se rešava praktični problem“. S obzirom na to da rešavanje praktičnih problema spada u domen primenjenih istraživanja, proizlazi da završni rad na master strukovnim studijama spada u domen primenjenih istraživanja, pa otuda i potreba za studijskim predmetom Osnove primenjenih istraživanja, a time i ovakvim udžbenikom.

Udžbenik je napisan na 300 stranica, uključujući sadržaj, predgovor, popis literature i 13 priloga, među kojima su: poređenje osnovnih i primenjenih istraživanja; proces realizacije primenjenih istraživanja; šta je, a šta nije IT projekat; primer sadržaja i liste pitanja izveštaja o primenjenom istraživanju; kriterijumi kvaliteta projekta primenjenih istraživanja; primer projekta; rečnik i indeks pojmova. Na početku svakog poglavlja dat je kratak opis suštine sadržaja poglavlja i ishodi učenja poglavlja (ovo poslednje je novina u našim udžbenicima), a na kraju svakog poglavlja najvažnije iz poglavlja i obično oko pet test pitanja za samoproveru znanja.

Težište udžbenika je na objašnjavanju šta je istraživanje, posebno šta je primenjeno istraživanje (a ono je osnova za realizaciju master strukovnog završnog rada) i kako se ono sprovodi. Objasnjavaju se sve faze istraživačkog postupka od pronalaženja problema i njegove formulacije, pronalaženja literature i obrade rezultata do pisanja izveštaja o realizovanom istraživanju i publikovanja rezultata, uključujući master rad. Sadržaj je strukturiran u 14 poglavlja:

- NAUKA I PRIMENJENA ISTRAŽIVANJA
- ISTRAŽIVAČKI PRISTUP REŠAVANJU PROBLEMA, IDEJE I RESURSI
- POSTAVLJANJE PROBLEMA I FORMULISANJE HIPOTEZA
- PRONALAZENJE RELEVANTNE LITERATURE I NJENO KORIŠĆENJE
- METODOLOGIJE PRIMENJENO-ISTRAŽIVAČKOG RADA
- PRIKUPLJANJE PODATAKA, ANKETE I UPITNICI
- EKSPERIMENTALNI PRISTUP ISTRAŽIVANJU
- STATISTIČKE METODE ZA OCENU REZULTATA ISTRAŽIVANJA
- PRIPREMA NAUČNIH RADOVA, PRAVILNO REFERENCIRANJE NA KORIŠĆENU LITERATURU
- OCENA I POREĐENJE REZULTATA ISTRAŽIVANJA
- PREZENTOVANJE REZULTATA ISTRAŽIVANJA
- PUBLIKOVANJE NAUČNIH I STRUČNIH RADOVA
- PRIPREMA PREZENTACIJA NAUČNIH I STRUČNIH RADOVA
- ETIČKI ASPEKTI NAUČNOG I STRUČNOG RADA

U prvom poglavlju se definišu pojmovi nauka i naučno-istraživačka delatnost (NID), zatim navode načela i ciljevi NID i šta se podrazumeva pod naučnim slobodama, onako kako su one definisane u Zakonu o naučno-istraživačkoj delatnosti Republike Srbije. U nastavku se govori o vrstama istraživanja, sa težištem na primenjenim istraživanjima, kao i o razlikama između osnovnih (fundamentalnih) i primenjenih istraživanja, o njihovim prednostima i nedostacima. Takođe se navode koja su naučna, odnosno obrazovno-umetnička polja, definisana Zakonom o visokom obrazovanju Republike Srbije, i u kakvoj su vezi sa naučnim, odnosno umetničkim i stručnim oblastima, stručnim, akademskim i naučnim nazivima (u koje se ubraja i strukovni master), kao i šta su uže oblasti, ko ih definiše i koja im je svrha. Navodi se i vrste članaka sa težištem na stručnom radu, i šta se podrazumeva pod pojmovima originalnost naučnog rada i uticajnost naučnih rezultata.

U drugom poglavlju se objašnjava kako se postavljaju prava pitanja, jer postavljanjem problema treba da se utvrdi šta želi da istražuje i koji problem da se reši. Pri postavljanju problema važno je da se sagleda šta je to što se ne zna ili je problemsko. Ovde se odgovara na pitanje šta je naučni problem i govori o tome ko je u stanju da formuliše naučni problem, koji su vidovi ispoljavanja problema i koje su vrste naučnih problema. Kako se istraživanje obično obavlja kroz projekat, a za realizaciju projekta, odnosno istraživanja su, pored ostalog, neophodni i odgovarajući resursi, pa se na kraju poglavlja objašnjava šta su resursi, planiranje i plan resursa.

Treće poglavlje je logičan nastavak drugog, i ovde se objašnjavaju faze u istraživačkom procesu, polazeći od takozvane naučne metode, koja nije uvek jedinstveno definisana, jer naučnici ne koriste uvek taj postupak kako ga udžbenici opisuju. U okviru tog postupka, objašnjavaju se faze kao što su: postavljanje problema istraživanja (o čemu je raspravljano i u prethodnom poglavlju), formulisanje cilja istraživanja (u okviru toga kako, na primer, treba formulisati temu i naslov master strukovnog rada i u kakvoj je vezi sa projektom, imajući u vidu da je master strukovni rad projekat), zatim se objašnjava šta je hipoteza, kakav je njen značaj, kako se formuliše i šta znači potvrđivanje hipoteze (deduktivno i induktivno).

Problem istraživanja mora biti obrazložen odgovarajućim teorijskim znanjima. Zbog toga je važna etapa u istraživanju izrada popisa, odnosno pregleda literature (referenci), što je predmet četvrtog poglavlja. Objašnjava se i šta je impakt faktor i Hiršov indeks, koji je njegov značaj i kako se izračunava.

U petom poglavlju objašnjava se pojam metodologije primenjenog istraživačkog rada (PIR), razlika pojmova metodologije i metode, elementi metodologije PIR, pojam filozofije istraživanja, osnovne filozofije istraživanja, pristupi istraživanju, razlike induktivnog i deduktivnog pristupa istraživanju, šta su eksplorativna, proveravajuća, pionirska, prateća, kvantitativna, kvalitativna i onlajn istraživanja. Takođe se objašnjava šta je uzorak i šta se podrazumeva pod planom istraživanja.

Prikupljanje podataka je veoma značajno u svakom istraživanju, pa se u šestom poglavlju navode načini prikupljanja podataka i tipovi podataka, a zatim objašnjava razlika primarnih i sekundarnih podataka, kao i metode prikupljanja podataka u kvalitativnim istraživanjima. Objašnjava se šta je anketa, a šta upitnik, razliku između ankete i upitnika, kao i prednosti i nedostaci upitnika, i važnost izbora reprezentativnog uzorka.

U sedmom poglavlju se objašnjava šta je eksperiment i o čemu je potrebno voditi računa kod zasnivanja i realizacije eksperimenta, razlika nezavisne i zavisne promenljive u eksperimentu, klasifikacija eksperimenata, a u vezi sa tim prethodnog, konačnog i krucijalnog eksperimenta. Na kraju se objašnjava šta je posmatranje, razlika eksperimenta i posmatranja, kao i prednosti eksperimenta nad posmatranjem.

Osmo poglavlje je posvećeno oceni rezultata istraživanja statističkim metodama. Objašnjavaju se pojam



statistike, klasifikacija statistike, razlika deskriptivne i inferencijalne statistike, statističke zakonitosti, statistički uzorci. definišu pojmovi: populacija, uzorak, podatak, promenljiva, i nabrajaju faze statističkog zaključivanja. Objašnjava se sređivanje i obrada podataka. Navode se formule za izračunavanje srednje vrednosti populacije i uzorka, formule za izračunavanje medijane za neparan i paran broj opservacija, kako se određuje mod, kao i formule za izračunavanje varijanse i standardne devijacije populacije i uzorka. Objašnjava se i u kojim slučajevima je srednja vrednost bolja mera od medijane. Objašnjava se čime se bavi teorija verovatnoće, definišu pojmovi verovatnoće i događaja, navode često korišćene kontinualne i diskontinualne raspodele verovatnoće, a kao primer prikazuju formule za normalnu (Gausovu) i Studentovu raspodelu za kontinualne, i za binomnu i Puasonovu za diskontinualne raspodele. Na kraju se definiše pojam hipoteze, navode vrste hipoteza, objašnjava šta su statističke hipoteze: nulta i alternativna, neparametarska i parametarska i navodi postupak testiranja statističkih hipoteza.

S obzirom da je pisanje naučnog i stručnog rada jedna od vrlo važnih aktivnosti u naučnoistraživačkom radu, kojim se postignuti rezultati iznose na uvid javnosti, u devetom poglavlju se objašnjava ceo taj proces, uključujući sve delove članka uz naglašavanje značaja citiranja i referenciranja.

U desetom poglavlju se objašnjava ko obavlja ocenu rezultata istraživanja i način kako se to obavlja kod fundamentalnih, a kako kod primenjenih istraživanja

U jedanaestom poglavlju se objašnjava kome se prezentuju rezultati istraživanja i šta obuhvata prezentovanje rezultata istraživanja, sa težištem na

obradi, interpretaciji i diskusiji rezultata istraživanja i izvođenju zaključaka.

Dvanaesto poglavlje se bavi publikovanjem naučnih i stručnih radova: kako odabrati časopis i naučni skup, slanjem rukopisa, odgovorima na primedbe recenzenata.

U trinaestom poglavlju se objašnjava kako se priprema usmeno izlaganje za naučni ili stručni skup, kako treba pripremiti adekvatno poster izlaganje. Objašnjava se i postupak predaje i odbrane master strukovnog rada, kao i priprema prezentacije za odbranu.

U poslednjem poglavlju se objašnjava značaj etičnog ponašanja uz pozivanje na Kodeks o akademskom integritetu koji je obavezno da imaju sve visokobrazovne institucije.

#### Podaci o autoru

Slavko Pokorni ima više od 40 godina nastavničkog iskustva. Biran je u sva zvanja od asistenata i predavača do redovnog profesora. Redovni je profesor Vojne akademije i Fakulteta savremenih umetnosti i profesor strukovnih studija ITS. Autor je više udžbenika, zbirki zadataka, praktikuma i projekata, i više od 150 radova u međunarodnim i domaćim časopisima i konferencijama. Član je uređivačkih odbora i recenzent časopisa i konferencija. Izvodio je nastavu i u inostranstvu. Mentor je za četiri doktorske disertacije.

**Slobodan Obradović i Aleksandar Kostić,**  
Visoka škola strukovnih studija za  
informacione tehnologije - ITS, Beograd

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

656.2(497.11)

**ŽELEZNICE** : naučno-stručni časopis Železnica Srbije / glavni urednik Slavko Vesković ; odgovorni urednik Danko Trninić. - god. 5, br. 7 (1949) - god. 61, br. 5/6 (maj/jun 2005) ; god. 62, br. 1 (2017) - . - Beograd : Društvo diplomiranih inženjera železničkog saobraćaja Srbije (DIŽS), 1949-2005; 2017 - (Beograd : Službeni glasnik). - 29 cm

Polugodišnje.

- Je nastavak: Саобраћај (Београд, 1945) = ISSN 2560-3566  
ISSN 0350-5138 = Железнице  
COBISS.SR-ID 959492