

Д
Друштво

И
Истраживање

Т
Технологије

НАУЧНО
СТРУЧНИ
ЧАСОПИС

ГОДИНА XXV *** БРОЈ **31**
септембар 2019

SCIENTIFIC
PROFESIONAL
JOURNAL

YEAR XXV *** ISSUE **31**
september 2019

МАШИНСТВО
ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И
РАЧУНАРСТВО
ЕНЕРГЕТИКА
ТЕХНОЛОГИЈЕ
МЕНАџМЕНТ И ЕКОНОМИЈА
ВЕЛИКАНИ НАУКЕ
ИНЖЕЊЕРСКЕ ЛЕГЕНДЕ





ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXIV, Број 31, септембар 2019. год.
Year XXIV, Issue 31, September 2019. year

Оснивач: Друштво инжењера и техничара Зрењанин

Издавач: Друштво инжењера Зрењанин

Главни уредник: Проф.др Милорад Ранчић, Друштво инжењера Зрењанин

Технички уредник: Проф.др Жељко Еремић, ВТШСС Зрењанин

Одговорни уредници:

Машинство: Проф.др Љиљана Радовановић, ТФ“Михајло Пупин“ Зрењанин

Енергетика: Проф.др Јасмина Пекез, ТФ“Михајло Пупин“ Зрењанин

Електротехника и рачунарство: Проф.др Лазо Манојловић, ВТШСС Зрењанин

Технологије: Проф.др Данијела Јашин, ВТШСС Зрењанин

Менаџмент и економија: Проф.др Дејан Молнар, Економски факултет, Београд

Издавачки савет:

Председник Издавачког савета: Милан Зечар, дипл.инж. АД Нафтагас, Нови Сад

Чланови Издавачког савета:

Горан Маринковић, дипл. инж. Културни центар Зрењанин

Никола Адамовић, дипл.инж. Друштво инжењера Зрењанин

Проф.др Драгица Радосав, ТФ“Михајло Пупин“, Зрењанин

Проф.др Обрад Спаић, Факултет за производњу и менаџмент, Требиње

Проф.др Миодраг Ковачевић, ВТШСС Зрењанин

Др Здравко Ждрале, Завод за јавно здравље Зрењанин

Душко Радишић, мсц, Град Зењанин

Славиша Влацић, дипл, инж, Телеком Србија, Зрењанин

Милан Димитријевић, дипл.инж. ДЕК Институт, Зрењанин

Адреса издавача: Друштво инжењера Зрењанин

Македонска 11, 23000 Зрењанин

Е-mail: milorad.rancic@diz.org.rs

www.diz.org.rs

Штампа: Градска Народна Библиотека „Жарко Зрењанин“, Зрењанин

Тираж: 300

Часопис је први пут уписан у Регистар средстава јавног информисања Министарства за информисање Републике Србије 24.11.1994.године под редним бројем 1807.

ISSN 0354-7140

ИЗДАВАЧ



ДРУШТВО ИНЖЕЊЕРА ЗРЕЊАНИН

ФИНАНСИЈСКА ПОДРШКА



ГРАД ЗРЕЊАНИН

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

62

ДИТ : Друштво, Истраживање, Технологије :
научно-стручни часопис / главни уредник Милорад
Ранчић. - Год. 1, бр. 1 (1995)-год. 9, бр. 19/20
(2003) ; Год. 20, бр. 21/22 (2014)- . - Зрењанин :
Друштво инжењера Зрењанин, 1995-2003; 2014-
. - 30 cm

Полугодишње.
ISSN 0354-7140 = ДИТ
COBISS.SR-ID 105108999

РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА

Поштовани читаоци,

Пред Вама је 31. број Научно-стручног часописа ДИТ (Друштво, Истраживање, Технологије). Као што ће те и сами приметити у Уредништву часописа и у његовој форми дошло је до мањих промена.

Издавач часописа, Друштво инжењера Зрењанин, донео је одлуку да се Уређивачки одбор освежи новим именима који ће, надамо се, својим идејама и ангажовањем допринети подизању квалитета објављених радова и прилога а тиме и самог часописа. Тај исти задатак имаће и нови састав Издавачког савета.

Часопис ДИТ ће задржати досадашњи традиционални мултидисциплинарни карактер али ће се садржаји усталити на следећих пет научно-стручних области : Машинство, Електротехника и рачунарство, Енергетика, Технологије, Менаџмент и економија. Прилози у оквиру ових области биће посебно уређени и физички одвојени са одговарајућим подкорицама како би представљали једну целину. У сваком броју и надаље ће бити представљен по један великан наше науке.

У овом 31. броју објавили смо девет прилога у оквиру поменутих научно-стручних области. Часопис је посвећен Кирилу Савићу, великом пројектанту и градитељу железница у нашој земљи и Русији. Представљена је, такође, и осма Инжењерска легенда Зрењанина.

Главни уредник
Милорад Ранчић



Савез инжењера и техничара Србије
доделио је 3. фебруара 1997. године
Научно-стручно-информативном
часопису "ДИТ"

Повељу за најбољу



публикацију у Србији у 1996. години.

САДРЖАЈ

РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА	3
МАШИНСТВО	
Aleksandra Koprivica, Obrad Spaić, Mirjana Jokanović: OPRAVDANOST PRIMJENE FSW POSTUPKA U ODNOSU NA TIG I MIG ZAVRAIVANJA LEGURE AA6082-T6 SA ASPEKTA PRIPREME MATERIJALA VALIDITY OF APPLICATION OF FSW PROCESS RELATING TO TIG AND MIG WELDING OF ALLOY AA6082- T6 FROM THE ASPECTS OF MATERIAL PREPARATION.....	9
Borivoj Novaković, Ljiljana Radovanović1, Mića Đurđev: RAZVOJ PROAKTIVNOG ODRŽAVANJA U TERMoeLEKTRANAMA DEVELOPMENT OF PROACTIVE MAINTENANCE IN THERMAL POWER PLANTS	19
Aleksandar Rajić, Ljubica Lazić Vulićević, Milenko Stašević, Eleonora Desnica: RAČUNARSKA SIMULACIJA PROCESA BRIZGANJA VOŠTANOG MODELA ENDOPROTEZE KOLENA COMPUTATIONAL SIMULATION OF THE INJECTION PROCESS FOR WAX PATTERN OF KNEE ENDOPROSTHESIS	29
ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО	
Aleksandar Kalajdžić, Dejan Raković: O BIOLOŠKIM UTICAJIMA RADIOFREKVENTNOG I MIKROTALASNOG NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA ON BIOLOGICAL EFFECTS OF RADIOFREQUENCY AND MICROWAVE NON-IONIZING RADIATION	41
Aleksandar Kalajdžić, Dejan Raković: O PREVENTIVNIM BIOREZONANTNIM BALANSIRAJUĆI UTICAJIMA NA ORGANIZAM IZLOŽEN ŠTETNIM UTICAJIMA NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA ON PREVENTIVE BIORESONANCE BALANCING EFFECTS ON ORGANISM EXPOSED TO HARMFUL EFFECTS OF NONIONIZING RADIATIONS	61
Никола Адамовић, Милорад Ранчић, Милан М. Зечар: ELEKTROMAGNETNA ZRAČENJA U GRADU ZRENJANINU RADIATION IN CITY ZRENJANIN.....	69
ТЕХНОЛОГИЈА	
Dimitrije Arandelović: HIGH GRAVITY BREWING- PREDNOSTI I NEDOSTACI HIGH GRAVITY BREWING-ADVANTAGES AND DISANTVANTAGES	75
Vesna Nadalin, Aleksandra Šučurović, Gordana Ludajić, Danijela Jašin: ULOGA I ZNAČAJ ANTIOKSIDATIVNOG DEJSTVA FENOLNIH JEDINJENJA IZ BILJNIH NAMIRNICA NA LJUDSKO ZDRAVLJE THE ROLE AND IMPORTANCE OF THE ANTIOXIDANT EFFECT OF PHENOLIC COMPOUNDS FROM PLANT FOODS TO HUMAN HEALTH.....	85
ЕНЕРГЕТИКА	
Marija Nedić, Jasna Tolmač, Slavica Prvulović, Dragiša Tolmac: KORIŠĆENJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U SRBIJI I SVETU: USING THE RENEWABLE ENERGY SOURCES IN SERBIA AND IN THE WORLD.....	95
МЕНАЏМЕНТ	
Zdravko Ždrale, Jelena Medić-Simovljević: MENADŽMENT I SISTEM FINANSIRANJA ZDRAVSTVENOJ ORGANIZACIJI MANAGEMENT AND FINANCING SISTEM IN THE HEALTHCARE ORGANIZATION.....	105
КИРИЛО САВИЋ.....	112
ИНЖЕЊЕРСКЕ ЛЕГЕНДЕ ЗРЕЊАНИНА	114



КИРИЛО САВИЋ
(1870 – 1957)

Пројектант и
градитељ великих
железничких пруга,
мостова и објеката у
Русији, Србији и
Југославији.

Универзитетски
професор, академик,
министар. Велики
родољуб, учесник
Балканског и Првог
светског рата.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXIV, Број 31, септембар 2019. год.
Year XXIV, Issue 31, September 2019. year

МАШИНСТВО

Одговорни уредник
Проф. др Љиљана Радовановић
Технички факултет “Михајло Пупин“
Зрењанин

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

OPRAVDANOST PRIMJENE FSW POSTUPKA U ODNOSU NA TIG I MIG ZAVRAIVANJA LEGURE AA6082-T6 SA ASPEKTA PRIPREME MATERIJALA

VALIDITY OF APPLICATION OF FSW PROCESS RELATING TO TIG AND MIG WELDING OF ALLOY AA6082-T6 FROM THE ASPECTS OF MATERIAL PREPARATION

ALEKSANDRA KOPRIVICA, Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje
OBRAD SPAIĆ, Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje
MIRJANA JOKANOVIĆ, Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje

REZIME

Čovjek još od davnina koristi metode spajanja metala, ali sam naziv „zavarivanje“ je u upotrebi tek od 20. vijeka, sa razvojem varilačke tehnologije. Tehnologija zavarivanja se sve značajnije razvija, pa je u današnjici omogućeno zavarivanje u svim uslovima – u kosmosu, pod vodom, na velikim visinama itd. Nekonvencionalni postupci zavarivanja uzimaju primat nad konvencionalnim postupcima i u industrijski razvijenim zemljama, skoro pa da ih u potpunosti potiskuju iz upotrebe. Savremeni postupak zavarivanja, poznat pod nazivom Friction Stir Welding (FSW) – zavarivanje trenjem miješanjem, nudi brojne prednosti u odnosu na tradicionalne postupke TIG i MIG, kako u pogledu kvaliteta zavarenog spoja i očuvanja životne sredine, tako i pogledu uštede vremena i materijala potrebnih za izvođenje kvalitetnog zavara. U cilju postizanja kvaliteta zavara, priprema osnovnog materijala jeste faza koja je kod pojedinih tehnologija, prvenstveno TIG-a i MIG-a, neizostavna, dok se postupak FSW uspješno izvodi i bez pripreme istog.

Ključne riječi: FSW, TIG, MIG, priprema materijala.

ABSTRACT

Man has been using metal joining methods since ancient times, but the name "welding" has been in use since the 20th century with the development of welding technology. Welding technology is increasingly evolving, so today it is possible to weld in all conditions - in space, underwater, at high altitudes, etc. Unconventional welding processes take precedence over conventional welding in industrialized countries, almost completely suppressing them. The modern welding process, known as Friction Stir Welding (FSW), offers many advantages over traditional TIG and MIG processes, both in terms of weld quality and environmental protection, as well as the time and material savings required performing quality welding. In order to achieve the quality of welds, the preparation of the base material is a phase that is indispensable for certain technologies,

primarily TIG and MIG, while the FSW process is successfully performed without the preparation of the same.

Key words: FSW, TIG, MIG, preparation of materials.

1. UVOD

Prekretnicu u razvoju zavarivačke tehnologije donosi otkriće acetilena, čija toplota plamena iznosi 3300 °C, jer ovo jedinjenje efikasno utiče na stvaranje čvrstih veza. Paralelno ovome postavljeni su temelji elektrolučnom zavarivanju pomoću struje, pa je do početka 20. vijeka usavršen veliki broj zavarivačkih tehnika. U periodu, nakon Prvog svjetskog rata, dolazi do intezivnog razvoja zavarivanja, pa su u tom vremenu razvijeni prenosni aparati za zavarivanje i tehnika MIG zavarivanja, a sve veći broj ljudi je obučavan za zavarivanja metalnih sklopova za vojnu industriju, što je uticalo na razvoj tehnologije zavarivanja velikom brzinom.

Pojačana potražnja za zavarivačima, koji su bili angažovani na svim značajnijim metalnim proizvodima, od aviona do podmornica, bila je prisutna u drugom svjetskom ratu. Od tada, tehnologija zavarivanja se sve značajnije razvija, pa je danas zavarivanje moguće vršiti u svim uslovima - u kosmosu, pod vodom, na velikim visinama itd., a konstruisane su i izrađene precizne mašine, koje laserima izvede definisane operacije.

Decembra 1991. godine od strane „Instituta za zavarivanje” (*The Welding Institute – TWI*) u Londonu patentiran je postupak pod nazivom „Zavarivanje trenjem sa miješanjem” (*Friction Stir Welding – FSW*). Pronalazač ovog procesa je *Wayne M. Thomas* koji je uspio uspješno spojiti limove legura aluminijuma [1].

Pored aluminijuma i legura aluminijuma, FSW se danas uspješno primjenjuje i za zavarivanje bronzi, mesinga, kao i nekih vrsta čelika. Osim toga, orbitalna varijanta FSW postupka se koristi za zavarivanje metalnih i plastičnih cijevi, tačkasta varijanta se primjenjuje u autoindustriji, a kod složenih oblika i kontura u upotrebi je robotizovani FSW postupak [1].

Autori: Gopi S. i Manonmani K, te Singha G., i ostali u svojim radovima [2, 3] navode brojne prednosti FSW tehnologije u odnosu na konvencionalne tehnologije TIG i MIG, koje se posebno ogledaju u vremenu i troškovim potrebnim za izvođenje zavarivanja.

Ovim radom izvršena je analiza zavarivanja aluminijumske legure AA6082-T6 postupcima TIG, MIG i FSW sa aspekta pripreme osnovnog materijala (utrošenog vremena i troškova pripreme) za zavarivanje.

2. KONVENCIONALNI POSTUPCI ZAVARIVANJA

2.1. ELEKTROLUČNO ZAVARIVANJE NETOPLJIVOM ELEKTRODOM U ZAŠTITI INERTNOG GASA - TIG

TIG postupak predstavlja elektrolučno zavarivanje netopljivom elektrodom u zaštiti inertnog gasa (argon, helijum) ili rijeđe u smješi gasova u kojoj zapreminski dominira inertni gas [1, 4]. Naziv TIG zapravo predstavlja skraćenicu od punog naziva „Tungsten Inert Gas“, a ne rijetko je i u upotrebi i naziv WIG (Wolfram Inert Gas) ili GTAW (Gas Tungsten Arc Welding). Prvobitna upotreba ovog postupka se vezivala za zavarivanje aluminijuma i njegovih legura zahvaljujući efektu katodnog čišćenja [5].

Zbog niza svojih prednosti ovaj postupak ima upotrebu pri zavarivanju širokog spektra materijala (čelika, plemenitih čelika, teških i lakih obojenih metala itd.) i to u ručnoj, polu-automatskoj ili automatskoj primjeni. Primjenu je našao u automobilskoj i avio industriji, brodogradnji, proizvodnji transportnih sistema, raznim remontnim radovima i sl. Dobijeni spojevi visokog stepena kvaliteta su razlog što je TIG postupak trenutno nezamjenjiv pri izradi i montaži cjevovoda, u kotlogradnji,

petrohemijskoj industriji itd. Dobra mobilnost postupka omogućava mu primjenu u svim prostornim položajima. Današnje vrijeme, koje je okarakterisano visokim stepenom automatizacije i primjene savremenih tehnologija značajno proširuje oblast primjene TIG postupka.

Za uspostavljanje i održavanje električnog luka pri TIG postupku zavarivanja koriste se netopljive elektrode, najčešće od volframa (tačka topljenja 3410 °C) ili njegove legure [1]. Zona uticaja toplote, rastopljeni osnovni materijal i volframova elektroda nalaze se u atmosferi zaštitnog inertnog gasa. Proces zavarivanja se može izvesti sa ili bez dodatnog materijala [4].

Netopljiva elektroda služi isključivo za uspostavljanje i održavanje električnog luka, a njeno trošenje zavisi od termičkih opterećenja i mehaničkih oštećenja. Geometrija elektrode utiče na karakteristiku električnog luka, koji se uspostavlja kontaktno (neposredno) ili posredno preko visokofrekventnog generatora, sklopa integrisanog zajedno sa upravljanjem i izvorom struje za zavarivanje [4].

Temperature koje se razvijaju kod TIG postupka zavarivanja u funkciji su od osnovnih parametara zavarivanja, vrste zaštitnog gasa, te vrste osnovnog materijala, a u samoj osi plazme električnog luka mogu dosezati preko 20 000 °C [4].

Osnovne prednosti TIG postupka su:

- veliki kvalitet spoja - spoj bez greške,
- nema rasprskavnja - dodatni metal se topi u metalnoj kupki, ne prenosi se kroz luk,
- moguća primjena i bez dodatnog materijala,
- odlična kontrola korjena zavara,
- precizna kontrola parametara zavarivanja,
- primjenjiv na veliki broj osnovnih metala,
- dobra kontrola izvora toplote i načina uvođenja dodatnog materijala,
- nema troske,
- veliki broj položaja zavarivanja,

- minimalna količina štetnih plinova,
- mogućnost zavarivanja raznorodnih metala i
- lijep izgled zavarenog spoja [4, 5].

Pored niza prednosti, koje su dominantnije, TIG postupak ima i svojih nedostataka, kao što su:

- relativno mala brzina zavarivanja i produktivnost,
- zahtjeva obučenost zavarivača,
- teškoće u zaštiti zavarenog spoja pri zavarivanju na otvorenom,
- inertni gasovi su skupi, čime se povećavaju ukupni troškovi zavarivanja,
- pored pojave grešaka u zavarenom spoju usljed neadekvatne tehnike zavarivanja, kao posljedica pregrijavanja elektrode može doći do unošenja čestica volframa u zavarivački rastop, čime se kvalitet zavarenog spoja smanjuje,
- visoka cijena opreme,
- precizna priprema zavarenog spoja i
- pojačana svjetlost i UV zračenje [1, 4, 5].

2.2. ELEKTROLUČNO ZAVARIVANJE TOPIVOM ELEKTRODOM U ZAŠTITI NEUTRALNOG PLINA – MIG POSTUPAK ZAVARIVANJA

Prema Bajiću [1]: „MIG postupak (Metal Inert Gas) predstavlja elektrolučno zavarivanje punom topljivom žičanom elektrodom u zaštiti inertnog gasa ili gasnih mješavina: argona sa vodonikom (povećava se penetracija električnog luka - koristi se pri zavarivanju visokolegiranih čelika), azotom (povećava se količina unešene toplote – koristi se pri zavarivanju bakra), ugljen-dioksidom ili kiseonikom (daje stabilniji električni luk, bolje provarivanje zavarenih krajeva, rastop postaje tečljiviji čime se zarobljavanje nastalih gasova u metalu šava svodi na minimum)“.

Ovaj postupak je primjenjiv za zavarivanje materijala debljine 3-20 mm.

Osim toga, pulsirajući MIG prenos se primjenjuje za zavarivanje tankih materijala debljine 1-4 mm, kao i za zavarivanje u prinudnim položajima [1].

Pri MIG postupku zavarivanja koristi se jednosmjerna struja indirektnog polariteta kojom se postiže: stabilan električni luk, ravnomjeran prenos elektrodnog materijala sa najmanjim stepenom njegovog razbrizgavanja, zadovoljavajuća penetracija i slično [1].

Osnovne komponente koje utiču na električni luk koji se stvara, a samim tim i na prenos metala u zoni zavarivanja i kvalitet vara su sile i hemijske reakcije koje se javljaju u području prenosa metala. Sile koje se javljaju i djeluju u zoni električnog luka su: elektromagnetna sila, sila gravitacije, sila površinskog napona tečnog metala, sila reakcije od strujanja para s površine rastopa i aerodinamička sila [1].

Prednosti MIG postupka zavarivanja su [5]:

- univerzalna primjena sa tačke gledišta osnovnog materijala,
- velika brzina topljenja,
- velika brzina zavarivanja,
- relativno jednostavna obuka zavarivača (za nelegirane i niskolegirane čelike),
- jednostavna mehanizacija postupka,
- primjenljiv u prinudnim položajima,
- mali investicioni troškovi (za standardnu varijantu),
- odličan izgled zavarenih spojeva i
- jednostavna automatizacija procesa.

Nedostaci MIG postupka zavarivanja su [5]:

- opasnost od grešaka u početku zavarivanja,
- opasnost od grešaka pri sporom zavarivanju, zbog isticanja tečnog metala ispred električnog luka,
- relativno komplikovana obuka zavarivača za visokolegirane čelike i obojene metale i

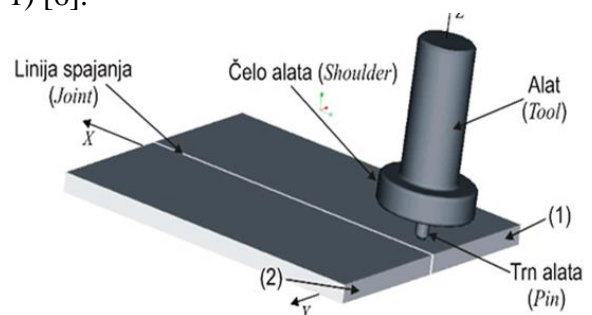
teškoće pri zavarivanju na otvorenom (strujanje vazduha).

3. ZAVARIVANJE TRENJEM SA MIJEŠANJEM (FSW)

Najranija upotreba spajanja materijala koji se izvodi u čvrstom stanju, bez topljenja, upotrebom sile trenja datira od prije jednog vijeka i to na prostoru Sjedinjenih Američkih država. Narednih 50 godina nije bilo značajnijeg napretka u tehnologiji zavarivanja trenjem. Decembra 1991. godine od strane „Instituta za zavarivanje” (*The Welding Institute – TWI*) u Londonu patentiran je postupak pod nazivom „Zavarivanje trenjem sa miješanjem” (*Friction Stir Welding – FSW*).

Pored aluminijuma i legura aluminijuma, FSW se danas uspješno primjenjuje i za zavarivanje bronzi, mesinga, kao i nekih vrsta čelika. Osim toga, orbitalna varijanta FSW postupka se koristi za zavarivanje metalnih i plastičnih cijevi, tačkasta varijanta se primjenjuje u autoindustriji, a kod složenih oblika i kontura u upotrebi je robotizovani FSW postupak [1].

Postupak FSW se izvodi na taj način što se na radnom stolu mašine nalaze čvrsto stegnute osnovne ploče koje je potrebno spojiti. Za generisanje toplote služi specijalni alat cilindričnog oblika, koji se sastoji od dva dijela, i to tijela i radnog dijela alata, koji rotiraju velikom brzinom. Tijelo alata služi da se alat pričvrsti u stezne čeljusti mašine, a radni dio alata se sastoji od dva dijela i to: dijela većeg prečnika koji se naziva čelo alata (*shoulder*) i dijela manjeg prečnika koji se naziva trn alata (*pin*) (Slika 1) [6].



Slika 1. Prikaz alata i radnih komada prije početka zavarivanja [6]

Oblik čela i trna alata može biti izrađen na različite konstruktivne načine. Čelo alata može imati koncentrično udubljenje u svojoj površini obično polukružnog oblika, dok je trn najčešće koničnog oblika koji također može biti profilisan različitim oblicima zavojnice ili raznim vrstama žljebova. Visina žljebova uglavnom zavisi od debljine limova koji se zavaruju (spajaju), ali veoma je bitno da bude nekoliko milimetara manja od debljine lima [6].

Postupak FSW, započinje na taj način što se alat pozicionira iznad radnog stola mašine, a njegova osa je normalna na liniju dodira (spajanja) osnovnih ploča. Rotirajući alat prilazi lagano liniji spoja i zariva se u materijal – osnovne ploče. Tom prilikom u materijalu se formira početna rupa, pri čemu počinje da se generiše toplota. Trn alata se zariva u materijal sve dok čelo alata ne napravi kontakt sa gornjom površinom radnih komada. Alat mora da sa dovoljnim pritiskom zadrži materijal unutar zone zavarivanja i da stvori dovoljnu temperaturu da bi se proces FSW nesmetano odvijao [6]. Materijal osnovnih ploča se zagrijava do blizu tačke topljenja i postaje plastičan. a pomoću trna alata, takav materijal struji okolo rukavca i na taj način se miješa. U momentu kada čelo alata dodirne gornje površine osnovnih ploča, kretanje alata naniže se prekida i počinje horizontalno translatorno kretanje postolja. U daljem toku rada, trn alata praktično „klizi” između limova u smjeru zavarivanja, nov materijal se zagrijava, postaje plastičan i neprekidno se miješa. Za to vrijeme iza čela alata se stvara brazda glatkog zagrijanog materijala koji se hladi i očvršćava, a između ploča se formira monolitan spoj. Pri tome, čelo alata oblikuje ravnu površinu šava sa gornje strane limova, a sa donje strane to isto čini postolja. Postupak zavarivanja se završava prekidanjem horizontalnog kretanja alata, te njegovim izvlačenjem iz zone zavara, vertikalno naviše [6].

Postupak FSW je razvijen sa ciljem da se prevaziđu problemi koji se javljaju pri zavarivanju gdje dolazi do topljenja materijala. Ovi problemi su prevaziđeni

posebno kod zavarivanja aluminijuma i njegovih legura. Postupak FSW se uglavnom koristi za zavarivanje limova veće debljine, mada se može uspješno koristiti i za limove manje debljine.

Debljina aluminijumskog lima koji se može zavarivati ovim postupkom zavisi od snage mašine i kreće se od 0,5 mm do 50 mm u jednom prolazu ili jednostranom šavu. U dvostranom šavu moguće je zavarivati i limove do 75 mm debljine.

Kako je priroda FSW čvrsto stanje, to mu daje nekoliko prednosti u odnosu na metode zavarivanja topljenjem metala: izbjegnuto je hlađenje tečne faze, tako da poroznost (šupljikavost), redistribucije rastvora, te prsline nastale topljenjem i očvršćavanjem nisu primjećene.

U principu postupak FSW je našao svoju primjenu, ima mali broj nedostataka i veoma je tolerantan sa aspekta varijacije parametara i materijala. Jedna od značajnijih prednosti u odnosu na elektrolučne postupke zavarivanja je što nema distrozijske, tj. krivljenja lima u toku odvijanja samog procesa, zbog toga što su zaostali naponi zanemarljivo mali.

Pored navedenih, postupak FSW posjeduje svojstva koja su veoma rijetko prisutna kod drugih postupaka: formiranje zavarenog spoja sa zanemarljivo malim unutrašnjim naponima, otpornih na koroziju, i to kod materijala kod kojih to nije bilo moguće, ili je bilo izuzetno teško i skupo ostvariti konvencionalnim postupcima zavarivanja. Zbog svega navedenog, može se reći da je u ekonomskom pogledu postupak FSW ubjedljivo najefikasniji, a ekološki je apsolutno čist [6].

4. POREĐENJE ZAVARIVANJA LEGURE AA6082-T6 SA ASPEKTA PRIPREME MATERIJALA POSTUPCIMA TIG, MIG I FSW

Zavarivanje aluminijuma i aluminijumskih legura prate određeni tehnički problemi koji se mogu izbjeći pravilnim odabirom postupka zavarivanja te dodatnog materijal. Aluminijumski oksid prekriva površinu metala, što mu daje veliku

otpornost na koroziju, te naknadna površinska zaštita u osnovi nije potrebna.

Ukoliko se prevlaka ukloni, u dodiru sa kiseonikom iz vazduha ona se regeneriše na tom mjestu. Kako Al oksid ima tačku topljenja oko 2050 °C, a aluminijum oko 658 °C, u postupku pripreme za zavarivanje, taj se oksid mora ukloniti sa mjesta spoja mehaničkim putem [7].

Jedna od legura aluminijuma iz serije 6000 je legura AA6082-T6. Oznaka T6 ukazuje da je legura AA6082 dodatno obrađena (T6 – toplotno tretirana u rastvoru

na temperaturi od 500 °C i vještački starena na temperaturi od 180 °C, zatezne čvrstoće od 340 MPa, tvrdoće 95 HB i specifične mase) u cilju poboljšanja mehaničkih osobina [2, 8]. Pomenuta legura spada u red legura srednje čvrstoće sa odličnom otpornošću na koroziju. Ako se uzme u obzir cijela serija 6000, onda ova legura ima najveću snagu, pa se često koristi kao zamjena za druge legure iz ove serije, naročito za izradu konstrukcija sa visokim opterećenjem i slično [8]. Hemijski sastav legure AA6082-T6 prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Hemijski sastav legure AA6082-T6

Element	Al	Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn ₂	Cr	Ca	Pb	Ti ₂	Sn ₂
Procenat	96,49	0,099	1,281	0,708	0,523	0,767	0,0615	0,0141	0,0011	0,0034	0,0108	0,0173

Posebna karakteristika i problem kod zavarivanja aluminijuma i njegovih legura, uključujući i leguru 6082-T6 je sloj oksida (Al₂O₃), koji se konstantno stvara na površini legure i njegova visoka temperatura topljenja (2050 °C) u odnosu na nisku temperaturu topljenja aluminija (oko 658 °C) [9]. Oksid aluminijuma predstavlja osnovnu teškoću koja mora da se prevaziđe pri elektrolučnom zavarivanju aluminijuma i aluminijumskih legura [9].

Poređenje pripreme materijala pri zavarivanju TIG, MIG i FSW postupkom je vršeno pri zavarivanju sučeonog spoja ploča, legure AA6082-T6, debljina 6 mm i dužina 1m. Pri analizi uzet je u obzir da su ploče adekvatno obrađene na definisanu dužinu i širinu, te se vrijeme i troškovi tih priprema ploča neće uzimati u obzir.

Uvažavajući prethodno navedeno, prije samog postupka zavarivanja, sloj oksida (Al₂O₃) je potrebno odstraniti sa osnovnog materijala. Proces skidanja oksida započinje odstranjivanje masnoća i drugih nečistoća na površinama pomoću krpe natopljene benzinom, špiritom i drugim organskim rastvaračima. Vrijeme trajanja procesa odmašćivanja zavisi od stepena onečišćenja površine metala i od temperature rastvora. Pri temperaturi rastvora 60-70 °C, vrijeme odmašćivanja obično ne prelazi 3-5 minuta. Nakon odmašćivanja, zavarivani dijelovi i

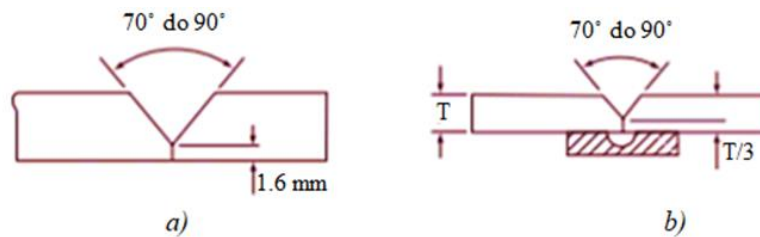
elektrodne žice se potapaju u 5%-tni vodeni rastvor NaOH ili KOH, zagrijan do temperature 60-70 °C u trajanju 2-3 minuta. Kao rezultat uzajamnog djelovanja sa bazom NaOH, odnosno KOH, oksidni sloj se hemijski razara. Ostaci baze i produkti reakcije se potom ispiraju sa površine dijelova, i to prvo toplom, a potom hladnom vodom, trljajući ih istovremeno četkama. Odmah poslije ispiranja dijelovi se pasiviziraju u 20% - tnoj azotnoj kiselini (HNO₃), zagrijanoj do temperature 60-70 °C. U vremenu 5-7 minuta, površina dijelova u tom rastvoru se prekriva novim, gušćim slojem oksida aluminijuma. Poslije vađenja iz rastvora azotne kiseline, dijelovi se ispiraju hladnom, a potom toplom vodom i suše toplim vazduhom [10]. Sve gore navedeno iziskuje određene (ne velike) troškove, koji se odnose na nabavku neophodnih hemijskih reagenasa neophodnih za otklanjanje sloja oksida.

Nakon odmašćivanja ploča, oksid se mehanički skida, četkanjem pomoću metalne CrNi četke, kako bi se izbjegla kontaminacija osnovnog materijala [10]. Veoma je bitno napomenuti da je pri mehaničkom čišćenju važno četku koristiti samo u jednom pravcu, kako bi se izbjeglo utrljavanje oksida u površinu, te četkati samo dio koji se zavaruje i njegovu blisku okolinu [10].

Kod postupaka zavarivanja u zaštiti inertnog gasa poslije mehaničkog čišćenja obrazovani tanki oksidni sloj lako se odstranjuje električnim lukom. Vrlo efikasno oksid se odstranjuje sa površine metala koji se pri zavarivanju nalazi na minus polu (struja indirektnog polariteta). Pozitivni joni inertnih gasova, koji su prisutni u električnom luku, ubrzavaju se katodnim naponom i udaraju u površinski oksidni sloj. Proces obrade zavarivanog metala pozitivnim

jonima, takozvano „katodno raspršivanje“, jasno se može vidjeti ispred rastopa, i u obliku svijetlih traka sa strana šava [10].

Kod elektrolučnog spajanja materijala, posebno kod formiranja sučeonog spoja, ivice žljeba, pa čak i korjenog dijela je potrebno obraditi pod određenim uglom [10]. Na slici 2 prikazan je prijedlog pripreme šava kod TIG i MIG postupaka za aluminijumsku leguru AA6082-T6, debljine 6 mm [10].



Slika 2. Priprema šava za zavarivanje:

a) kod TIG postupka za debljinu materijala oko 6 mm i kod MIG postupka za debljinu materijala od 4.8 - 12.78 mm [10]

Ivica osnovnog materijala se obrađuje vretenastim glodalom od brzoreznog čelika, prečnika $D = 25$ mm. Vrijeme potrebno za izvođenje ove operacije se računa po formuli [11]:

$$t_u = t_p + t_g$$

gdje su:

t_u - ukupno vrijeme (min) potrebno za obaranje ivice,

t_p - pripremno vrijeme koje se odnosi na pripremu mašine, alata, pozicioniranje predmeta, unos programa i slično i kreće se oko 30 - 40 min.

t_g - glavno vrijeme izrade (min) koje se računa po formuli [11]:

$$t_g = i \frac{l+l_1+l_2}{n \cdot s}$$

gdje su:

i – broj prolaza (u našem slučaju 2),

l – dužina osnovnog materijala (u našem slučaju 1 m),

l_1 - ulazna dužina od 0.5 do 3 mm,

l_2 – izlazna dužina 5 mm,

n – broj obrtaja 500 ob/min i

s – korak 0.5 mm/min.

Računskim putem dobija se da je vrijednost ukupnog vremena potrebnog za obaranje ivice 9 min. Pošto se obrađuju ivice na dvije ploče, glavno vrijeme obrade iznosi 18 min.

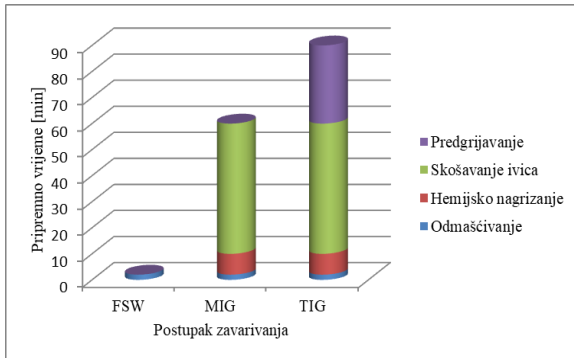
Ukupno vrijeme obrade obje ploče iznose od 50 - 60 min. Cijena rada 1h na glodalici prema [12], prosječno iznosi 15 - 25 EUR/h. Prema tome, troškovi pripreme uzoraka kod TIG i MIG postupka, izuzimajući troškove oko hemijskog nagrizanja i površinskog mehaničkog čišćenja ploča, iznose 20 EUR.

Pored navedenih troškova, za razliku od MIG postupka, kod TIG postupka je potrebno dodati troškove koji se odnose na predgrijavanje materijala prije samog procesa zavarivanja. S tim u vezi i vrijeme pripreme kod TIG postupka je značajno veće nego kod MIG postupka, jer se zagrijavanje legure AA6082-T6 izvodi na 200 °C u trajanju od 30 min [12].

Kako je prethodno navedeno, FSW zavarivanje spada u postupke obrade u hladnom stanju. S tim u vezi treba napomenuti da su mnogobrojni troškovi pripreme materijala za zavarivanje ovim postupkom svedeni na minimum, tačnije, skoro da ih i nema. Kod ovog postupka nije

potrebno predgrijavati materijal niti skidati zaštitni sloj oksida sa površine legure kako bi se ovaj postupak izveo.

Prema tome može se konstatovati da je vrijeme potrebno za pripremu materijala za zavarivanje značajno veće kod postupaka MIG i TIG nego kod postupka FSW, kod koga je pripremno vrijeme svedeno na nulu ili pak na svega par minuta (površinsko skidanje nečistoća) (Slika 3).

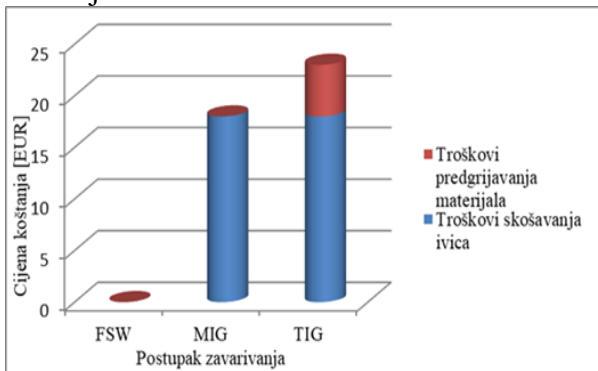


Slika 3. Pripremno vrijeme materijala AA6082-T6 debljine 6 mm za zavarivanje postupcima FSW, TIG i MIG

Troškovi pripreme materijala za navedene postupke prikazani su grafikonom na slici 4.

5. ZAKLJUČAK

Ovim radom željelo se ukazati na opravdanost primjene FSW postupka zavarivanja aluminijumske legure AA608-T6, naspram konvencionalnih TIG i MIG postupaka, sa aspekta vremena i troškova pripreme osnovnog materijala koji se zavaruje.



Slika 4. Troškovi pripreme materijala AA6082-T6 debljine 6 mm za zavarivanje FSW, TIG i MIG postupcima

Na osnovu sprovedene analize, može se zaključiti da je vrijeme pripreme osnovnog materijala kod TIG i MIG postupka značajno duže nego kod FSW postupka, kod koga je zanemarljivo malo, a prema tome i troškovi pripreme materijala su, takođe, evidentni kod konvencionalnih postupaka, dok su kod FSW postupka svedeni na minimum.

Iz svega prethodno navedenog, s pravom se može zaključiti da je upotreba FSW tehnologije pri zavarivanju ploča, aluminijumske legure AA6082-T6, debljine 6 mm, opravdana sa aspekta pripreme osnovnog materijala.

6. LITERATURA

- [1] Bajić D., Postupci zavarivanja, Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakulte, Podgorica, 2014.
- [2] Gopi S., Manonmani K., Study of friction stir welding parameters in conventional milling machine for 6082-T6 aluminium alloy, Australian Journal of Mechanical Engineering, Vol 10 No 2, pp. 129 – 140, Institution of Engineers Australia, 2012.
- [3] Singha G., Kanga S. A., Singhb K., Singhb J., Experimental comparison of friction stir welding process and TIG welding process for 6082-T6 Aluminium alloy, Materials Today: Proceedings 4. pp. 3590–3600, 5th International Conference of Materials Processing and Characterization (ICMPC 2016).
- [4] Horvat M., Kondić V., Brezovečki D., Teorijske i praktične osnove TIG postupka zavarivanja, Technical Journal 8, 4(2014), ISSN 1846-6168, str. 426 - 432.
- [5] Milotić M., Priručnik za zavarivače, 2. Dopunjeno izdanje, Saobraćajni fakultet Doboj, 2008.
- [6] Zavarivanje trenjem, Studija slučaja, Projekat: WBC Virtual Manufacturing Network – Fostering an Integration of the Knowledge Triangle, CTC Podgorica, Podgorica, 2012.
- [7] Wemen K., Lindén G., MIG Welding Guide, Woodhead Publishing and

Maney Publishing on behalf of The Institute of Materials, Minerals & Mining, Cambridge of England, 2005.

- [8] Jakobsen J. V., Project: Microstructure and Mechanical Properties of Welded AA6082 Aluminium Alloys, Materials Science and Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 2016.
- [9] Rudan M., MIG zavarivanje tankih aluminijumskih limova, 5. Seminar - Aluminij i aluminijske legure – rukovanje, priprema, zavarivanje, Pula, 2008.
- [10] Bajić D., Odstranjivanje površinskog oksida pri zavarivanju aluminijuma i

njegovih legura, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, (1/2004), Stručni rad, str. 17-20, 2003.

- [11] Gluščević, R. Mašinska obrada rezanjem, Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje, Trebinje, 2001.
- [12] <http://www.elitesecurity.org/t485434-Proracun-cene-cnc-izrade> - pristupljeno 09. 04. 2018. godine.

Adresa autora: Aleksandra Koprivica, Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje
e-mail: aleksandra.koprivica@fpm.ues.rs.ba
Rad primljen: jul 2019.
Rad prihvaćen: septembar 2019.



КИРИЛО САВИЋ
(1870 – 1957)

Пројектант и
градитељ великих
железничких пруга,
мостова и објеката у
Русији, Србији и
Југославији.

Универзитетски
професор, академик,
министар. Велики
родољуб, учесник
Балканског и Првог
светског рата.

RAZVOJ PROAKTIVNOG ODRŽAVANJA U TERMOELEKTRANAMA

DEVELOPMENT OF PROACTIVE MAINTENANCE IN THERMAL POWER PLANTS

BORIVOJ NOVAKOVIĆ
LJILJANA RADOVANOVIĆ
MIĆA ĐURĐEV

University of Novi Sad, Technical faculty „Mihajlo Pupin”, Zrenjanin

REZIME

Osnova proaktivnog održavanja u termoelektranama je analiza osnovnog uzroka otkaza odnosno utvrđivanje mehanizma i uzroka pojave otkaza iz sistema termoelektrane. Temeljni uzroci pojave otkaza na sistemima se na ovaj način mogu otkloniti a uzroci otkaza se postepeno mogu inženjerskim pristupima eliminisati sa svakog sklopa uređaja ili mašine. Uspešan proaktivni program održavanja bi postepeno tokom vremena, projektno-inženjerskim zahvatima otklonio problem koje ima uređaj, a što bi za posledicu imao značajno produžen vek uređaja, skraćen period zastoja i povećan proizvodni kapacitet.

Ključne reči: održavanje, korektivno održavanje, preventivno održavanje, održavanje prema stanju, proaktivno održavanje, upravljanje vekom trajanja, troškovi životnog ciklusa.

ABSTRACT

The basis of proactive maintenance in thermal power plants is the analysis of the basic cause of failure, ie the determination of the mechanism and the cause of the failure of the thermal power plant system. The root causes of failures on systems can be remedied in this way, and the causes of failure can gradually be eliminated by engineering approaches from each set of devices or machines. A successful proactive maintenance program would gradually over time, with project engineering, eliminate the problem that the device has, which would result in a significantly extended device life, reduced downtime and increased production capacity.

Key words: maintenance, corrective maintenance, preventive maintenance, condition maintenance, proactive maintenance, life cycle management, life cycle costs.

1. UVOD

Nedostaci tradicionalnih politika i strategija korektivnog i preventivnog održavanja su, u širokim oblastima prakse u poslednje vreme, inicirali razvoj i uvođenje novih strategija proaktivnog održavanja.

Osnovne prednosti proaktivnog održavanja leže, uglavnom, u smanjenju troškova održavanja (direktnih i indirektnih) i povišenju efektivnosti (pouzdanosti i raspoloživosti) tehničkih sistema, ali se mogu ostvariti i drugi pozitivni efekti, kao što su: obezbeđenje proizvodnje dobara u

zahtevnim količinama i u propisanom kvalitetu, smanjenje rasipanja energije i sirovine za proizvodnju, bolji odnosi sa kupcima proizvodnih dobara, povišenje nivoa motivisanosti za rad menadžera održavanja i dr.

Pored toga, proaktivno održavanje, u odnosu na klasične strategije preventivnog održavanja, obezbeđuje tesniju vezu između procesa promene stanja i procesa eksploatacije tehničkog sistema.

Tehnički sistemi u termoelektranama pružaju mogućnost primene većeg broja strategija proaktivnog održavanja. Primena ove metodologije održavanja obuhvata nekoliko osnovnih faza:

- tehnička dijagnostika
- analiza mogućeg uzroka otkaza,
- analizu rizika nastupanja otkaza,
- korektivno održavanje (vraćanje performansi mašine na prethodni nivo),
- preventivno održavanje (praćenje rada mašina, remont i rekonstrukcije – održavanje potrebnih performansi na potreban nivo).

Proaktivno održavanje pomaže da se:

- spreči nastajanja otkaza mašine,
- smanje troškovi održavanja i gubici nastali u procesu proizvodnje,
- povisi nivo pouzdanosti i raspoloživosti svake mašine,
- povisi nivo kvaliteta proizvoda,
- produži vek trajanja mašine,
- unapredi proces planiranja u proizvodnji i održavanju
- poveća efikasnost poslovanja kompanije,
- smanje troškovi proizvodnje i održavanja.

Za razliku od prediktivnog održavanja, odnosno, održavanja po stanju, proaktivno održavanje se ne svodi na konstantovanje u kojoj fazi je element koji će otkazati (koliki mu je preostali, koristan, životni vek) nego se trudi da otkrije mehanizam koji vodi do otkaza, da ga ublaži ili u potpunosti eliminiše, kako bi se životni vek elementa maksimalno produžio.

Proaktivno održavanje zahteva, i kadrove koji su obučeni za sprovođenje postupaka određivanja mehanizama koji vode do otkaza (RCFA - Root Cause Failure Analysis, analiza osnovnog uzroka otkaza, BA — Barrier Analysis, analiza prepreka, CA - Change Analysis, analiza promena, MORT - Management Oversight Risk Tree analysis, analiza stabla rizika koji su posledica ljudskih grešaka).

Nakon obezbeđivanja osnovnih preduslova za uvođenje proaktivnog održavanja, prvi korak je detaljno upoznavanje sa proizvodnim procesom i tehnološkim parametrima proizvodnje koji odgovaraju normalnom, ispravnom funkcionisanju opreme.

Uvođenje načina rada u skladu sa principima proaktivnog održavanja, organizaciji donosi uštedu od 5 do 10% u odnosu na prediktivno održavanje, preko 20% u odnosu na preventivno održavanje, a čak do 40% u odnosu na naknadno održavanje.

Dakle, osnovni cilj proaktivnog održavanja je povišenje efektivnosti (gotovosti i pouzdanosti), tj. smanjenju zastoja, što rezultuje u visokom stepenu iskorišćenja, a time i produktivnosti.

2. METODE ODRŽAVANJA U TERMoeLEKTRANAMA

Danas se u termoelektranama mogu primeniti tri osnovne politike održavanja:

- korektivno održavanje (izvodi se posle pojave otkaza da bi se sastavni delovi i/ili sistem povratili u prihvatljivo stanje),
- preventivno održavanje (izvodi se u unapred određenim intervalima vremena – kako bi se smanjila verovatnoća ispada sastavnih delova i/ili sistema iz prihvatljivog stanja) i
- Investiciono (remontno) održavanje (remont postrojenja i opreme obuhvata poslove koji se izvode radi izvršenja zakonskih, tehnološko-tehničkih i drugih obaveza, kao i radi otklanjanja tehnološko-tehničkih

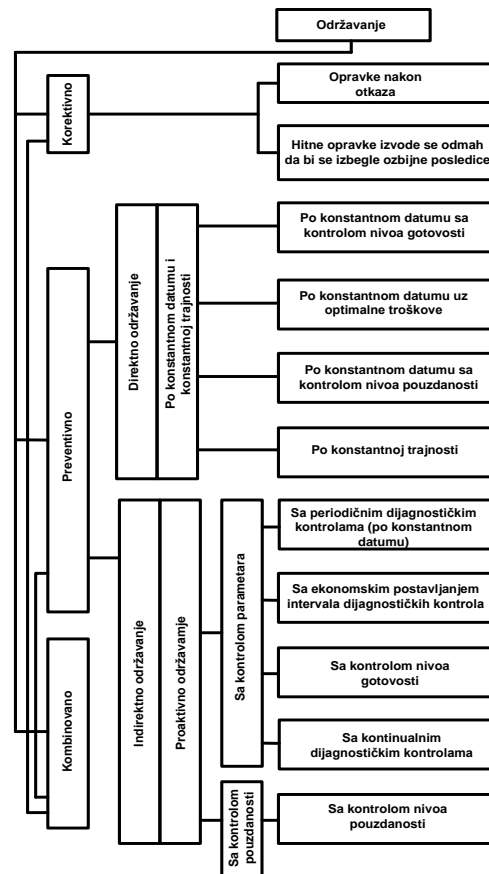
nedostataka na postrojenjima koja su stalno radila cele godine i koji se izvode u uslovima delimične ili potpune obustave rada postrojenja. Remont postrojenja i opreme su aktivnosti preventivnog karaktera, koje se planiraju i periodično ponavljaju).

Razlika između tradicionalnog preventivnog održavanja i proaktivnog održavanja je, dakle, suštinska – iako obe politike predstavljaju preventivnu aktivnost. Dok se kod tradicionalnog preventivnog održavanja aktivnosti vrše nakon unapred utvrđenog vremena, kod proaktivnog održavanja vrši se kontrola određenih parametara stanja (npr. vibracije, buka, temperatura i sl.), ustanovljava stepen kritičnosti opreme, kao i stepen kritičnosti delova opreme koji su podložni otkazima. Zatim se analiziraju otkazi (prethodni otkazi posmatranog ili sličnog tehničkog sistema) i preduzimaju koraci da se otkaz izbegne ili ublaže njegove posledice.

Istraživanja u su pokazala da se mogu razlikovati više politika i strategija proaktivnog održavanja u termoelektranama, kako je to dato na sl. 1. U načelu, ovde je primenjeno nekoliko kriterijuma, kao što su: nivo ostvarenih ukupnih troškova, nivo gotovosti i pouzdanosti sistema, pri čemu nije zanemaren i kriterijum sigurnosti u radu.

3. RAZVOJ ODRŽAVANJA SA KONTROLOM PARAMETRA

Ova strategija održavanja mora da ima plansko – predupredni karakter. Planiraju se periodičnost i obim radova za tehničku dijagnostiku, dok se predupredni karakter obezbeđuje putem stalnog praćenja tehničkog stanja sistema u cilju otkrivanja predotkaznog stanja (ϵ_1) i granice istrošenosti ($\epsilon_2 = \epsilon_{max}$).



Slika 1 - Metode proaktivnog održavanja [1]

Ako parametar stanja dostigne vrednost ϵ_1 to znači da treba izvršiti odgovarajuće aktivnosti održavanja kako bi se izbegao otkaz sistema (zamenu ili opravku sastavnog dela sistema vršiti u momentima dijagnostičke kontrole kod $\epsilon \geq \epsilon_1$). Pri tome je, znači, veličina predupredne tolerancije ($\Delta\epsilon = \epsilon_2 - \epsilon_1$), vezana za veličinu periodičnosti dijagnostičke kontrole ($\Delta T = T_2 - T_1$).

Znači, strategija održavanja sa kontrolom parametara kao jedan od modela proaktivnog održavanja, predstavlja skup pravila za određivanje režima dijagnostike sastavnih delova sistema u realnom procesu eksploatacije i donošenje odluka o neophodnosti za njihovu zamenu ili za neophodni obim održavanja na osnovu informacija o stvarnom tehničkom stanju sistema. Ona predviđa primenu metoda za definisanje:

- zakonitosti promene tehničkog stanja (na bazi istorijata promene stanja),
- sistem dijagnostike (ocena stanja u datom momentu vremena) i
- sistem anticipacije (predviđanje tehničkog stanja ili predviđanje rezerve upotrebljivosti).

4. PROCES PROMENE TEHNIČKOG STANJA ISTORIJAT PROMENE

Struktura tehničkih sistema u termoelektranama je karakterisana položajem, oblikom i dimenzijama uzajamno delujućih sastavnih delova (makro struktura); karakterom sprege, kvalitetom površine (mikrostruktura) i drugim karakteristikama. Ona se znači, karakteriše strukturnim parametrima. Promena strukturnih parametara tehničkog sistema se odražava na ukupnost njegovih tehničko-eksploatacionih osobina.

Promena strukturnih parametara, a time i promena tehničkog stanja je slučajni proces koji se obavlja pod dejstvom širokog spektra eksploatacionih faktora. Ovaj proces se najpotpunije može opisati gustinom raspodele parametara stanja $f(\varepsilon, t)$ u bilo kojim vremenskim momentima. Ovde je usvojeno da se $f(\varepsilon, t)$ pokorava normalnom zakonu raspodele.

Kod istotipnih sastavnih delova i/ili sistema, parametri tehničkog stanja dostižu graničnu vrednost (granicu istrošenosti ε_2) u različitim momentima vremena. Na taj način se formira gustina raspodele stanja u otkazu $\varphi(t, \varepsilon_2)$. I ovde je usvojeno da se $\varphi(t, \varepsilon_2)$ pokorava normalnom zakonu raspodele.

Za određivanje jednačine koja povezuje funkcije gustine raspodele $f(\varepsilon, t)$ i $\varphi(t, \varepsilon_2)$, poslužimo se slikom 2, pri čemu usvajamo linearnu promenu stanja sistema. Promena stanja može imati sledeći trend: linearni, linearno-izlomljeni, eksponencijalni, stepeni, logaritamski, hiperbolički, logistički i dr.

Usvajajući da su T_1 i T_2 odgovarajući momenti vremena obavljanja prve i druge dijagnostičke kontrole, a t_x - slučajni moment presecanja nivoa ε_1 ili ε_2 i koristeći

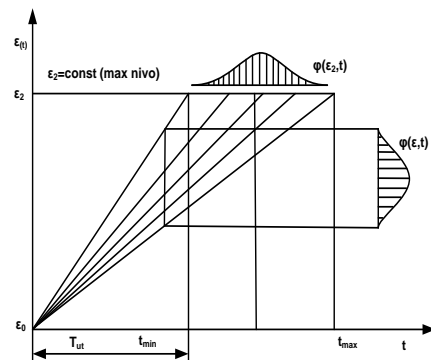
se sl. 2, može se zapaziti verovatnoća ispravnog rada sistema koristeći $\varphi(t_x, \varepsilon_1)$ i $f(\varepsilon, T_2)$ kao gustine raspodele slučajne veličine t_x na nivou ε_1 i slučajne veličine $\varepsilon \in \varepsilon(t)$ u momentu T_2 [5,6].

$$P\{t_x \leq T_1\}_{pri \varepsilon_1} = P\{\varepsilon > \varepsilon_2\}_{pri T_2}$$

odnosno, koristeći se poznatim zakonitostima iz teorije verovatnoće, mogu se napisati jednačine:

$$\int_{\varepsilon_2}^{\infty} f(\varepsilon, T_2) d\varepsilon = \int_0^{T_1} \varphi(t_x, \varepsilon_t) dt_x \quad (1)$$

$$\int_{\varepsilon_1}^{\infty} f(\varepsilon, T_2) d\varepsilon = \int_0^{T_2} \varphi(t_x, \varepsilon_1) dt_x \quad (2)$$



Slika 2 – Uzajamna veza parametara tehničkog stanja i tehničkog stanja sistema [5]

a posle upoređenja jednačina (1) i (2) može se dobiti matematički model

$$\int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} f(\varepsilon, T_2) d\varepsilon = \int_{T_1}^{T_2} \varphi(t, \varepsilon_1) dt \quad (3)$$

Tako se može zaključiti za monotoni proces $\varepsilon(t)$ sa zadatim T_1 i ε_2 sledeći moment dijagnostičke kontrole T_2 i predkritični nivo ε_1 , zadovoljavaju jednačinu (3) za opšte uslove tehničke eksploatacije sistema.

U toku realnog procesa eksploatacije sve vrednosti $\varepsilon(t_x)$ će se grupisati oko srednje vrednosti $\varepsilon(t_x)$ i imaće rasipanje oko nje izraženo standardnom devijacijom σ_{uk} , (Standardna devijacija nastaje zbog čestih puštanja i zaustavljanja sistema, zbog različitih režima procesa eksploatacije i dr).

Sada se može dati jednačina koja potpuno opisuje model promene parametara stanja uz korišćenje intervala poverenja

$$\varepsilon(t) = u \cdot t + \varepsilon_0 \neq \sigma_{uk} \quad (4)$$

gde je:

u - brzina promene stanja ($u = \frac{d\varepsilon}{dt}$),

ε_0 - minimalna vrednost parametara stanja,

t - vreme korišćenja,

σ_{uk} - standardna devijacija.

Istraživanja u su pokazale da se 95% - na ($1,96 \sigma_{uk}$) vrednost ukupne verovatnoće realizacije slučajno promenljive – obično prihvata kao realna granica za opis promene stanja sistema u termoelektranama.

Uzimajući da je zadati nivo pouzdanosti $p_z = R_z$, a dozvoljena verovatnoća nastanka otkaza $p_o = 1 - p_z$ može se napisati za neki momenat vremena t_z :

$$P\{\varepsilon_2 < \varepsilon \leq \infty\} = \int_{\varepsilon_2}^{\infty} f(\varepsilon, t_x) d\varepsilon \leq p_o \quad (5)$$

odnosno:

$$P_o(t_x) = \int_0^{t_x} \varphi(t_x, \varepsilon_2) dt = \frac{\Phi(\varepsilon(t_x) - \varepsilon_2)}{\sigma_{uk}} \quad (6)$$

gde je:

Φ – Gausova funkcija, a

$\varepsilon(t_x)$ - srednja vrednost promene stanja.

Jednačine (5) i (6) predstavljaju vezu karakteristika pouzdanosti sistema i parametara tehničkog stanja.

Prema tome, iz teoreme (3) proizilazi sledeća jednačina:

$$\int_0^{T_1} \varphi(t, \varepsilon_1) dt = \int_{T_1}^{T_2} \varphi(t, \varepsilon_2) dt \quad (7)$$

koja može pomoći da se objasni fizički smisao navedene teoreme u zavisnosti od toga da li se radi o kontinualnoj ili periodičnoj dijagnostičkoj kontroli.

Neka su, za normalni zakon promene parametara stanja, matematičko očekivanje $m_\varepsilon(t)$ i srednje kvadratno odstupanje $\sigma_\varepsilon(t)$ aproksimirani linearnim zavisnostima [5].

$$\begin{aligned} m_\varepsilon(t) &= m_a + m_b \cdot t \\ \sigma_\varepsilon(t) &= \sigma_a + \sigma_b \cdot t \end{aligned} \quad (8)$$

pri čemu su m_a i σ_a , i parametri tehničkog stanja u trenutku $t = 0$, i predstavljaju odstupanje parametara stanja od njegove početne vrednost ε_0 , koji može biti konstruktivno dozvoljeno odstupanje (npr. početni zazor u kliznom ležaju). Ovakva aproksimacija biće od velike koristi pri određivanju režima dijagnostičkih kontrola.

Sada se gustina raspodele $f(\varepsilon, t_2)$ može odrediti prema:

$$f(\varepsilon, t_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sigma_a + \sigma_b \cdot t)} \exp\left[-\frac{(\varepsilon - m_a - m_b \cdot t)^2}{2 \cdot (\sigma_a + \sigma_b \cdot t)}\right] \quad (9)$$

a gustina raspodele vremena prvog presecanja predkritičnog nivoa

$$\varphi(t, \varepsilon_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\varepsilon_1 - m_a - m_b \cdot t)^2}{2 \cdot (\sigma_a + \sigma_b \cdot t)}\right] \frac{d}{dt} \left(\frac{\varepsilon_1 - m_a - m_b \cdot t}{\sigma_a + \sigma_b \cdot t}\right) \quad (10)$$

Ovde još treba reći, da za svaki kontrolisani parametar (nivo vibracija i buke, količina produkata habanja u ulju i dr.) potrebno je odrediti granice otkaza (ε_2).

Na kraju ovog odeljka dat je jedan razvijeni algoritam za definisanje istorijata promene stanja (sl. 3), koji je proistekao iz napred navedenih činjenica i zaključaka. Posebno mesto ovde pripada ulaznim podacima, odnosno tehničko-eksploatacionim faktorima koji karakterišu promenu stanja. Istraživanja pokazuju, da u procesu eksploatacije tehničkih sistema u termoelektrani treba upravljati sa oko 40 različitih faktora.

5. TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA STANJA

Tehnička dijagnostika stanja je nauka koja se bavi prepoznavanjem stanja sistema sa određenom tačnošću u određenom trenutku vremena.

U zavisnosti od oblika tehničkog stanja, koje se mora utvrditi, dijagnostika omogućuje:

- proveru ispravnosti sistema,
- proveru radne sposobnosti sistema,
- proveru funkcionisanja sistema i
- istraživanje otkaza (mesto, oblik i uzrok otkaza).

Dijagnoza se može postaviti putem otkrivanja simptoma neispravnog stanja, određivanjem vrednosti pojedinih parametara stanja (rastavljanjem i bez rastavljanja sistema) i upoređivanjem sa dozvoljenim (normalnim) vrednostima.

Definisanje sistema dijagnostike stanja u procesu formiranja modela proaktivnog održavanja, može se rešiti kroz nekoliko etapa: izbor dijagnostičkih parametara, izbor metoda i sredstva dijagnostike, i ocene dijagnostičkih parametara.

Prilikom izbora dijagnostičkog parametra sistema neophodno je utvrditi karakter njihove veze s parametrima stanja. Pri tome, jedan ili više dijagnostičkih parametara mogu definisati samo jedan parametar stanja.

Izbor dijagnostičkih parametara (ρ) može biti izveden na osnovu nekoliko osnovnih kriterijuma pri čemu se koriste sledeće karakteristike: informativnost, relativni odnos, saglasnost, varijacija i relacija.

1. Informativnost

Kao mera apriorne neodređenosti tehničkog sistema (objekta dijagnostike) u teoriji informacija služi entropija [8]:

$$H(x) = \sum_{i=1}^{m_s} p_i \cdot \log_2 p_i \quad (11)$$

gde je:

m_s - broj verovatnih stanja sistema X_i , poprimiti

p_i - verovatnoća da će sistem X_i poprimiti i - to tehničko stanje

Tako je broj informacija o tehničkom stanju sistema I_k jednak:

$$I_k \rightarrow D = H(D) - E(D/K) \quad (12)$$

gde je:

$H(D/K)$ - puna uslovna entropija sistema D u odnosu na sistem K .

Informativnost dijagnostičkog parametra (ili „dijagnostička težina“) se može oceniti preko broja informacija o tehničkom stanju sistema koji sadrži taj parametar.

$$I_k = H(\varepsilon) - H_k \quad (13)$$

gde je:

$H(\varepsilon)$ - potpuna entropija sistema,

H_k - entropija sistema posle izvršene tehničke dijagnostike.

Veća informativnost dijagnostičkog parametra I_k , biće za manju entropiju H_k i za što više informacija o stanju sistema koja se nalaze u dijagnostičkom parametru.

Srednja vrednost informacija može biti korišćena ne samo na izbor dijagnostičkih parametara (ρ) na ne samo za izbor dijagnostičkih parametara (ρ) [7].

2. Max relativni odnos

Max relativni odnos parametara može definisati na sledeći način [9].

$$M_d = \frac{\rho_{max} - \rho_n}{\varepsilon_n - \varepsilon_s} = \frac{\Delta \rho}{\Delta \varepsilon} \quad (14)$$

pri čemu M_d treba da ima što veću vrednost. Istraživanja u [1] pokazuju da je najpovoljniji odnos $M_d > 2,3$.

3. Saglasnost

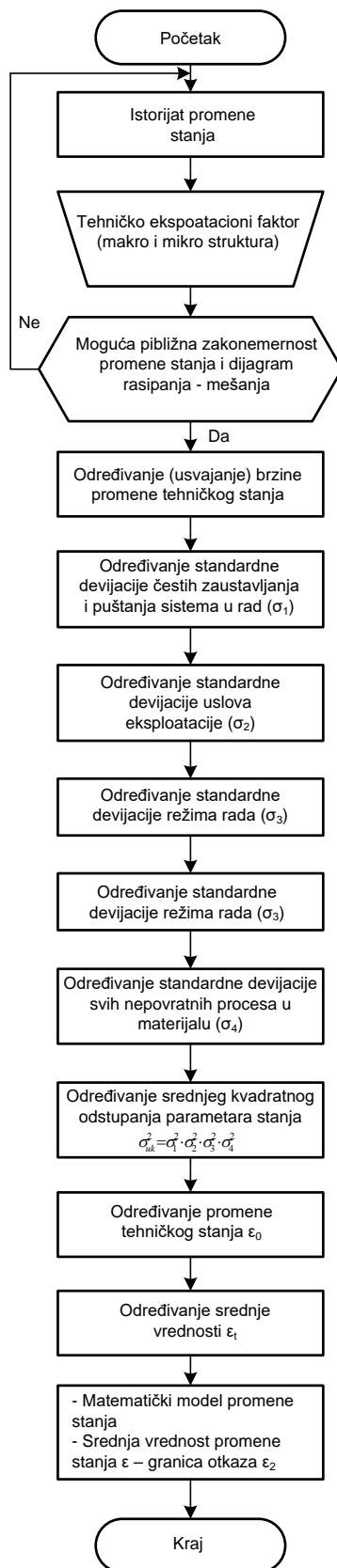
Između dijagnostičkih parametara i parametara tehničkog stanja, mora postojati potrebna saglasnost, odnosno, monotonom rastu ili opadanju ε mora odgovarati određena promena p, s tim što se može javiti i obrnuto proporcionalna promena.

4. Varijacija

Varijacija predstavlja odstupanje dijagnostičkih parametara od srednje statičke vrednosti.

5. Korelacija

Pri rešavanju konkretnih zadataka se kao mera povezanosti između dijagnostičkih parametara i odgovarajućih parametara stanja, može uzeti koeficijent korelacije r (u ovom slučaju r je stepen veze između ε i ρ).



Slika 3 - Jedan mogući algoritam definiisanja istorijata promene stanja [5,6]

6. KRITERIJUM POUZDANOSTI U OCENI DOBIJENIH REZULTATA

Za ocenu pouzdanosti dobijenih rezultata može se koristiti kriterijum pouzdanosti μ_R [1]

$$\mu_R = \frac{r \cdot \sqrt{N_f}}{1 - r^2} \quad (15)$$

gde je: N_f - broj parova obeležja.

Istraživanja u [1] pokazuju da se dobijeni rezultat može smatrati zadovoljavajućim ukoliko je $\mu_R > 2,6$.

U ovom radu usvojena je linerana regresija, odnosno regresiona linija

$$\varepsilon = a_1 \cdot \rho + b_1 \quad (16)$$

gde je: a_1, b_1 - koeficijenti pravaca regresione prave.

Proces prikupljanja podataka i dobijanja brojnih vrednosti koeficijenata korelacije i koeficijenata regresionih pravih (a_1, b_1) se može izvoditi pomoću računara.

7. ANTICIPACIJA STANJA SISTEMA

Anticipacija je predviđanje (prognoza) ponašanja parametara stanja sistema u budućnosti, posle izvršene dijagnostike, sa ciljem da se obezbedi potrebna efektivnost procesa eksploatacije. Određivanje "rezerve upotrebljivosti" sistema neophodno je u smislu njenog optimalnog smanjivanja, kao i određivanje momenta sledećih dijagnostičkih kontrola stanja ili određivanja momenata sprovođenja neophodnih aktivnosti održavanja. Znači, rezultati anticipacije predstavljaju osnovu za donošenje odluka.

Kao ulazna veličina u predviđanju "rezerve upotrebljivosti" javlja se potreban nivo pouzdanosti ($p_z = R_z$) koji se izražava kvantilom normalne raspodele (u_{1-p_0}), čija se brojna vrednost tabulira.

Momentat prve dijagnostičke kontrole stanja: može se dobiti iz uslova da sistem ispuni zahtevanu pouzdanost (R_z),

Tako se može dobiti moment prve dijagnostičke kontrole stanja, posle unošenja $f(\varepsilon, T_1)$ za normalnu raspodelu:

$$T_1 = \frac{1}{m_b - \sigma_b u_{1-p_0}} (\varepsilon_2 - \sigma_a \cdot u_{1-p_0} - m_a) \quad (17)$$

gde je:

u_{1-p_0} - kvantil normalne raspodele (kumulativne učestalosti), koji odgovara verovatnoći bezakonitog P_z za vreme T .

Granice dijagnosticiranih veličina mogu, u principu, biti dvojake – alternativne i prognoza “rezerve upotrebljivosti” (period preostalog korišćenja).

U oba slučaja potrebno je odrediti granične vrednosti parametara stanja.

Kriterijumi za utvrđivanje granica su:

- tehničko-tehnološki (proizvodni, montažni i dr.),
- ekonomski (cena zamene, rizika i dr.),
- sigurnosno-bezbednosni,
- ergonomski i dr.

Određivanje granične vrednosti parametara stanja može se izvršiti na osnovu:

- empirijskih iskustava,
- eksperimentalnih istraživanja,
- ispitivanja na opitnim stendovima i
- teorijskih proračuna.

Veličine ε_1 i $\Delta\varepsilon$ mogu se izračunati (za normalni zakon raspodele parametara) prema izrazu:

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_a(\varepsilon_2 - m_b \Delta T) + \sigma_b(\varepsilon_2 T_1 + m_a \Delta T)}{\sigma_a + \sigma_b(T_1 \Delta T)} \quad (18)$$

$$\Delta\varepsilon = \frac{(\varepsilon_2 \cdot \varepsilon_b + \sigma_b \cdot \sigma_a - m_a \cdot \sigma_b) \Delta T}{\sigma_a + \sigma_b(\Delta T + T_1)} \quad (19)$$

gde je:

$\Delta T = T_2 - T_1$ - periodičnost dijagnostičkih kontrola.

Ukoliko izmerena vrednost parametara stanja prelazi unapred definisane granične vrednosti ($\varepsilon(T_1) \geq \varepsilon_1$), treba izvršiti propisane aktivnosti održavanja, dok će u slučaju $\varepsilon(T_1) < \varepsilon_1$ sistem nastaviti da radi do sledeće dijagnostičke kontrole.

Moment sledećih dijagnostičkih kontrola stanja. – Ako je izmerena vrednost parametara stanja ispod definisane granične vrednosti, onda se mora tražiti moment kada treba vršiti sledeću dijagnostičku kontrolu stanja. Tako se može dobiti izraz za određivanje momenta druge dijagnostičke kontrole:

$$T_2 = \frac{T_1 \cdot (m_a \cdot \sigma_b - m_b \cdot \sigma_a) + \sigma_a \cdot \varepsilon_1 + (\sigma_a + \sigma_b) \cdot \varepsilon_2}{m_a \cdot \sigma_b - m_b \cdot \sigma_a \cdot \varepsilon_1} \quad (20)$$

odnosno:

$$T_2 = \frac{1}{u} [\varepsilon_1 + \Delta\varepsilon(T_1)] \quad (21)$$

U momentu T_2 ponavlja se isti postupak kao i u momentu T_1 .

Izračunavanje momenta sledeće dijagnostičke kontrole stanja T_{2+n} obavlja se prema jednačini:

$$T_{2+n} = \frac{1}{u} [\varepsilon_1 + \Delta\varepsilon(T_{1+n})] \quad (22)$$

Proces se ponavlja do onog momenta kada izmerena vrednost parametra stanja postaje $\varepsilon(T_n) \geq \varepsilon_1$. Tada treba sprovesti određene aktivnosti održavanja.

Aktivnosti održavanja, osim navedenih slučajeva, mogu se vršiti i u slučaju kada se od sistema zahteva da radi duže nego što to predviđaju izračunati momenti kontrole stanja. Ovakvi slučajevi se mogu predstaviti izrazom:

$$T_z \geq T_{2+n} - T_{1+n} \quad (23)$$

pri čemu se u odričnom stanju nastavlja sa radom sistema do trenutka T_{2+n} , kada se vrši sledeća dijagnostička kontrola stanja.

Na osnovu dosadašnjih razmatranja može se dati algoritam anticipacije stanja sistema koji omogućava korišćenje N dijagnostičkih parametara, pri čemu se uvek od N mogućih vrednosti za dijagnostičke kontrole T_1, t_2, T_{2+n} biraju najmanje. Izračunavanje parametara stanja, za sve dijagnostičke parametre, vrši se u momentima $T_{1min}, T_{2min}, T_{2+nmin}$.

8. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj proaktivnog održavanja je pronalaženje degradacionog mehanizma koji vodi do otkaza nekog elementa. Za razliku od prediktivnog održavanja, odnosno održavanja po stanju proaktivno održavanje se ne svodi na konstatovanje u kojoj fazi je element koji će otkazat (koliki mu je preostali korisni životni vek) nego se trudi da otkrije mehanizam koji vodi do otkaza, da ga ublaži ili u potpunosti eliminiše kako bi se životni vek elementa maksimalno produžio. Dakle cilj je maksimalno odložiti ili čak potpuno eliminisati pojave otkaza.

9. LITERATURA

- [1] Adamović, Ž., Ilić, B., *Nauka o održavanju tehničkih sistema*, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2013.
- [2] Adamović, Ž., Ilić, B., Bursać, Ž., *Vibrodijagnoastičko održavanje mašina i postrojenja*, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2014.
- [3] Adamović, Ž., Bursać, Ž., *Vibracije i buka*, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2014.

- [4] Adamović, Ž., Otić, G., *Proaktivno održavanje mašina i postrojenja*, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2014.
- [5] Adamović, Ž., Milutinović, D., *Modeli tehničke dijagnostike mašina i postrojenja*, Društvo za energetska efikasnost BiH, Banja Luka, 2010.
- [6] Stefanović S., Adamović Ž., Cvejić R., Petrov T., *Adaptive control of elrcetrohydraulic system*, Metalurgia International NO 11 Bucharest, Romania 2012
- [7] Adamović, Ž., Savić, N., Petrov, T., Josimović, Lj., Paunjorić, P., Vulović, S., *Restruktuiranje i preprojektovanje održavanja tehničkih sistema*, Društvo za tehničku dijagnostiku – Adam institut, Smederevo, 2014.

Adresa autora: Borivoj Novaković, University of Novi Sad, Technical faculty „Mihajlo Pupin”, 23000 Zrenjanin, Đure Đakovića bb, Republic of Serbia
e-mail: novakovicborivoj1812@gmail.com
Rad primljen: jun 2019.
Rad prihvaćen: septembar 2019.



КИРИЛО САВИЋ
(1870 – 1957)

Пројектант и
градитељ великих
железничких пруга,
мостова и објеката у
Русији, Србији и
Југославији.

Универзитетски
професор, академик,
министар. Велики
родољуб, учесник
Балканског и Првог
светског рата.

RAČUNARSKA SIMULACIJA PROCESA BRIZGANJA VOŠTANOG MODELA ENDOPROTEZE KOLENA

COMPUTATIONAL SIMULATION OF THE INJECTION PROCESS FOR WAX PATTERN OF KNEE ENDOPROSTHESIS

ALEKSANDAR RAJIĆ¹
LJUBICA LAZIĆ VULIĆEVIĆ¹
MILENKO STAŠEVIĆ¹
ELEONORA DESNICA²

¹Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu

²Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin/Srbija

REZIME

U radu je opisana računarska simulacija kao efikasan alat za projektovanje kalupa i parametara ubrizgavanja voska. Početna faza u procesu preciznog livenja je kreiranje voštanih modela. Greške koje se javljaju prilikom utiskivanja voska mogu biti prouzrokovane skupljanjem, vazдушnim uključcima i nižim kvalitetom površinske hrapavosti alata. U cilju otklanjanja ovih grešaka u ovom istraživanju je primenjen softver SolidWorks Plastics. Rezultati simulacije su analiza vremena popune, pozicije mesta ubrizgavanja, temperature i pritisci. Deo rezultata istraživanja prikazanih u radu ranije je objavljen u Zborniku radova - sa VIII Naučno - stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „PIM” Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu.

Ključne reči: računarska simulacija, brizganje voska, projektovanje alata, voštani model

ABSTRACT

The paper presents computational simulation as an efficient tool for mould and wax injection parameters design. The master pattern manufacturing by wax injection is the starting operation in the investment casting procedure. Errors caused by shrinkage, air traps and the lower quality of surface roughness may occur in the wax injection process. The software SolidWorks Plastics was used in this research in order to avoid these errors. The software analysed the fill time, gate location, temperatures and pressures.

Key words: computational simulation, wax injection, mould design, wax model

1. UVOD

Najnoviji trendovi razvoja postupka preciznog livenja usmereni su u pravcu razvoja složenih tankozidnih alata sa

visokim zahtevima sa aspekta dimenzione tačnosti, visokom čvrstoćom i posebnim karakteristikama. Početna faza u preciznom livenju je kreiranje voštanih modela i stručnjaci iz ove oblasti smatraju da je

kvalitet završnog odlivka usko povezan sa kvalitetom voštanog modela. Ključni faktori uticaja na greške prilikom utiskivanja voska jesu neuravnoteženo popunjavanje kalupne šupljine i neuniformno hlađenje.

U ovom istraživanju primenjen je softver SolidWorks Plastics koji je u potpunosti integrisan u SolidWorks simulacijski paket. Ovaj softver omogućava simulaciju procesa ubrizgavanja kao i izmene na osnovu dobijenih rezultata. U daljem istraživanju realizovana je 3D računarska simulacija brizganja voska za model implantata kolena. Očekivani rezultati simulacije su analiza vremena ciklusa ubrizgavanja i pozicije mesta ubrizgavanja.

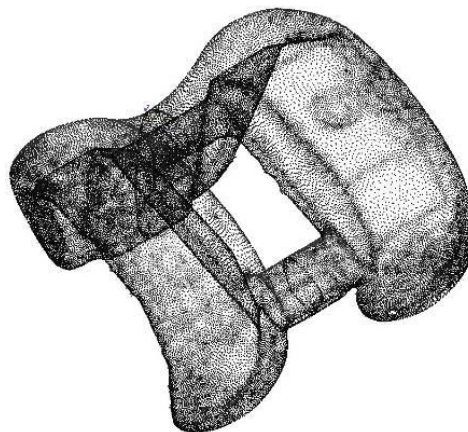
2. MODELIRANJE FEMORALNE KOMPONENTE TOTALNE ENDOPROTEZE KOLENA

Da bi se uspešno sprovedla računarska simulacija ubrizgavanja i ispunili ciljevi dobijanja ponašanja voska tokom ubrizgavanja, bilo je potrebno realan model digitalizovati i prevesti u oblik pogodan za prepoznavanje od strane računara. Stoga je izabrani uzorak femoralne komponente totalne endoproteze kolena skeniran optičkim skenerom Noomeo Optinum i u softveru Numisoft snimljen u formatu ASCII.

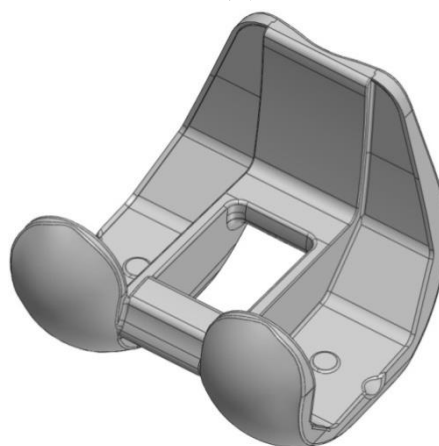
Digitalizacija izabranog realnog modela endoproteze kolena, dobijene od livnice preciznog liva, podrazumevala je upotrebu savremene opreme koja daje izlazne datoteke koje je moguće softverski dalje preraditi u datoteke kompatibilne sa softverom SolidWorks 2012.

Usled manjih odstupanja u procesu prepoznavanja geometrije proteze kolena, dobijeni skenirani model - slika 1(a) nije bio potpuno verna kopija originala pa su izlazne datoteke uvežene u softverski paket za modeliranje SolidWorks 2012. U okviru ovog paketa geometrija je popravljena, doručena, konvertovana u STL format i pripremljena za izvoz u modul SolidWorks Plastics. Razvijeni model - slika 1(b) je parametarski, tj. dužine i radijusi nisu fiksne

vrednosti već promenljive, tako da je nove modele, drugačijih vrednosti dužina i radijusa, moguće dobiti jednostavnim promenama početnih postavljenih parametara.



(a)



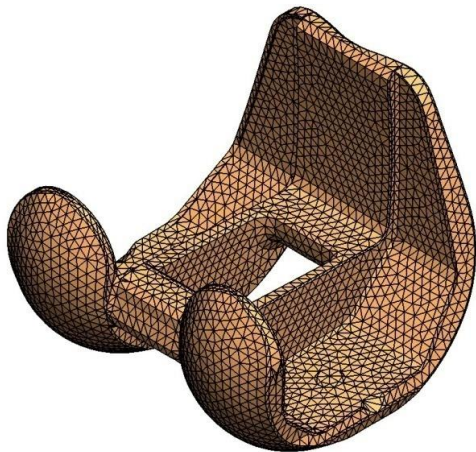
(b)

Slika 1. Prikaz dobijenog modela primenom optičkog skenera Noomeo Optinum: a) oblak tačaka (1 729 003 tačaka), b) SolidWorks model

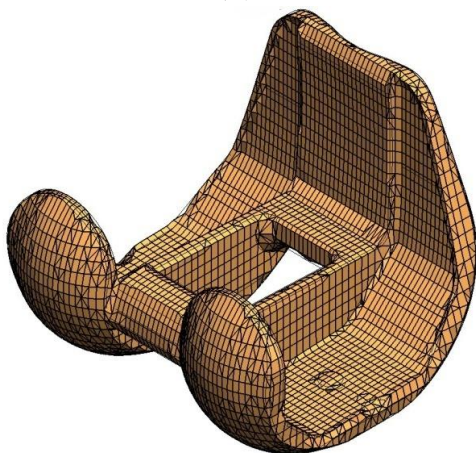
Program SolidWorks Plastics je Computer Aided Engineering (CAE) softver prvenstveno namenjen za računarsku simulaciju injekcionog livenja polimera. Ono što je bilo važno u odabiru ovog softvera je njegova kompatibilnost sa softverom SolidWorks kao i mogućnost kreiranja matematičkih modela na osnovu Cross-WLF i 2D Tait-ovih jednačina stanja. Za definisanje konstrukcije simulacijskog modela potrebno je učiniti sledeće korake: konstruisanje geometrije simulacijskog

modela, definisanje mreže konačnih elemenata, definisanje posebnih tačaka na modelu i provera mreže [1, 2].

U istraživanju su primenjena dva modela simulacije: Shell i Solid. Poligonalni model kod Shell simulacije imao je 10623 elementa i 5305 tačaka - slika 2(a), a kod Solid simulacije 12190 elemenata i 11929 tačaka - slika 2(b).



(a)



(b)

Slika 2. Simulacijski mesh modeli: Shell (a) i Solid (b) [1]

3. KARAKTERISTIKE VOŠTANIH MATERIJALA

Idealna čvrsta tela se ponašaju kao elastična tj. celokupna energija uneta za deformaciju tela ponovo se dobija nakon prestanka delovanja sile. Idealni fluidi pod dejstvom spoljašnje sile se trajno deformišu, tj. počinju da teku a uneta energija se pretvara u toplotu. Kod idealnih fluida je

uočeno da je napon smicanja direktno proporcionalan brzini deformacije:

$$\sigma = \eta \dot{\gamma} \quad (1)$$

Konstanta proporcionalnosti, η , naziva se viskoznost. Tečnosti kod kojih viskoznost ne zavisi od brzine smicanja i napona smicanja nazivaju se njutnovske tečnosti. Kod određenog broja tečnosti, η zavisi od brzine smicanja (napona smicanja) pa se ove tečnosti nazivaju nenjutnovske. Reološka svojstva industrijskih voskova su vrlo kompleksna. Kompleksnost potiče od činjenice da voskovi poseduju i svojstva tečnosti (viskozna) i čvrstih tela (elastična), pa se ova svojstva voskova nazivaju viskoelastična. Pri malim frekvencijama ili velikim vremenima delovanja sile (ili napona) voskovi se ponašaju kao viskozne tečnosti, dok u slučaju kratkih vremena delovanja sile ili velikih frekvencija pokazuju elastična svojstva.

Voskovi koji se koriste za izradu modela sastoje se od parafina visoke molekularne težine sa dodatkom smole dobijene od katrana kamenog uglja. Linearno skupljanje zavisi od načina rada, pritiska i vremena očvršćavanja, a manje od temperature voska. Pored voska za izradu modela koriste se i plastične mase kao smeše prirodnih vrsta voska, sintetičkog voska Fišer-Tropšovog voska, kopolimera etilena i vinil-acetata i ugljovodoničnih smola u različitim odnosima. Kompleksnost smeša modelnih sastava je još jedan od razloga kompleksnosti reološkog ponašanja voska. Sve subsekvencijalne dimenzionalne promene tokom faza razvoja topljivog modela, formiranja školjke, deparafinizacije, sušenja i žarenja školjke, topljenja metala, očvršćavanja odlivka i hlađenja, moraju se uzeti u razmatranje pri formiranju optimalnog modela za ciklus utiskivanja voska.

Predikcija ponašanja voska tokom procesa utiskivanja podrazumeva analizu velikog broja termofizičkih veličina kao što su: toplotni kapacitet i toplotna provodljivost voska, viskozitet voska, koeficijent prenosa

toplote između voska i alata. U toku procesa preciznog livenja, vosak se dok je u tečnom stanju ponaša kao njutnovski fluid, a dok je u polutečnom stanju ponaša se kao nenjutnovski fluid.

Mnoge jednačine opisuju ponašanje viskoznosti u zavisnosti od brzine smicanja, pritiska i temperature, ali su uglavnom empirijske ili semiempirijske. Najčešće korišćena je semiempirijska jednačina Cross-WLF koja sadrži sedam promenljivih parametara ($D_1, D_2, D_3, A_1, A_2, \tau^*$ i n):

$$\eta = \frac{\eta_0}{1 + \left(\frac{\dot{\gamma}}{\tau^*}\right)^{1-n}} \quad (2)$$

U jednačini (2) η_0 predstavlja nultu brzinu smicanja, $\dot{\gamma}$ je brzina smicanja, τ^* je kritična brzina smicanja dok je n konstanta koja važi u režimu visoke brzine smicanja. Nulta brzina smicanja data je jednačinom:

$$\eta_0 = D_1 \exp \left[- \frac{A_1(T-T^*)}{A_2+(T-T^*)} \right] \quad (3)$$

$$A_2 = A_3 + D_3 p \quad (4)$$

U jednačini (3) T predstavlja temperaturu, T^* je temperatura prelaska u staklasto stanje, p je pritisak. D_1, A_1, A_2 i D_3 su parametri materijala. Temperatura prelaska u staklasto stanje je data jednačinom:

$$T^* = D_2 + D_3 p \quad (5)$$

U jednačini (5) D_2 je parametar materijala.

Ovo razmatranje je bilo neophodno zbog konstruisanja krive viskoznosti tzv. „master krive”, koja je korisna jer pojednostavljuje tretman podataka za različite sisteme i daje uvid u strukturu materijala. Krive viskoznosti nastaju ili superpozicijom (grafički) pomeranjem krivih duž x i y -ose, ili upotrebom redukovanih promenljivih (η/η_0).

Relacije između reoloških karakteristika voska i parametara ubrizgavanja dugo su bile zanemarivane od strane inženjera u

livnicama i oni su najčešće koristili metodu „probaj i pogreši” i tako učili na sopstvenim greškama. Rezultat ovakvog pristupa bio je dugačak proizvodni ciklus, visoki troškovi, nizak stepen kvaliteta alata i voštanih modela [1, 2].

Računarska simulacija pokazala se kao efikasna metoda za projektovanje alata i parametara procesa ubrizgavanja. Usko grlo u primeni ove metode je nedostatak konstitutivnih jednačina i nepoznavanje karakteristika materijala koji su korišćeni kao industrijski voskovi. Prilikom računarske simulacije ubrizgavanja voska neophodno je razmotriti sve termofizičke i reološke karakteristike procesa ubrizgavanja voska. U cilju dobijanja validnih karakteristika voska potrebno je prilagoditi standardne metode koje se koriste za ispitivanje polimernih materijala. U suprotnom, bilo bi nemoguće predvideti ponašanje voska [3, 4].

U radu [2] autori su primenili tehnike merenja razvijene za polimerne materijale koje simuliraju ponašanje industrijskih voskova. Proces brizganja voska simuliran je za 3D model na osnovu jednačina za generalizovane njutnovske fluide i na osnovu Cross-WLF modela viskoziteta sa sedam parametara za nenjutnovske fluide. Softver Autodesk Moldflow primenjen je za simulaciju i definisanje optimalne tačke ubrizgavanja. Dobijeni rezultati na osnovu tzv. „fusion” modela ukazuju na dobru predikciju skupljanja voska kod tankozidnih delova.

Autori rada [7] su utvrdili da parametri brizganja imaju značajnu ulogu u dimenzionoj tačnosti voštanih modela. Ovi parametri obuhvataju: protok, vreme ubrizgavanja, temperaturu i pritisak voska pri ubrizgavanju i temperaturu alata.

U radu [8] u potpunosti je opisana reologija voska modelom Carreau-a i modelom drugog reda u cilju modelovanja procesa brizganja za postupak preciznog livenja. Rezultati prikazani u istraživanju ukazuju da je moguće sa visokom tačnošću modelovati popunjavanje kalupa u toku brizganja za tečno i čvrsto stanje.

Autori rada [9] primenili su računarske modele za definisanje dimenzija voštanih modela uzimajući u obzir termofizičke i reološke karakteristike voska. Dimenzija modela izračunavane su primenom metode konačnih elemenata (MKE) na osnovu mehaničke i termičke analize u programu Abaqus. Rezultati dobijeni računarskom simulacijom upoređeni su sa eksperimentalnim rezultatima merenja na probnim modelima.

Eksperimentalnim istraživanjem u radu [10] potvrđeni su rezultati dobijeni računarskom simulacijom u softveru Autodesk Moldflow. Simulacijom su definisani optimalni broj i pozicije odušaka. Eksperimentalno su analizirane tehnološke karakteristike za četiri tipa voska, vazdušni

uključci, optimalni proizvodni parametri i dimenziona tačnost proizvedenog dela.

U biblioteci materijala programa SolidWorks Plastics nije pronađen odgovarajući materijal, tako da su svi neophodni parametri definisani na osnovu podataka dobijenih od strane proizvođača Paramelt Argueso. Dobijeni su podaci za nekoliko materijala (Cerita F30-53MOD, Paracast FW 13070, itd.), sa i bez punioca, a za potrebe ovog istraživanja odabran je vosak F 28-448. To je vosak za modele bez punioca i definisan je kao novi materijal u biblioteci materijala programa SolidWorks Plastics.

Viskozitet voska F 28-448 opisan je parametrima Cross-WLF modela, dok su za PVT karakteristike voska uzeti parametri 2D Tait-ovog modela, tabela 1.

Tabela 1: Parametri Cross-WLF i 2D Tait-ovog PVT modela za vosak F 28-448

<i>Parametar Cross-WLF</i>	<i>Vrednost</i>	<i>Parametar 2D Tait</i>	<i>Vrednost</i>	<i>Parametar 2D Tait</i>	<i>Vrednost</i>
n	0,4576	b_{1m} (m ³ /kg)	0,0009451	b_{4s} (1/K)	0,001
τ^* (Pa)	1,0471	b_{2m} (m ³ /kg·K)	5,96e-007	b_7 (m ³ /kg)	4,13e-005
D1 (Pa·s)	2,41e+0.19	b_{3m} (Pa)	2,15e+008	b_8 (1/K)	0,07831
D2 (K)	263,15	b_{4m} (1/K)	0,005891	b_9 (1/Pa)	1,71e-008
D3 (K/Pa)	0	b_{1s} (m ³ /kg)	0,0009038	b_5 (K)	333,15
A1	56,456	b_{2s} (m ³ /kg·K)	2,98e-007	b_6 (K/Pa)	1,9e-007
A2 (K)	51,6	b_{3s} (Pa)	3,23e+008		

4. RAČUNARSKA SIMULACIJA PROCESA UBRIZGAVANJA VOSKA

Računarska simulacija procesa ubrizgavanja voska izvedena je u skladu sa preporukama proizvođača i parametrima datim u tabeli 2.

Poluautomatska mašina MPI55 za utiskivanje voska je zadata u simulaciji sa definisanim maksimalnim pritiskom ubrizgavanja od 7 MPa, maksimalnom brzinom ubrizgavanja od 200 cm³/s i maksimalnom silom stezača 226 kN. Analiza punjenja voštanog materijala tokom procesa ubrizgavanja realizovana je u softveru SolidWorks Plastics standardnom procedurom. Računarska simulacija je sprovedena kako bi se verifikovala

tehnološka izvodljivost popunjavanja kalupne šupljine. U istraživanju je odabrana opcija kontrole popunjavanja preko zapremine tako da su kao rezultat simulacije dobijena različita vremena ubrizgavanja.

Tabela 2: Preporučene vrednosti parametara ubrizgavanja voska

Parametar	Preporučena vrednost
Temperatura alata (°C)	20
Temperatura topljenja (°C)	63
Temperatura utiskivanja (°C)	45
Apsolutna maksimalna temp. topljenja (°C)	106
Maksimalni smicajni napon (MPa)	0,41
Maksimalna brzina smicanja (1/s)	40000

5. REZULTATI RAČUNARSKE SIMULACIJE

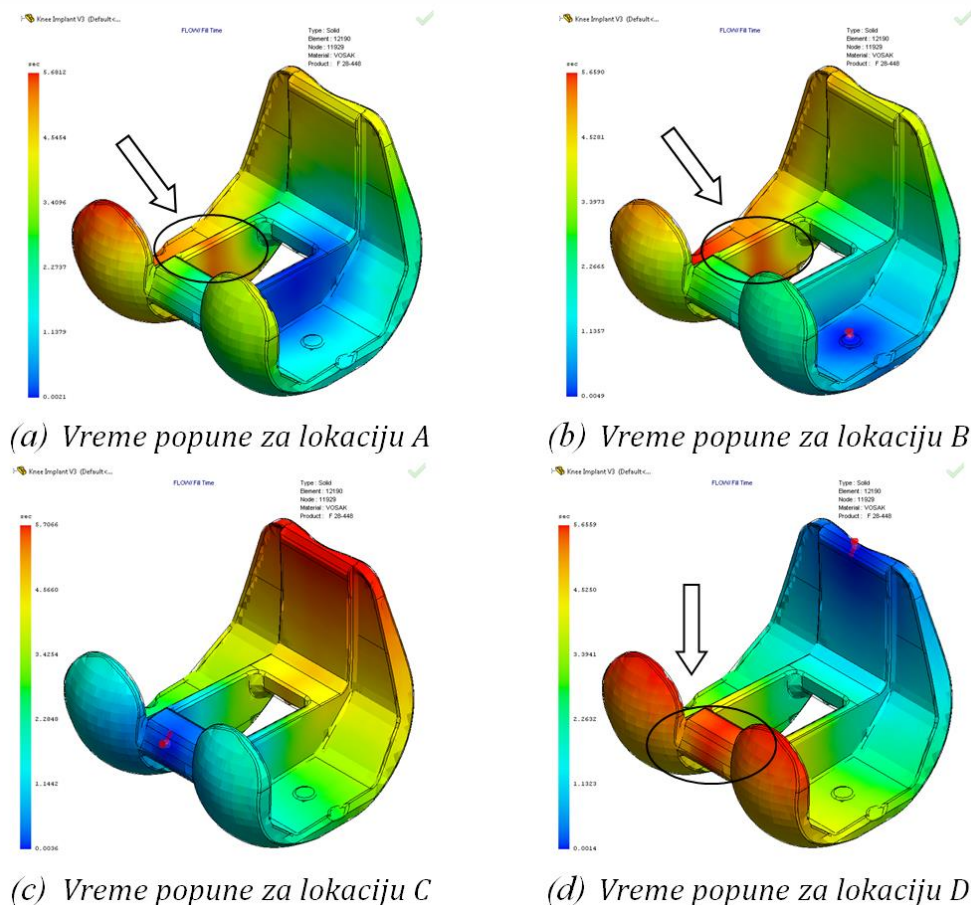
U prvoj simulaciji primenjeni su Shell i Solid simulacijski modeli i analiza tipa Flow+Pack. Analizirana su četiri različita mesta ubrizgavanja i ona su prikazana na slikama 3(a)–(d). U varijanti A na slici 3(a) odabrana je opcija automatskog definisanja mesta ubrizgavanja dok je u varijantama B, C i D na slikama 3(b), 3(c) i 3(d) mesto ubrizgavanja definisano manualno. U tabeli 3 prikazana su izračunata vremena popune za različite simulacijske modele i mesta ubrizgavanja. U varijantama A i B mogu se uočiti nehomogenosti pri popunjavanju na

tankom središnjem zidu. U varijanti D postoje nehomogenosti u području središnjeg mosta, na sredini i na prelazima ka tankim zidovima. Ove nehomogenosti pri popunjavanju mogu prouzrokovati neuniformno skupljanje i vitoperenja na središnjim delovima voštanog modela.

U varijanti C lokacija ubrizgavanja je na prednoj strani središnjeg mosta što je ujedno i najdeblji deo modela. U ovoj varijanti vreme popune je najduže ali je uočljiva uniformna popuna kalupne šupljine, što ukazuje na manji procenat deformacija i tačniji model. Na osnovu ovoga je varijanta C, slika 3(c), usvojena kao optimalna i primenjena je u daljem istraživanju.

Tabela 3: Vremena popune različitih simulacijskih modela i mesta ubrizgavanja [1]

Tip simulacijskog modela	Vreme popune za lokaciju A (s)	Vreme popune za lokaciju B (s)	Vreme popune za lokaciju C (s)	Vreme popune za lokaciju D (s)
Solid	5,6812	5,6590	5,7066	5,6559
Shell	3,6911	3,6953	3,6957	3,6887



Slika 3. Vremena popune za različite lokacije ubrizgavanja [1]

U drugoj simulaciji izabrana je Shell metoda konačnih elemenata obzirom na kraće vreme potrebno za izvođenje analize. Tip analize je bio Flow+Pack+Warp. U analizi su vrednosti tačke preklapanja „switch point” zadate vrednostima 90%, 95% i 100%. Vreme zadržavanja pritiska i vreme hlađenja postavljeni su na automatski režim.

U tabeli 4 prikazani su rezultati računarske simulacije izvedene u softveru SolidWorks Plastics sa 12 različitih varijanti. U simulaciji su zadate dve različite vrednosti brzine ubrizgavanja $10 \text{ cm}^3/\text{s}$ i $15 \text{ cm}^3/\text{s}$, dok su temperatura topljenja voska i temperatura alata zadate sa tri različite vrednosti, od minimuma do maksimuma, u opsegu preporučenom od strane proizvođača. Temperature topljenja voska su 61°C , 63°C i 66°C a temperature alata su 20°C , 27°C i 35°C .

Na slici 4(a) prikazane su pozicije vazдушnih uključaka i linije spajanja dobijene simulacijom ubrizgavanja. Na slici

4(b) prikazana su ulegnuća koja mogu nastati nakon hlađenja.

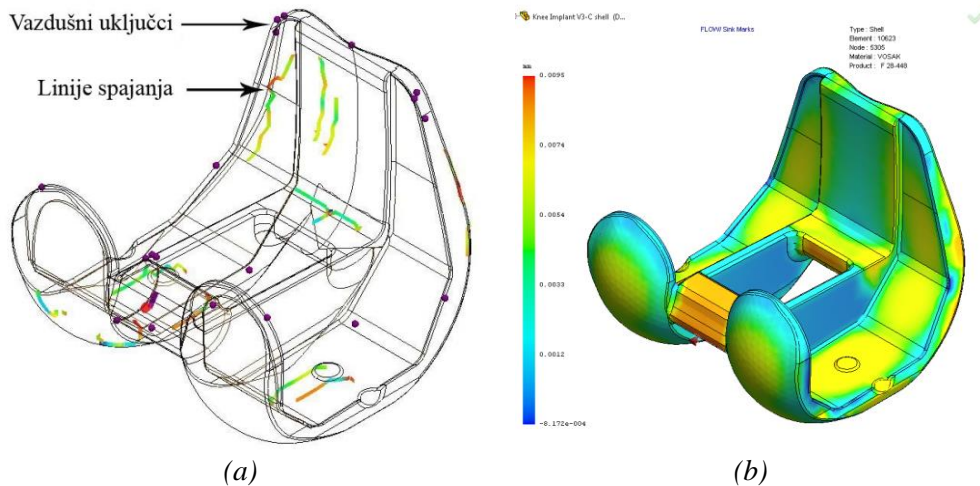
Rezultati simulacije prikazani na slici 5(a) takođe ukazuju da je napredovanje fronta toka ($62,85^\circ\text{C}$ – $63,15^\circ\text{C}$) usko povezano sa temperaturom brizganja i pritiskom. Na slici 5(b) prikazana je analiza pritiska na kraju punjenja i kao što se može uočiti pritisak se kreće u rasponu od 0,09 do 0,1 MPa.

Na slici 6 prikazana je analiza skupljanja i vitoperenja modela nakon očvršćavanja za dve krajnje tačke (plava i crvena) u pravcu X-ose.

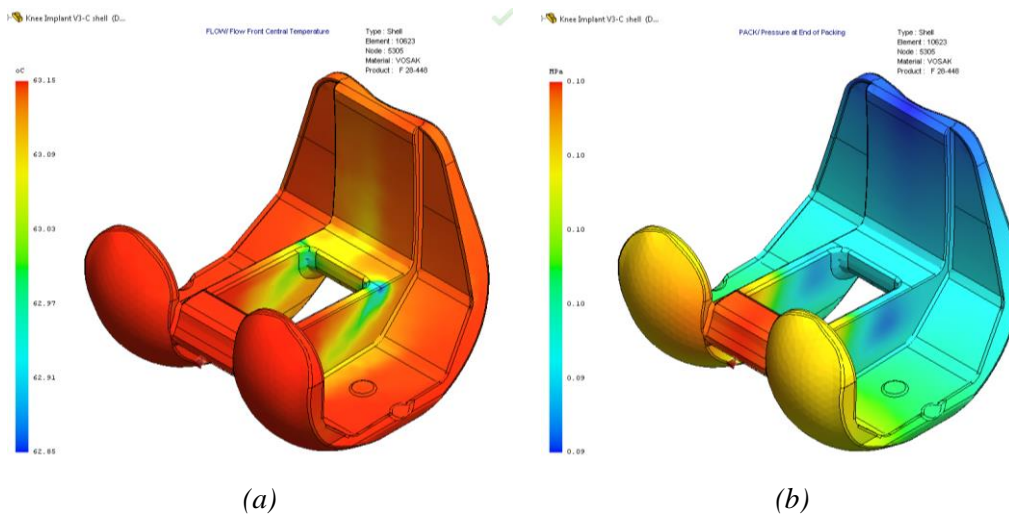
U plavom prozoru „R“ predstavlja pomeranje plave tačke u pozitivnom smeru X-ose (na desno) za 0,2570 mm. U crvenom prozoru „R“ predstavlja pomeranje crvene tačke u negativnom smeru X-ose (na levo) za -0,2260 mm. U središnjem prozoru „D“ predstavlja početno rastojanje na CAD modelu i ono iznosi 65,486 mm, dok je „dR“ razlika vrednosti rastojanja pre i posle simulacije i ona iznosi 0,483 mm.

Tabela 4: Rezultati numeričke simulacije [1]

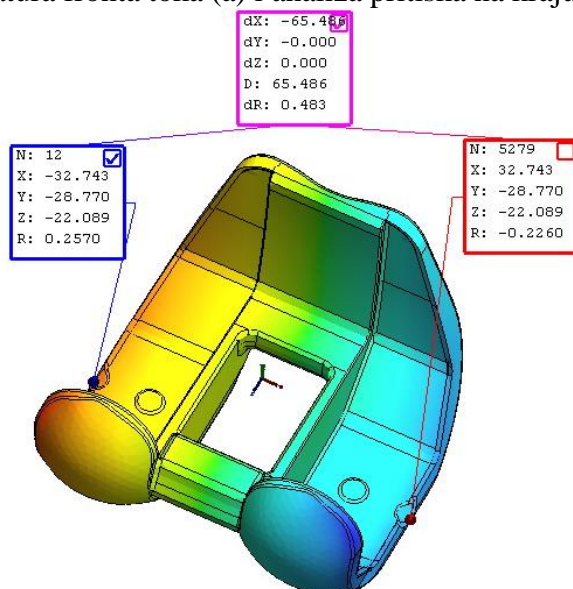
Broj varijante	Parametri procesa								
	Brzina brizganja [cm^3/s]	Temperatura topljenja voska [$^\circ\text{C}$]	Temperatura alata [$^\circ\text{C}$]	Tačka preklapanja [%]	Vreme naknadnog pritiska [s]	Vreme hlađenja [s]	Vreme popune [s]	Procent popune [%]	
1	10	61	20	90	9,17	17,7	6,5628	100	
2	10	63	20	95	9,17	18,08	6,0191	100	
3	10	66	27	100	9,17	19,99	5,6588	100	
4	10	61	27	90	9,17	18,9	6,6046	100	
5	10	63	35	95	9,17	22,21	5,9837	100	
6	10	66	35	100	9,17	23,03	5,6649	100	
7	15	61	20	90	9,17	17,74	4,2986	100	
8	15	63	20	95	9,17	18,12	3,9920	100	
9	15	66	27	100	9,17	20,03	3,7953	100	
10	15	61	27	90	9,17	18,94	4,4492	100	
11	15	63	35	95	9,17	22,26	4,0687	100	
12	15	66	35	100	9,17	23,07	3,7707	100	



Slika 4. Vazdušni ukljucci i linije spajanja (a) i ulegnuća (b) [1]



Slika 5. Temperatura fronta toka (a) i analiza pritiska na kraju punjenja (b) [1]



Slika 6. Analiza skupljanja i vitoperenja modela za dve karakteristične tačke [1]

Rastojanje nakon ubrizgavanja izračunato računarskom simulacijom između plave i crvene tačke iznosi:

$$D - dR = 65,486 - 0,483 = 65,003 \text{ mm}$$

6. ZAKLJUČAK

U istraživanju su primenjene tehnike merenja i analize, razvijene za polimerne materijale, koje uspešno simuliraju ponašanje industrijskih voskova. Proces brizganja voska simuliran je za 3D model implantata kolena na osnovu jednačina za generalizovane Njutnovske fluide, prilagođenog 2D Tait-ovog PVT modela i Cross-WLF modela viskoziteta sa sedam parametara za Nenjutnovske fluide.

Istraživanje je pokazalo da se analizom ciklusa ubrizgavanja voska numeričkom simulacijom sprovedenom u softveru SolidWorks Plastics primenom standardnih procedura, mogu izabrati optimalna rešenja za lokaciju ubrizgavanja i da je moguće odrediti optimalnu varijantu sa najkraćim vremenom popune. Takođe se analizom mogu identifikovati pozicije vazdušnih uključaka, linije spajanja i ulegnuća. Računarska simulacija pruža projektantu informacije o parametrima kao što su zaostali naponi, temperature i pritisci u toku procesa ubrizgavanja voska.

7. LITERATURA

- [1] Rajić, A. (2015). Primena aditivnih proizvodnih tehnologija u postupku preciznog livenja ortopedskih implantata, Doktorska disertacija, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin” Zrenjanin, Univerzitet u Novom Sadu.
- [2] He, B., Wang, D., Li, F., Sun, B. (2014). Simulation study on wax injection for investment casting, *Advanced Materials Research*, Vol. 834-836, pp. 1575-1579.
- [3] Rajic, A., Desnica, E., Stojadinovic, S., Nedelcu, D. (2014). Numerical Simulation and Additive Manufacturing technology in design of knee implant patterns, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, Vol. 16, No. 9-10, September - October 2014, pp. 1180-1190.
- [4] Wang, D., He, B., Li, F., Sun, B. (2013). Numerical simulation of the wax injection process for investment casting, *Materials and Manufacturing Processes*, 28:2, pp. 220-224
- [5] Zhang, J., Ye, H.W., Li, K.W., Wang, G., Li, F. (2011). Numerical simulation of mold filling process for wax pattern of the impeller in investment casting. *Applied Mechanics and Materials*, 80-81, pp. 965-968.
- [6] Gebelin, J.C., Jolly, M.R., Cendrowicz, A.M., Cirre, J., Blackcurn, S. (2004). Simulation of die filling for the wax injection process: Part I. Models for material behavior. *Metallurgical and materials transactions B*, 35, 761-768.
- [7] Bonilla, W., Masood, S.H., Iovenitti, P. (2001). An investigation of wax patterns for accuracy improvement in investment casting parts, *Bulletin of Industrial Research Institute of Swineburne, Melbourne, Australia*, Vol. 18, pp. 348-356.
- [8] Gebelin, J.C., Jolly, M.R. (2003). Modeling of the investment casting process, *Journal of Material Processing Technology*, Vol. 135, pp. 291-300.
- [9] Sabau, A.S., Viswanathan, S. (2003). Material properties for predicting wax pattern dimensions in investment casting, *Material Science and Engineering*, A362, pp. 125-134.
- [10] Radu, S.A., Fratila, D.F. (2012). Simulation and experimental research on the vacuum casting of non-metallic complex parts using flexible molds, *Proceedings of the Romanian Academy, Series A*, Vol. 13, Number 4, pp. 343-350.
- [11] Rajić, A., Lazić Vulićević, Lj., Stašević, M. (2019). Numerička simulacija procesa brizganja voštanog modela implantata kolena, *Zbornik radova sa VIII Naučno - stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „Preduzetništvo, inženjerstvo i*

menadžment”, Tema: Cirkularna ekonomija - prilika za održivi razvoj, Zrenjanin 20. april 2019. god., ISBN 978-86-84289-87-4, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Zrenjanin, pp. 307-314.

Adresa autora: Aleksandar Rajić, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Đorđa Stratimirovića, Zrenjanin, Republika Srbija
e-mail: aleksandar.rajic@vts-zr.edu.rs
Rad primljen: jul 2019.
Rad prihvaćen: septembar 2019.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXIV, Број 31, септембар 2019. год.
Year XXIV, Issue 31, September 2019. year

ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Одговорни уредник
Проф. др Лазо Манојловић
Висока техничка школа струковних студија
Зрењанин

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

O BIOLOŠKIM UTICAJIMA RADIOFREKVENTNOG I MIKROTALASNOG NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA

ON BIOLOGICAL EFFECTS OF RADIOFREQUENCY AND MICROWAVE NON-IONIZING RADIATION

ALEKSANDAR KALAJDŽIĆ
DEJAN RAKOVIĆ

Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu

REZIME

U radu se razmatra uticaj elektromagnetnog zračenja na biološke sisteme a posebno na čoveka. Izvršena je identifikacija, definisanje i podela izvora nejonizirajućeg zračenja. Detaljno su razmotreni biološki uticaji i rizici od radiofrekventnog i mikrotalasnog nejonizirajućeg zračenja. Pored termalnih efekata analizirani su i netermalni: HSP proteini, genetski efekti, reproduktivni poremećaji, neurološki efekti, elektromagnetna preosetljivost, uticaj na biohemijske procese u ćeliji.

Ključne riječi: elektromagnetno zračenje, uticaj, biološki sistemi, termalni i netermalni efekti

ABSTRACT

The paper deals with the influence of electromagnetic radiation on biological systems and especially on humans. The identification, definition and division of non-ionizing radiation sources were performed. The biological impacts and risk of radiofrequency and microwave non-ionizing radiation are discussed in detail. Beside thermal effects non-thermal effects were analyzed: HSP proteins, genetic effects, reproductive disorders, neurological effects, electromagnetic hypersensitivities, influence on biochemical processes in the cell.

Key words: electromagnetic radiation, influence, biological effects, thermal and non-thermal effects

1. UVOD

Prirodna elektromagnetska nejonizujuća zračenja su prisutna od početka biološkog života na Zemlji. Živi svet se razvijao i razvija uz prisutnost ovih zračenja, evoluirao je uz njihovu prisutnost i svoje funkcionalne sisteme prilagodio njima. Signali i

frekvencije ovih zračenja su duboko usađeni u biološke sisteme.

Poslednjih decenija, a pogotovo poslednjih godina, sve više smo okruženi novim digitalnim tehnologijama, pre svega mobilnom telefonijom i bežičnim mrežama. Broj korisnika mobilnih telefona je značajno porastao tako da ga danas koriste i poseduju deca koja čak nisu još ni prohodala.

Tu je poseban problem u novim „smart“ telefonima koji su namenjeni za stalnu povezanost na internet, što preko mobilne telefonije što preko bežičnih mreža, pa ih ljudi nesvesni potencijalnih posledica drže neprestano „povezanim“ (gde se mobilni telefoni ponašaju slično kao i tokom razgovora, povećavajući snagu emitovanog zračenja visoko iznad „standby“ režima).

Pored mobilnih telefona, sve više su prisutne bežične mreže koje omogućavaju pristup internetu i lokalnu komunikaciju između uređaja. One su prisutne u stanovima i na javnim mestima.

Postoji velika naučna polemika oko toga da li radiofrekventno (RF) i mikrotalasno (MT) nejonizujuće zračenje proizvodi i druge efekte osim termalnih. Međutim, istraživanja pokazuju da je ljudski organizam osetljiv na ova zračenja i da ona prouzrokuju razne negativne efekte.

Ova zračenja aktiviraju stresne mehanizme povećavajući uopšteno stres kome su ljudi izloženi. Oni utiču na genetiku, pre svega na ekspresiju gena i proteina. Između ostalog utiču i na DNK molekule. Sve ovo ukazuje na potencijalne kancerogene efekte.

Takođe deluju na reproduktivni sistem utičući na mobilnost i kvalitet muških polnih ćelija, mada ima i indikacija da utiču i na ženski polni sistem. Pokazano je da mogu da dovedu do nepovratne neplodnosti kod životinja. Kakve li će biti posledice ovih uticaja na duge staze po čovečanstvo?

Pored toga utiču i na nervni sistem, na moždane aktivnosti u budnom stanju i prilikom spavanja, pogoršavajući kvalitet sna. Ova zračenja utiču i na glukozni metabolizam mozga čije se posledice ne znaju.

Kao vrhunac uticaja RF i MT zračenja jeste pojava elektromagnetske preosetljivosti. Ovo je funkcionalni poremećaj koji je u nekim zemljama prepoznat i u kojima se posvećuje posebna pažnja ljudima sa ovim poremećajem. Naime, ljudi sa ovim stanjem imaju razne simptome nastale izlaganjem ovim

zračenjima, a kao najčešće uzroke navode se mobilni telefoni i računari.

Treba dodati da RF i MT zračenja utiču na biohemijske procese u ćelijama, to jest utiču na jonske kanale i koncentracije jona remeteći funkciju ćelije.

Svetske strukovne organizacije negiraju netermalne efekte, i granice izlaganja baziraju samo na termalnim efektima.

Sve ove kontroverze dovode do potrebe za dodatnim naučnim istraživanjem svih ovih efekata, njihovom boljem objašnjenju i otkrivanju konačnih zdravstvenih uticaja, što bi omogućilo da se zakonski bolje reguliše prisutnost ovih zračenja u našem okruženju.

S obzirom da RF i MT zračenja mogu sinergetski da deluju sa drugim stresogenim pojavama stvarajući stalno stresno čovekovo okruženje, to je potrebno umanjiti njihov uticaj primenom biorezonantnih balansirajućih tehnika.

Treba istaći da tzv. biorezonantne tehnike pokazuju da RF i MT zračenje može imati i pozitivne efekte na organizam, ali samo kada su intenziteti ovih zračenja veoma mali i kada se primenjuju na odgovarajući način.

Ove tehnike se baziraju na biorezonantnim osobinama EM polja akupunktornog sistema. Metodama kojima se vrši merenje ovog polja može se dijagnostikovati stanje organizma, i ako je potrebno primeniti odgovarajuće terapije. Tipični primeri ovih biorezonantnih dijagnostičkih metoda su elektrodermalni AMSAT sistem i bioelektrografska GDV dijagnostika prema vizualizaciji gasnog pražnjenja oko prstiju.

Terapije koje se primenjuju su biorezonantnog balansirajućeg karaktera i koriste se i u prevenciji bolesti i stresa i u lečenju psihosomatskih poremećaja. Najčešća je mikrotalasna rezonantna terapija. Osim nje koristi se i aerojonizacija, bazirana na formiranju odgovarajuće blagotvorne jonske mikroklimе umanjujući još jedan štetan efekat elektronskih naprava, proizvodnju pozitivnih jona koji utiču razdražujuće na organizam.

Rad se sastoji iz pet poglavlja. Uvodno poglavlje navodi važne činjenice i motivaciju za pisanje ovog rada. Drugo poglavlje govori o elektromagnetskim poljima u životnoj sredini i njihovim karakteristikama, kako se opisuju i dele, i o prirodnim i veštačkim izvorima elektromagnetskih polja, od veoma niskofrekventnog do radiofrekventnog i mikrotalasnog opsega. Treće poglavlje se bavi raznim biološkim uticajima i rizicima izloženosti radiofrekventnim i mikrotalasnim nejonizujućim zračenjima.

2. O ELEKTROMAGNETSKIM POLJIMA U ŽIVOTNOJ SREDINI

Prirodna elektromagnetska nejonizujuća zračenja su prisutna od početka biološkog života na Zemlji. Živi svet se razvijao i razvija uz prisutnost ovih zračenja, on je evoluirao uz njihovu prisutnost i svoje funkcionalne sisteme prilagodio njima. Signali i frekvencije ovih prirodnih zračenja su duboko usađeni u biološke sisteme.

Razni organizmi, od insekata, preko guštera i kornjača, do ptica, pa i sisara, osetljivi su na elektromagnetska polja, pogotovo magnetsko koje koriste za navigaciju [1].

Kažu da čovek nije osetljiv i ne poseduje čula za elektromagnetsko zračenje, ne računajući vidljivi spektar i toplotno zračenje. Međutim, istraživanja pokazuju da su i ljudi osetljivi na ova zračenja, čak da mogu i svesno da ih oseće.

Problem savremenog društva se javlja u sve većoj prisutnosti ljudski stvorenih izvora elektromagnetskog nejonizujućeg zračenja koja su uporediva, pa čak i prevazilaze prirodne izvore, na koja je živi svet navikao i prilagodio im se, kako u domenu intenziteta tako i u domenu frekvencijske raznovrsnosti. U radiofrekventnom i mikrotalasnog domenu, veštački izvori nadjačavaju prirodne, ovo postaje posebno od značaja sa razvojem digitalnih radio tehnologija.

2.1. ELEKTROMAGNETSKO POLJE I ELEKTROMAGNETSKO ZRAČENJE

Elektromagnetsko (EM) polje nastaje kao posledica naelektrisanih čestica i njihovog kretanja. EM polje je posledica kombinacije električnog polja koga formiraju naelektrisane čestice samim svojim postojanjem i magnetskog polja koje je proizvod kretanja naelektrisanih čestica. Vremenski promenljive struje formiraju promenljivo magnetsko polje i promenljivo električno polje.

EM polje karakterišu sledeće četiri vektorske veličine:

1. ***E*** – vektor jačine električnog polja – jedinica volt po metru [V/m],
2. ***D*** – vektor električne indukcije ili vektor električnog pomeraja – jedinica kulon po kv. metru [C/m²],
3. ***B*** – vektor magnetske indukcije – jedinica tesla [T] i
4. ***H*** – vektor jačine magnetskog polja – jedinica amper po metru [A/m] (za vazduh: 1A/m ≈ 1,25 μT).

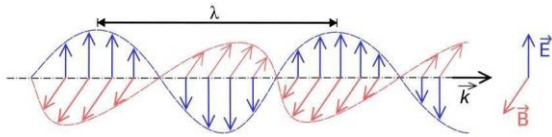
Osnovno svojstvo električnog polja jeste da na sva naelektrisanja koja se nalaze u njemu deluje električna sila. Ovu silu opisuje Kulonov zakon [2]. Osnovno svojstvo magnetskog polja jeste da na sva naelektrisanja koja se kreću u ovom polju deluje magnetska sila. Ukupna sila koja deluje na naelektrisanu česticu naziva se Lorencova sila [3], koja u vektorskom zapisu glasi:

$$\mathbf{F} = q \cdot (\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

gde su: ***F*** sila koja deluje na česticu naelektrisanja ***q*** i brzine ***v***, ***E*** vektor jačine električnog polja i ***B*** vektor magnetske indukcije.

Elektromagnetsko zračenje je pojam koji se vezuje za proces širenja elektromagnetskog polja kroz prostor u vidu elektromagnetskih talasa. EM talasi se prostiru od izvora kroz prostor prenoseći

energiju i predajući je naelektrisanim česticama na koje nailaze. Svaki sistem vremenski promenljivih struja i naelektrisanja predstavlja izvor EM zračenja koji u svoju okolinu zrači EM talase.



Slika 2.1. Elektromagnetni talas

EM talasi sadrže u sebi i električnu i magnetsku komponentu polja koje osciluju ortogonalno jedna na drugu i ortogonalno u odnosu na pravac prostiranja talasa. Na slici 2.1 prikazan je ravanski polarisan EM talas. Najčešće je EM zračenje nepolarisano što znači da električno, odnosno magnetsko polje, osciluju u svim mogućim ravnima normalnim na pravac prostiranja.

Veličine koje karakterišu sve periodične pojave, pa svakako i EM talase, jesu talasna dužina λ [m] i frekvencija f [Hz = 1/s]. Talasna dužina je najmanje rastojanje između dve tačke talasa koje osciluju u istoj fazi. Talasna dužina, frekvencija i brzina prostiranja EM talasa c su povezani relacijom: $c = \lambda \cdot f$. U vakuumu, a približno i u vazduhu EM talasi se prostiru brzinom svetlosti koja je konstantna i iznosi: $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s. Praktičan izraz za izračunavanje talasne dužine u metrima na osnovu poznate frekvencije u MHz je:

$$\lambda \text{ (m)} = 300 / f \text{ (MHz)}$$

Na osnovu frekvencije, odnosno talasne dužine, EM zračenje se deli u više kategorija. Ove kategorije se razlikuju po određenim karakteristikama i primenama. EM spektar se najčešće deli u 7 kategorija: polja ekstremno niskih frekvencija, radiofrekventno zračenje (kojim je često obuhvaćeno i mikrotalasno zračenje iznad 1 GHz), infracrveno zračenje, vidljiva svetlost, ultraljubičasto, X i gama zračenje. Podela je prikazana u tabeli 2.1. Frekvencijske granice između ovih podeljenih oblasti su proizvoljne i u različitim radovima se koriste različite vrednosti.

Tabela 2.1. Spektar elektromagnetskog zračenja [4]

Talasna dužina (λ)	Frekvencija (f)	Klasifikacija spektra	Energija fotona	Tip zračenja
< 100 nm	> 3000 THz	Gama zračenje X zračenje	> 12,4 eV	JONIZUJUĆE ZRAČENJE
100–400 nm	750 THz – 3000 THz	Ultraljubičasto zračenje (UV)	3,1 eV – 12,4 eV	
400–780 nm	385–750 THz	Vidljiva svetlost	1,59–3,1 eV	NEJONIZUJUĆE ZRAČENJE
780 nm – 1 mm	0,3 THz – 385 THz	Infracrveno zračenje (IC)	1,24 meV – 1590 meV	
1 mm – 100 km	3 kHz – 300 GHz	Radiofrekventno zračenje (RF)	1,24 peV – 1,24 meV	
> 1000 km	< 300 Hz	Ekstremno niske frekvencije (ENF)	< 1,24 peV	

EM talas je zapravo snop kvantata energije, odnosno elementarnih čestica koje se nazivaju fotoni. Fotoni imaju tačno određenu energiju koja zavisi od frekvencije f EM talasa:

$$E = h \cdot f$$

gde je E energija fotona, a h Plankova konstanta i iznosi približno $4,136 \cdot 10^{-15}$ eV·s.

Energija fotona, odnosno njegova frekvencija, predstavlja glavnu razliku prema kojoj se dele elektromagnetska zračenja. Energija fotona određuje sposobnosti prodiranja EM zračenja kroz objekte, efekte zagrevanja objekata i efekte na žive organizme.

Na osnovu frekvencije, odnosno energije fotona, zračenje se deli na jonizujuće i nejjonizujuće. Jonizujuće zračenje je zračenje čiji foton ima dovoljnu energiju da jonizuje atom ili molekul, to jest da izbaci elektron iz njegovog omotača. Nejonizujuće zračenje nema tu sposobnost. Energija jonizacije je reda veličine 1 eV, što u frekvencijama daje red veličine 10^{15} Hz. Ova energija se nalazi negde unutar opsega ultraljubičastog

¹ Jedinica elektronvolt eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J

zračenja, tako da X i gama zračenje pripadaju jonizujućem, a ostale vrste nejonizujućem zračenju.

2.2. IZVORI EM NEJONIZUJUĆIH ZRAČENJA

Ovo poglavlje je posvećeno izvorima EM zračenja iz oblasti ekstremno niskih frekvencija (ENF), i radiofrekvencija (RF) odnosno mikrotalasa (MT). Posebna pažnja je posvećena veštačkim izvorima RF i MT domena. Razlog posvećivanja posebne pažnje ovim frekvencijskim domenima EM zračenja leži u tome da je na njih posebno osetljiv ljudski organizam.

2.2.1. IZVORI ELEKTRIČNIH I MAGNETSKIH ENF POLJA

ENF polja ($f < 300$ Hz, $\lambda > 1000$ km) su sporo promenljiva EM polja, drugi naziv im je kvazistatička EM polja. Kvazistatička EM polja su polja čija je brzina promene struja i naelektrisanja u toku vremena takva da se komponente magnetskog polja i ona komponenta električnog polja koja potiče od naelektrisanja mogu približno računati prema formulama za statička polja. Ono po čemu se kvazistatičko i statičko polje bitno razlikuju jeste indukovana komponenta električnog polja, za koju prethodni uslov ne važi [4].

Pošto su talasne dužine ovih EM talasa značajno veće od dimenzija ljudskog tela, granice izlaganja se izražavaju odvojeno za električno i magnetsko polje [4].

Najčešća podela prirodnih izvora ENF polja je na prirodna električna i prirodna magnetska polja.

2.2.1.1. PRIRODNI IZVORI ENF POLJA

Prirodna električna polja grubo se mogu podeliti na dve komponente:

- Stacionarno električno polje
- Promenljiva električna polja

Stacionarno prirodno električno polje se nalazi u blizini Zemljine površine. Ono nastaje usled električnog naelektrisanja koji postoji između atmosfere i tla i ima jačinu

od oko 130 V/m. Ovo naelektrisanje stvaraju Zemlja kao negativan pol i jonosfera kao pozitivan pol, čineći zajedno jedan ogroman kondenzator. Njegova vrednost se smanjuje sa povećanjem visine, jer provodljivost atmosfere raste sa visinom, i na visini od oko 30 km iznosi ispod 1 V/m. Treba naglasiti da na njegovu jačinu bitno utiču dnevne promene u atmosferi kao što su olujna pražnjenja, pri kojima vrednost jačine prirodnog električnog polja može dostići vrednosti od 3 - 20 kV/m [4].

Promenljiva prirodna električna polja su povezana sa aktivnošću olujnih pražnjenja i sa magnetskim pulsacijama koje stvaraju struje iz Zemljine unutrašnjosti (Telurske struje). Jačina ovih polja zavisi od dnevnih i godišnjih promena i prostire se u frekventnom opsegu 0,001 - 1 kHz. Lokalne varijacije zavise od atmosferskih uslova i varijacija u magnetskom polju.

Detaljnije karakteristike vezane za prirodno (Zemljino) električno polje za ENF opseg date su u tabeli 2.2.

Prirodna magnetska polja grubo se mogu podeliti na dve komponente:

- Unutrašnje magnetsko polje
- Spoljašnja magnetska polja

Tabela 2.2. Karakteristike prirodnog električnog polja [4] (E_x, E_y - horizontalne komponente, E_z - vertikalna komponenta)

Frekvencijski opseg	Prirodna polja	Jačina elektr. polja (V/m)
0,001 - 5	Kratkotrajni impulsi magneto-hidrodinamičkog porekla	$0,2 - 10^3$ (za E_z)
7,5 - 8,4 26 - 27	Kvazisinusoidalni impulsi u vremenskom intervalu 0,04 - 1 s	u proseku $(0,15 - 0,6) \cdot 10^{-6}$ (za E_x, y) max. 10^{-6}
5 - 1000	Povezana sa atmosferskim promenama (stalno prisutna)	$10^{-4} - 0,5$ (za E_z) (amplituda opada sa porastom frekvencije)

Unutrašnje prirodno magnetsko polje stvara planeta Zemlja koja deluje kao džinovski magnetski dipol. Njegova vrednost zavisi od geografskog položaja na Zemlji. Na Ekvatoru se vrednost jačine ovoga polja kreće oko 28 A/m (magnetska indukcija $\sim 35 \mu\text{T}$), na polovima 56 A/m ($\sim 70 \mu\text{T}$). Na našim geografskim prostorima se jačina ovog polja kreće oko 40 A/m ($\sim 50 \mu\text{T}$) [4].

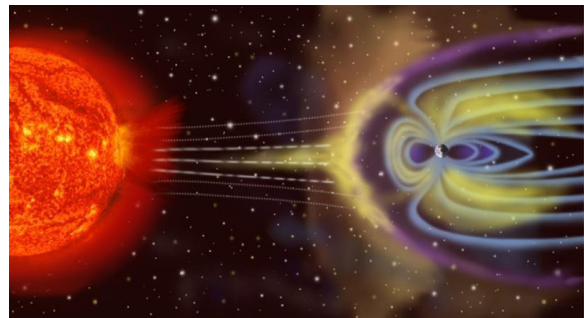
Linije magnetskog polja se protežu između severnog i južnog magnetnog pola kao između polova stalnog magneta (slika 2.2). Magnetna osa Zemlje je oko 10° pomeren u odnosu na geografsku osu i pritom je još i obrnuta tako da je južni magnetni pol u blizini severnog geografskog, a severni magnetni u blizini južnog geografskog. Na južnom magnetnom polu Zemlje, linije magnetske indukcije su usmerene ka Zemlji, a na severnom magnetnom polu su usmerene od Zemlje.



Slika 2.2. Izgled Zemljinog magnetskog polja

Magnetosfera predstavlja deo svemira oko Zemlje, odmah iznad jonosfere i u njoj se nalaze zarobljene naelektrisane čestice.

Zemljina magnetosfera predstavlja dinamički pojas plutajuće plazme vođene magnetskim poljem, koja dolazi u dodir sa Sunčevim magnetskim poljem. Magnetosfera nije sfernog oblika već je iskrivljena od strane solarnog vetra, tako da se prostire u svemiru od Zemlje otprilike od 80 do 60.000 km sa strane prema Suncu, odnosno do 300.000 km udaljenosti na strani okrenutoj od Sunca (slika 2.3). Solarni vetar se sastoji iz naelektrisanih čestica velikih energija, od kojih nas magnetosfera štiti. U magnetosferi se nalazi hladna plazma koja potiče iz jonosfere, vruća plazma koja potiče sa spoljašnje strane Sunčeve atmosfere, i još toplija plazma ubrzana do velikih brzina, koja se može usijati na gornjim slojevima Zemljine atmosfere stvarajući polarnu svetlost bilo na južnoj ili severnoj hemisferi.



Slika 2.3. Prikaz solarnog vetra i magnetnog repa

Spoljašnja magnetska polja imaju višestruko poreklo i međusobno se znatno razlikuju po svojim spektralnim i energetskim svojstvima. Ona se ciklički menjaju svakih 11 godina a uzrokovana su prvenstveno pojavom Sunčevih pega. Za vreme intenzivnih solarnih aktivnosti u toku pojave Sunčevih pega magnetska polja dostižu intenzitete od $5 \cdot 10^{-7} \text{ T}$.

Detaljnije karakteristike vezane za prirodno (Zemljino) magnetsko polje za ENF opseg date su u tabeli 2.3.

Tabela 2.3. Karakteristike prirodnog magnetskog polja [4]

Priroda i poreklo	Promene amplitude (A/m)	Frekvencija (Hz)	Vremenski period
Pravilne 24-čas. promene povezane sa delovanjem Sunca i Meseca	0,024 - 0,4 (S) 0,004 - 0,005 (M)	-	-
Nepravilne magnetske oluje povezane sa Sunčevim pegama	0,8 - 2,4	širok opseg frekvencija	-
Prirodne fluktuacije (mikropulsacije) koje zavise od stanja jonosfere i magnetosfere	$8 \cdot 10^{-5}$ - $4 \cdot 10^{-2}$	0,001 - 5	Tokom dana (u satima)

2.2.1.2. ŠUMANOVE REZONANCE

Šumanove rezonance predstavljaju skup frekvencija koje se nalaze unutar ENF opsega. Ovi signali potiču od sistema Zemlja - jonosfera koji se ponaša kao šuplji rezonator širine 140 km iznad površine Zemlje. Posledica su električnog pražnjenja munja u ovoj šupljini. Prva frekvencija je na oko 7,83 Hz što je frekvencija koja odgovara Zemlji, tačnije njenom obimu, a ostale su svaka sledeće veća za približno 6,5 Hz od prethodne. Ove frekvencije se aproksimativno mogu dobiti na osnovu izraza [4]:

$$f_n \approx 8 \sqrt{\frac{n(n+1)}{2}}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Vrednosti polja Šumanovih rezonanci su veoma niske. Vrednost električnog polja je oko 10 mV/m, a magnetske indukcije oko 1-10 nT [5].

Pokazuje se da su ova polja od velikog značaja za biološki svet. U vezi su sa frekvencijama na kojima radi ljudski mozak (δ , θ , α , β , γ - rezonantne frekventne trake u EEG snimku), a izgleda da imaju značajnu ulogu u adaptacionom mehanizmu na nivou bioloških vrsta što potvrđuju

eksperimenti Šeldrajka (1987), koji ukazuju da jednom naučeni sadržaji od strane i malog dela neke biološke populacije – omogućavaju lakše buduće obučavanje preostalog dela populacije [6].

2.2.1.3. VEŠTAČKI IZVORI POLJA ENF

ENF polja [4] najčešće nastaju u toku prenosa, distribucije i upotrebe električne energije. Dominantne frekvencije su 50 i 60 Hz, ali generalno frekvencije zavise od izvora i ljudi su uglavnom izloženi mešavini frekvencija.

Glavni izvori ENF polja su:

- Elektroenergetski sistem,
- Prevozna sredstva i
- Električni uređaji i kućni aparati

Elektroenergetski sistem čine proizvodnja, prenos, distribucija i potrošnja električne energije. Glavni elementi elektroenergetskog sistema koji imaju ulogu u formiranju EM polja ENF kojima su ljudi izloženi jesu visokonaponski prenosni vodovi, distribucijske transformatorske stanice, mali transformatori. Najjača polja kao posledica elektroenergetskog sistema se najčešće nalaze ispod visokonaponskih prenosnih vodova. U ovim prilikama vrednosti magnetske indukcije se kreću izme u 1 - 40 μ T. Značajni izvori EM zračenja ENF su i transformatorske stanice, koje se najčešće nalaze u blizini stambenih objekata, pa čak i u okviru stambenih objekata, u čijem se okruženju vrednosti magnetske indukcije kreću i do $\sim 10 \mu$ T.

Prevozna sredstva koja su značajni izvori EM zračenja ENF jesu električni tramvaji i vozovi. Vrednosti magnetske indukcije koje se javljaju u blizini podova putničkih vagona tramvaja mogu dostići vrednosti od čak 3 mT, a na nivou sedišta putnika električna polja mogu dostići 300 V/m, dok gornji delovi tela putnika mogu biti izloženi magnetskoj indukciji od 30 μ T. Putnici u električnim vozovima su uglavnom izloženi EM poljima koje stvara

nadzemni visokonaponski vod naizmenične struje iznad železničke prige, ovom izvoru su dodatno izloženi putnici tramvaja.

Električni uređaji i kućni aparati zauzimaju značajno mesto u svakodnevnom životu. EM polja ovih uređaja nisu zanemarljiva. Magnetska indukcija raznih uređaja u njihovoj neposrednoj blizini dostiže vrednosti od $\sim 10 \mu\text{T}$.

2.2.2. IZVORI RF I MT ZRAČENJA

U skladu sa propisima Međunarodne telekomunikacione unije (ITU), radiofrekvencije (RF) se dele na osam frekvencijskih opsega koji su navedeni u tabeli 2.4. Opseg frekvencija od 1 GHz do 300 GHz predstavlja opseg kom pripadaju miktrotalasi.

Prema poreklu, izvori RF i MT zračenja dele se na prirodne i veštačke.

2.2.2.1. PRIRODNI IZVORI RF I MT ZRAČENJA

Prirodnom RF i MT nejonizujućem zračenju [4] izloženi smo tokom celog svog života. Ovo zračenje obuhvata širok opseg frekvencija, ali o ulozi i značaju ovih zračenja za život na Zemlji naučna znanja su nedovoljna. Osnovna podela prirodnih RF i MT zračenja je na:

- Atmosferska polja,
- Elektromagnetska zračenja Zemlje
- Kosmička zračenja.

Atmosferska polja nastaju usled prirodnih fenomena, tačnije električnih pražnjenja u atmosferi sa frekvencijama do 30 MHz. Jačine i opsezi frekvencija ovih polja se razlikuju od geografskog položaja, godišnjih doba, doba dana. Najintezivnija su polja u opsegu frekvencija 2 - 30 MHz. Jačine ovih polja generalno opadaju sa rastom frekvencije. Što se tiče geografske razlike, najveći intenziteti su oko ekvatora, a najmanji na polovima.

Tabela 2.4. Podela radiofrekvencijskog opsega

Frekvencijski opseg	Oznaka	Naziv (po frekvencijama)	Naziv (po talas. dužinama)
3 – 30 kHz	VLF	Vrlo niske frekvencije	Vrlo dugi talasi
30 – 300 kHz	LF	Niske frekvencije	Dugi talasi (kilometarski)
300 kHz – 3 MHz	MF	Srednje frekvencije	Srednji talasi (hektometarski)
3 – 30 MHz	HF	Visoke frekvencije	Kratki talasi (decimetarski)
30 – 300 MHz	VHF	Vrlo visoke frekvencije	Vrlo kratki talasi (metarski)
300 MHz – 3 GHz	UHF	Ultra-visoke frekvencije	Ultra-kratki talasi (decimetarski)
3 – 30 GHz	SHF	Super-visoke frekvencije	Super-kratki talasi (centimetarski)
30 – 300 GHz	EHF	Ekstra-visoke frekvencije	Ekstra-kratki talasi (milimetarski)

EM zračenja Zemlje su posledica toga što je Zemlja toplo telo. Sva tela koja imaju temperaturu veću od apsolutne nule ($> 0 \text{ K}$) emituju EM zračenja praktično na svim frekvencijama. U okviru RF i MT opsega frekvencija, kada se prema Plankovom² zakonu zračenja crnog tela preračuna gustina snage, dobija se vrednost od $0,3 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Kosmička zračenja koja se kreću ka Zemlji većinom bivaju zaustavljena od strane atmosfere, jonosfere i magnetosfere. EM RF i MT zračenje stiže do Zemlje u dva frekvencijska prozora, optički prozor i drugi u opsegu 10 MHz - 37,5 GHz. Zračenje sa frekvencijama preko 37,5 GHz uglavnom apsorbuju molekuli O_2 i H_2O .

2.2.2.2. VEŠTAČKI IZVORI RF I MT ZRAČENJA

U poslednjih nekoliko decenija veštački izvori RF i MT nejonizujućeg zračenja [4] u sve većoj su ekspanziji što po raznovrsnosti, što po brojnosti. Najvažniji predstavnici ovih izvora, iz ugla zaštite od

² Max Planck.

zračenja jesu predajne antene radio i TV stanica, bazne stanice mobilne telefonije i, kao najzastupljeniji, mobilni telefoni.

Imajući u vidu toliku brojnost i različitost izvora RF i MT zračenja nije lako ili čak moguće napraviti njihovu celovitu podelu. Najčešća podela veštačkih RF i MT izvora zračenja je prema gustini snage. Dele se na izvore velike i male snage.

Izvori velike snage su izvori RF i MT nejonizujućeg zračenja koji na rastojanju od 100 m od sebe mogu da proizvedu gustinu snage od 1 W/m^2 .

U izvore velike snage spadaju:

- Radio i TV predajnici,
- Radari za kontrolu vazdušnog saobraćaja,
- Radari za kontrolu kopnenih granica i priobalnih pojaseva,
- Meteorološki radari,
- Sistemi komunikacija (veze sa satelitima i kosmičkim brodovima) i
- Radarski teleskopi.

Izvori male snage su izvori koji na rastojanju od 100 m ne mogu da proizvedu gustinu snage od 1 W/m^2 .

U izvore male snage spadaju:

- Policijski radari,
- Relejni mikrotalasni radari (za kablovsku televiziju),
- Mikrotalasne peći,
- Antenski sistemi u mobilnoj telefoniji i drugi.

Opšte primene izvora RF i MT zračenja po odgovarajućim frekvencijama date su u tabeli 2.5.

Tabela 2.5. Opšte primene izvora RF i MT zračenja [4]

Frekvencijski opseg	Opšte primene
VLF (3 - 30 kHz)	- radionavigacioni sistemi - pomorski komandni sistemi - međukontinentalna radio-telegrafija - elektrotermija (indukciono zagrevanje, oko 10 kHz)
LF (30 - 300 kHz)	- radionavigacioni sistemi; - radiokomunikacije; - elektrotermija
MF (300 kHz - 3 MHz)	- pomorska radiotelefonija; - AM radioemisije
HF (3 - 30 MHz)	- dielektričko zagrevanje (zagrevanje i sušenje drveta, tekstila, lepljenje plastičnih masa, vulkanizacija gume...) - polimerizacija; - kratkotalasna dijametrij (KTD); - radioemisije; - radioastronomija
VHF (30 - 300 MHz)	- VHF TV (kanali 2 - 13); - radionavigacija; - FM radioemisije; - medicinska dijagnostika
UHF (300 MHz - 3 GHz)	- UHF TV (kanali 14 - 83); - javna mobilna telefonija; - komunikacioni sistemi u radionavigaciji; - meteorološki radari; - mikrotalasna dijametrij; - mikrotalasne peći; - telemetrija; - prehrambena industrija
SHF (3 - 30 GHz)	- satelitske komunikacije; - transmisija TV slika sa kosmičkih brodova; - brodski i vazduhoplovni navigacioni radari.
EHF (30 - 300 GHz)	- radiometeorologija; - istraživanje kosmosa; - nuklearna fizika i tehnologija; - satelitske komunikacije

U poslednjim decenijama RF i MT zračenja se sve više primenjuje u *digitalnim radio tehnologijama*. Uzrok ovome je u potreba čovečanstva za sve većom, lakšom i bržom razmenom informacija na globalnom nivou. Svedoci smo brzine razvoja ovih tehnologija, koju je skoro nemoguće pratiti, a ima ogromne uticaje na celokupno čovečanstvo, i pozitivne i negativne.

Ove tehnologije se svrstavaju u tri velike grupe:

- Mobilne komunikacije (GSM, UMTS, HSPA, LTE ...),
- Digitalni prenos radio i TV signala (DAB, DVB ...) i
- Lokalne radio-veze (uređaji kratkog dometa, WiFi, Bluetooth ...).

U tabeli 2.6 je dat prikaz frekvencija na kojima rade odgovarajući sistemi mobilnih tehnologija, kao i WiFi.

Osnovni kanali ovih digitalnih radio tehnologija su podeljeni na podkanale koji se nalaze u odgovarajućim opsezima oko svog osnovnog kanala. U toku samog korišćenja ovih tehnologija, recimo tokom telefonskog razgovora mobilnim telefonom, frekvencije često bivaju menjane od strane bazne stanice, što može biti štetnije po biološke sisteme, jer su oni više osetljivi na promenljive signale nego na kontinualne [7].

Tabela 2.6. Frekvencijski kanali digitalnih radio tehnologija

Tehnologija	Frekvencije (MHz)
GSM	850, 900, 1800, 1900
UMTS	850, 900, 1900, 2100
HSDPA	850, 900, 1700, 1900, 2100
LTE	700, 800, 850, 900, 1700, 1800, 1900, 2300, 2500, 2600
WiFi	2400, 3600, 4900, 5000, 5900

3. O BIOLOŠKIM UTICAJIMA I RIZICIMA RADIOFREKVENTNOG I MIKROTALASNOG NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA

Biološki efekat predstavlja promenu u biološkom sistemu koja se može izmeriti i koja nastaje nakon nekakvog stimulusa. Biološki efekat ukazuje na postojanje osetljivosti biološkog sistema na odgovarajući stimulus. Jasno je da biološki efekat ne mora obavezno da ukazuje na postojanje biološkog, odnosno zdravstvenog rizika, recimo ako je ta promena u sistemu privremena, ili ako ona ima pozitivne posledice, ali ako je trajna, ili ako sa takve promene događaju često i nadovezuju jedna na drugu, onda taj efekat svakako treba dobro proučiti. Dugo vremena je smatrano da jedini efekat koji proizvode RF i MT nejonišujuća zračenja jeste termalni. Pokazuje se da postoje efekti koji nisu termalni, za koje su potrebni manji intenziteti polja i koji su daleko značajniji od termalnog jer su potencijalno veoma opasni.

Glavne svetske organizacije i dalje negiraju netermalne efekte i svoje preporuke u zaštiti od zračenja baziraju na termalnom efektu.

3.1. TERMALNI EFEKAT I GRANICE IZLAGANJA

Dobro proučeni biološki uticaj RF i MT nejonišujućih zračenja jeste mikrotalarno zagrevanje, pri kojem se svaki dielektrični materijal, uključujući i biološka tkiva, zagreva oscilacijama polarnih molekula, koje su indukovane EM poljem. U slučaju kada osoba koristi telefon, ovaj termalni efekat se najviše primećuje na površini glave, povećavajući temperaturu za mali deo stepena. Ovo povišenje temperature je za red veličine manje od povišenja pri izloženosti direktnom suncu. Moždani krvotok čoveka je u stanju da se izbori sa viškom toplote povećavajući protok krvi. Izlaganje većem RF i MT zračenju može da dovede do oštećenja tkiva [7].

Prema ovom principu, odnosno biološkom efektu formirane su preporučene granice izlaganja.

3.1.1. GRANICE IZLAGANJA

Prva stvar u definisanju granica izlaganja jeste definisanje grupa na koje se primenjuju.

Generalna podela je na tri grupe:

- Profesionalna lica,
- Opšta populacija stanovništvo i
- Lica podvrgnuta medicinskom tretmanu.

Profesionalna lica čine osobe koje su pri zaposlenju izloženi EM zračenju i pritom su upoznati sa rizicima i zaštitnim merama. Ova grupa ljudi je pod redovnim medicinskim nadzorom. Granice izlaganja profesionalnih lica su viša u odnosu na opštu populaciju. Dužina izlaganja je ograničena na period radnog vremena.

Opšta populacija podrazumeva osobe različitog zdravstvenog stanja i uzrasta, koja nisu svesna izlaganja EM zračenju. Ova grupa može biti izložena zračenju 24 h dnevno.

Za *lica podvrgnuta medicinskom tretmanu* granice nisu postavljene, već se izlaganje razmatra u cilju veće koristi od štete.

Međunarodna komisija za zaštitu od nejonizujućeg zračenja (ICNIRP) je nezavisna naučna organizacija odgovorna za donošenje preporuka vezanih za ograničavanje ljudskog izlaganja nejonizujućem zračenju.

3.1.1.1. PREPORUKE ICNIRP

ICNIRP [8] je 1998. godine objavio preporuke za izlaganje nejonizujućem zračenju do 300 GHz. Ove preporuke su donete na osnovu višegodišnjeg vrednovanja naučnih izveštaja. Za formiranje ovih preporuka je uzet u obzir praktično samo termalni efekat, a postojanje netermalnih efekata je negirano.

Ograničenja su podeljena u dve grupe:

- Osnovna ograničenja i

- Referentni nivoi.

Osnovna ograničenja zavise od frekvencije EM zračenja i za frekvencije između 100 kHz i 10 GHz se izražavaju preko veličine SAR (Specifična brzina apsorpcije), u cilju zaštite od zagrevanja celog tela, odnosno lokalnog tkiva ili dela tela. SAR predstavlja snagu koja se apsorbuje po jedinici mase. Najčešće se usrednjava za celo telo ("Whole-body SAR"), dok se lokalni SAR odnosi na snagu apsorbovanu od strane određenih delova tela. SAR se usrednjava u vremenskom intervalu, najčešće 6 minuta.

Prema ICNIRP ustanovljeni biološki i zdravstveni efekti, u frekvencijskom opsegu između 10 MHz do nekoliko GHz, odgovaraju biološkom odzivu organizma čija temperatura poraste za više od 1 °C. Porast temperature organizma za 1 °C približno odgovara srednjoj vrednosti "Whole-body" SAR od 4 W/kg u vremenskom intervalu od 30 minuta. Za navedenu vrednost je "u cilju adekvatne zaštite" uveden redukциони faktor 10 za profesionalno izlaganje, odnosno 50 za izlaganje stanovništva, tabela 3.1.

Tabela 3.1. ICNIRP osnovna ograničenja za izlaganje RF i MT nejonizujućem zračenju u opsegu frekvencija od 10 MHz do 10 GHz [8].

SAR	Profesionalna lica	Stanovništvo
Usrednjen za celo telo u vremenskom periodu od 6 minuta ("Whole-body" SAR)	0,4 W/kg	0,08 W/kg
Usrednjen na 10 g tkiva glave i trupa u vremenskom periodu od 6 minuta ("Localized" SAR)	10 W/kg	2 W/kg
Usrednjen na 10 g tkiva ekstremiteta u vremenskom periodu od 6 minuta ("Localized" SAR)	20 W/kg	4 W/kg

Referentni nivoi služe za praktičnu procenu izlaganja i održavanje istog unutar preporučenih granica, tabela 3.2. Dobijeni su iz osnovnih ograničenja matematičkim modelovanjem i na osnovu laboratorijskih merenja i izražavaju se u merljivim, odnosno referentnim veličinama.

Tabela 3.2. ICNIRP referentni nivoi za izlaganje RF i MT nejonizujućem zračenju u opsegu frekvencija od 10 MHz do 10 GHz [8].

	Opseg	Jačina elektr. polja	Jačina magn. polja (A/m)	Magnetska indukcija (μT)	Gustina snage (W/m ²)
Profesionalna lica	10 – 400 MHz	61	0,16	0,2	10
	400 – 2000 MHz	$3 \cdot f^{1/2}$	$0,008 \cdot f^{1/2}$	$0,01 \cdot f^{1/2}$	$f / 40$
	2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50
Stanovništvo	10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2
	400 – 2000 MHz	$1,375 \cdot f^{1/2}$	$0,0037 \cdot f^{1/2}$	$0,0046 \cdot f^{1/2}$	$f / 200$
	2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10

3.2. NETERMALNI EFEKTI

Netermalni efekti predstavljaju biološke efekte koji se javljaju pri niskim intenzitetima, odnosno snagama polja, koje ne mogu da izazovu termalni efekat i koje su nekad i znatno ispod preporučenih granica izlaganja.

3.2.1. HSP PROTEINI

Neki naučnici čak tvrde da su netermalni efekti zapravo termalni u osnovi. Glaser i Foster [9] su argumentovali da postoji nekoliko termoreceptorskih molekula u ćelijama i da oni aktiviraju kaskadu drugih sistema, mehanizme ekspresije genoma i proizvodnju proteina toplotnog šoka (u daljem tekstu HSP) u

cilju odbrane ćelije od metaboličkog ćelijskog stresa proizvedenog od strane zagrevanja. Kažu da su povećanja u temperaturi previše mala da bi bila detektovana mernom instrumentacijom korišćenom u istraživanjima.

Leszczynski i ostali [10] su pokazali da efekti vezani za HSP proteine nisu posledica termalnih efekata, odnosno zagrevanja. Koristili su 900 MHz GSM mobilni telefon, čije je zračenje izazvalo privremene povećane aktivnosti Hsp27 proteina. Prema njihovim zaključcima, aktivacija HSP protenina može da dovede do razvijanja kancera u mozgu i do povećanja propustljivosti moždano-krvne barijere (BBB)³. Dalje ako bi se ovi događaju ponavljali tokom dužeg perioda moglo bi da dođe do akumulacije oštećenja moždanog tkiva. Oni dodaju da ostali faktori koji dovode do oštećenja moždanog tkiva mogu da sudeluju sa efektima izazvanim zračenjem mobilnih telefona.

French i ostali [11] su razvili teorijski mehanizam pomoću kojeg bi RF-MT zračenje mobilnih telefona moglo da prouzrokuje kancer, a to je pomoću hronične aktivacije odgovora na toplotni šok. Uzlazna regulacija HSP proteina je normalan odbrambeni odgovor na ćelijski stres. Međutim, hronična ekspresija HSP proteina je poznata da indukuje ili promovise onkogenezu, metastazu ili otpor na lekove protiv kancera. Oni predlažu da ponovljeno izlaganje zračenju mobilnih telefona (a svakako i drugih izvora MT zračenja) deluje kao ponavljajući stres vodeći do kontinualne ekspresije HSP proteina u izloženim ćelijama i tkivima, što utiče na njihovu normalnu regulaciju i može dovesti do pojave kancera. Ova hipoteza daje mogućnost direktne veze između RF i MT zračenja (i drugih sveprisutnih digitalnih radio tehnologija) i kancera.

³ BBB – Bloud-Brain Barrier

3.2.2. GENETSKI EFEKTI

U mnogim radovima je pokazano da RF-MT zračenje izaziva promenu ekspresije gena i proteina u određenim ćelijama pri intenzitetima koji su manji od preporučenih granica.

U radu [12] je pregledano 114 naučnih radova koji se bave genetskim efektima RF (MT) nejonizujućeg zračenja, objavljenih u godinama 2007-2014. U analizi tih radova, pokazalo se da je 74 (65%) od njih pokazalo biološke efekte, dok preostalih 40 (35%) nije. U ovom radu je takođe analizirano i 59 radova koji se bave ENF zračenjem.

Više radova je impliciralo učešće slobodnih radikala u genetskim efektima RF zračenja [13-15]. Porast aktivnosti slobodnih radikala i promene u enzimima uključenim u ćelijske oksidativne procese su najdosledniji efekti primećeni u ćelijama ljudi i životinja nakon izlaganja RF zračenju. Mnogi biološki efekti EM polja se mogu objasniti unutarćelijskim promenama u oksidativnom statusu, uključujući genetske efekte [12].

Pokazano je da su efekti RF i ENF zračenja vrlo slični. Objašnjenje sličnih genetskih efekata ovih zračenja čije su energije mnogostruko različite dato je u zanimljivom radu [16] i leži u tome da se DNK ponaša kao fraktalna antena. Kako autori ovog rada navode u svom zaključku, „širok frekventni opseg interakcija sa EM zračenjima je funkcionalna karakteristika fraktalnih antena, a DNK izgleda da poseduje dve strukturne karakteristike fraktalnih antena, električnu provodnost i samosličnost“. Ova osobina DNK bi mogla da objasni osnovni mehanizam njene interakcije sa EM zračenjima, koji je prisutan na svim frekvencijama zračenja.

Dva važna otkrića u studijama jeste da su efekti EM zračenja zavisni od oblika talasa i tipa ćelija [12]. U [15] su pokazali da se povećana aktivnost slobodnih radikala

i fragmentacije DNK u astrocitima⁴ mozga pacova javlja kod 20-minutnog izlaganja 50 Hz amplitudski modulisanom 900 MHz RF zračenju, dok se ovaj efekat ne javlja kod nemoduliranih talasa. Zhao i ostali [17] su otkrili da su neuroni pacova više osetljivi od astrocita, pokazali su da se ekspresija gena neurona pacova menja pod uticajem RF zračenja od 1800 MHz moduliranim sa 217 Hz, što je često u mobilnim telefonima.

Belyaev sa ostalima je u svojim radovima [18,19] pokazao da netermalni efekti MT zračenja mobilnih telefona ispod preporučenih granica zavise od nekoliko fizičkih i bioloških parametara. Primećeni su frekventno zavisni efekti GSM mobilnog telefona na 53BP1/ γ H2AX⁵ proteine i konformacije hromatina u ljudskim limfocitima. Pokazali su da zračenje UMTS mobilnog telefona uzrokuje značajne negativne efekte u ljudskim limfocitima slično efektima GSM telefona i toplotnog šoka. Za razliku od GSM telefona UMTS emituju MT zračenje šireg frekventijskog prozora i hipotetički mogu uzrokovati veće biološke efekte zbog „efektivnijih“ frekvencija. Pokazali su da UMTS MT zračenje utiče na hromatin i sprečava formaciju i lokalizaciju 53BP1/ γ H2AX proteina u žarištu dvolančanih prekida DNK u ljudskim limfocitima i potvrdili su zavisnost efekata od frekvencije. Ono što je posebno zanimljivo jeste da su efekti na 53BP1/ γ H2AX proteine trajali 72 h nakon ozračivanja ćelija, čak duže od stresnog odgovora na toplotni šok. Ovaj dugoživeći efekat na ove važne ljudske ćelije imunog sistema može predstavljati jaku vezu opasnosti po zdravlje od mobilnih telefona.

U [12] se navodi da postoji više studija koje pokazuju da RF zračenje ima negativne efekte na reprodukciju, posebno

⁴ Astrociti su glia ćelije koje se nalaze u mozgu i regulišu hemijsko okruženje neurona.

⁵ 53BP1 i γ H2AX su proteini koji se javljaju kao odgovor na oštećenje DNK i imaju funkciju u popravljanju DNK lanca

na fiziologiju sperme i DNK polnih ćelija, o čemu će biti reči u nastavku.

3.2.3. REPRODUKTIVNI POREMEĆAJI

Pregled BioInitiative 2012 [20,21] je sumirao dokaze koji se tiču neplodnosti i problema sa reproduktivnim potencijalom. Najviše dokaza dolazi od ljudskih i životinjskih ispitivanja na spermi i plodnosti muškaraca.

Zračenje mobilnih telefona oštećuje ljudske spermatozoide sa vrlo niskim gustinama snage (u opsegu 0,00034 - 0,07 $\mu\text{W}/\text{cm}^2 = 3,4 - 700 \mu\text{W}/\text{m}^2$). Nivoi izlaganja su slični nivoima kao posledice nošenja mobilnog telefona u džepu od pantalona, ili od korišćenja laptopa u krilu. Autori navode da spermatozoidi nemaju sposobnost popravke DNK zbog strukture proteina [20,21].

Više istraživanja je pokazalo negativne efekte na kvalitet sperme, pokretljivost i oštećenja DNK kod muškaraca koji koriste mobilne telefone i pogotovo kod onih koji nose mobilne telefone, PDA ili pejdžere na svom kaišu ili u džepu pantalona [13,14,22-24].

Postoji manje studija na životinjama koje su se bavile efektima zračenja mobilnih telefona na parametre plodnosti ženki.

Panagopoulos [25] je u svom radu dobio smanjen razvoj i veličinu jajnika, preranu ćelijsku smrt folikula jajnika i ćelija koje ishranjuju jajnik kod vinskih mušica (*Drosophila melanogaster*). U ovom radu je takođe pokazano da je reproduktivni kapacitet mnogo više oslabljen od strane modulisanog zračenja u odnosu na nedomulirano.

Gul i ostali [26] su pokazali da je izlaganje miševa „standby“ nivou RF zračenja (mobilni telefon je uključen ali ne transmituje telefonski razgovor) uzrokovalo značajno smanjenje broja jajnih folikula kod mladunaca, a takođe i značajno

smanjenje broja mladunaca rođenih u ovim uslovima.

Magras i Xenos [27] su pokazali nepovratnu neplodnost miševa nakon pet generacija izloženih RF-MT zračenju. Miševi su bili izloženi nivou zračenja baznih stanica, u čijoj su se blizini nalazili, manjem od jednog mikrovata po kvadratnom centimetru ($<1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, odnosno $<10 \text{mW}/\text{m}^2$).

3.2.4. NEUROLOŠKI EFEKTI

Postoji dosta objavljenih radova koji se bave uticajem RF i MT nejonizujućeg zračenja na moždanu električnu aktivnost (EEG), kao i na ljudski san. Ovde sam naveo neke od njih koji su primetili efekte. Postoji i veliki broj radova u kojima nikakav efekat nije primećen.

Bak i ostali [28] su primetili uticaj GSM mobilnog telefona na centralni nervni sistem (CNS) i evocirane potencijale (ERP).

Croft je sa ostalima [29] primetio promene alfa talasa u EEG prilikom izlaganja ispitanika zračenju mobilnog telefona.

Leung [30] je primetio slične efekte 2G i 3G mobilnih uređaja na EEG.

Postoji više radova koji su zabeležili uticaje RF i MT zračenja na san. Lustenberger [31] je primetila da pulsno-modulisano 900 MHz zračenje povećava niskotalasnu aktivnost mozga pred kraj spavanja, negativno utičući na kvalitet sna. Loughran [32] potvrđuje da zračenja mobilnog telefona utiču na EEG signale za vreme ne REM faza sna. Važnu stvar koju je Loughran primetila jeste da ovaj efekat zavisi od individualne ličnosti.

U studiji [33] koristeći fluorodeoksiglukozu i pozitronsku emisiju tomografiju su pokazali da izlaganje MT zračenju delova mozga koji su najbliži anteni pri razgovoru telefonom dovodi do povećanja glukoznog metabolizma u njima.

3.2.5. ELEKTROMAGNETSKA PREOSETLJIVOST

U našem svakodnevnom životu smo izloženi povećanim nivoima kombinovanih statičnih, ENF i RF/MT nejonizujućih zračenja. Sva ova polja zajedno čine jedno šarenoliko EM polje, koje se popularno naziva „elektrosmog“.

EM preosetljivost (EHS) predstavlja osetljivost ljudi na EM nejonizujuća zračenja. Veliki broj ljudi prijavljuje probleme sa zdravljem pripisujući ih EM zračenju. Ovi ljudi pokazuju razne simptome koji se, kako ih oni pripisuju, javljaju za vreme ili u toku razgovora mobilnim telefonom, pa i kućnim bežičnim telefonom, ili pak u blizini baznih stanica mobilne telefonije, prilikom korišćenja laptopova, računara, u blizini WiFi predajnika, u prevozu, u automobilu, prilikom korišćenja kućnih aparata [34,35]. Simptomi koji se javljaju su subjektivni i najčešće se javlja više od njih odjednom. Neki glavni simptomi su: poremećaji spavanja, glavobolje, nervoza, zamor, problemi sa koncentracijom, vrtoglavica [34,35].

U upitniku [36] sprovedenom nad lekarima opšte prakse u Švajcarskoj, 69% njih je imalo konsultacije povodom EM zračenja, prosek je bio oko 3 konsultacije godišnje. Lekari su u 54% slučajeva vezu između EM zračenja i simptoma smatrali verovatnom.

U drugom upitniku [37] sprovedenom u Austriji nad lekarima samo trećina nije nikad imala ovakve pacijente. Čak 96% lekara donekle ili potpuno veruje da postoji uticaj EM nejonizujućeg zračenja na zdravlje. Ono što je primećeno jeste da vlasti imaju marginalnu ulogu u informisanju lekara, samo 4% njih kaže da je dobilo informacije o EM zračenju. Vredno pažnje je to da se mišljenje lekara tako razlikuje od nacionalnih i internacionalnih procena zdravstvenog rizika.

U Švedskoj je EHS zvanično prepoznata kao funkcionalni poremećaj

(nije bolest). Ankete pokazuju da oko 3% Švedana ispoljava neke od simptoma kada su izloženi EM zračenju. U Švedskoj se funkcionalni poremećaji posmatraju iz ugla okruženja. Nijedan čovek nije funkcionalno poremećen, već je okruženje to koje izaziva poremećaj. Ovo implicira da bi osobama sa EHS trebalo obezbediti priliku da žive i rade u okruženju sa niskim EM zračenjem [38].

Johansson [39] je otkrio da kod EHS osoba postoji povećana koncentracija mastocita⁶ u koži, pogotovo lica. Veći broj mastocita može objasniti simptome poput svraba, bola, edem i eritema.

Belpomme i ostali [40] su od 2009. istražili, klinički i biološki 727 EHS i MCS samoprijavljenih slučajeva. 521 su dijagnostikovali sa EHS, 52 sa MCS i 154 i EHS i MCS. Pošto je zapaljenje ključan proces koji se javlja i kod EM zračenja i kod hemijskih efekara na tkivo, a histamin je veliki posrednik kod zapaljenja, sistematski su merili histamin u krvotoku pacijenata. Skoro 40% je imalo povećanu histaminemiju⁷. Oksidativni stres je deo zapaljenja i ima ulogu u oštećenju i odgovoru. Nitrotirosin, signal proizvodnje peroksinitrita⁸ (ONOO⁻) i otvaranja moždano-krvne barijere je bio povećan za 28%. Protein S100B koji je takođe indikator otvaranja BBB je bio povećan za 15%. Autoantitela protiv O-mielin su detektovana u 23%, pokazujući da bi EHS i MCS mogli biti povezani sa autoimunim odgovorom. Pronašli su Hsp27 i/ili Hsp70 kod 33% pacijenata. Pošto je većina pacijena prijavila insomniju i umor kao simptome, ispitali su tokom 24h odnos 6-hidroksimelotin sulfata i kreatinina u urinu i otkrili da je smanjen u svim ispitanim slučajevima. Ispitivanjem protoka krvi u

⁶ Mastociti su vrsta leukocita, odnosno belih krvnih zrnaca. Imaju značajnu ulogu u imunom odgovoru i mogu dovesti do alergijskih reakcija.

⁷ Histaminamija – histamin u krvotoku.

⁸ Peroksinitrit je kako kažu u [21] najdestruktivniji molekul u našim telima, aktivniji i od slobodnih radikala.

mozgu otkrili su hipoperfuziju oko talamusa (capsulothalamic) ukazujući da zapalenijski proces uključuje limbički sistem i talamus. Pokazalo se da oba poremećaja uključuju hiperhisteminemiju, oksidativni stres, autoimuni odgovor, hipoperfuziju u capsulotalamičkoj regiji i otvaranje BBB ukazujući na hroničnu neurodegenerativnu bolest. Analiza koincidencije EHS i MCS ukazuje na sličan patološki mehanizam.

3.2.6. UTICAJI NA BIOHEMIJSKE PROCESE ĆELIJE

Pokazano je da radiofrekventno i mikrotalasno nejonizujuće elektromagnetsko zračenje utiče na biohemijske procese u ćelijama. Ono utiče na GJ⁹ jonske kanale remeteći funkciju ćelije. Takođe je pokazano da RF/MT zračenje utiče na i menja koncentracije jona u ćelijama, posebno kalcijuma (Ca²⁺)¹⁰.

Prema Chiangu i ostalima [41] ENF komponenta GSM signala utiče na GJ kanale inhibirajući ih i time remeteći normalno funkcionisanje ćelija.

U radovima [42,43] je pokazano da ENF modulirano RF/MT zračenje utiče na koncentraciju kalcijuma u ćelijama, tačnije na njegovo isticanje iz ćelija. Ovaj efekat se odvija pri niskim gustinama snage sa maksimumom pri 0,6 - 1 mW/cm² [43].

Američki naučnik Adey Ross koji je u svojim mnogobrojnim radovima ukazao na osetljivost organizma na slaba EM polja. U radu [42] su koristili GSM signale modulirane ENF sa gustinama snage 0,06 - 0,436 mW/cm². Isticanje kalcijuma je bilo

povećano usled izlaganja zračenju i trajalo je i nakon zračenja. Ćelijska proliferacija, sinteza DNK, RNK i proteina su povećani sa koncentracijama jona u ćelijama, posebno kalcijumom i sa depolarizacijom ćelijske membrane. Kako kažu u ovom radu, čini se da su efekti spoljašnjeg EM polja na koncentracije jona povezani sa interakcijom između EM polja i jonskih kanala membrane, što se ispoljava nepravilnim radom, odnosno otvaranjem ovih kanala.

U ovoj glavi su razmatrani uticaji RF i MT nejonizujućeg zračenja na organizam na ćelijskom i molekularnom nivou, odnosno mikroskopskom koje bi moglo da dovede do poremećaja i bolesti organizma, to je takozvani „upward causation“ (uzlazna uzročnost).

Pokazuje se da EM RF i MT nejonizujuće zračenje u manjim dozama i na finiji način primenjeno može imati pozitivan uticaj na zdravstveno stanje čoveka. O mehanizmima i tehnikama koje se baziraju na ovim saznanjima će biti reči u našem sledećem radu [44], sa predstavljenim mehanizmom uticaja RF i MT nejonizujućeg zračenja na globalno EM polje čoveka koji objašnjava i pozitivne i negativne uticaje ovog zračenja na ljudski organizam preko kvantno-holografskog makroskopskog „downward causation“ (silazna uzročnost) mehanizma, uz moguće preventivne biorezonantne balansirajuće uticaje na organizam izložen štetnim uticajima nejonizujućeg zračenja.

4. ZAKLJUČAK

Digitalne komunikacione tehnologije se sve više razvijaju i sve više bivaju masovno korišćene, pogotovo novi „pametni“ mobilni telefoni i lokalne bežične mreže. Efekti ovih novih tehnologija, tačnije elektromagnetskog zračenja koje ona stvaraju na ljudski organizam dosta su proučavani. Sadašnja nauka nije još u stanju da ih potpuno objasni i da sagleda njihove krajnje opasnosti, ali su primećeni neki

⁹ *Gap junction* jonski kanali imaju važnu ulogu u me usobnoj komunikaciji ćelija. Ovaj vid me u-ćelijske komunikacije ima važnu ulogu u održavanju ćelijske proliferacije i diferencijacije, a i u višestepenom procesu karcinogeneze [41].

¹⁰ Kalcijum igra ključnu ulogu u fiziologiji i biohemiji organizma i ćelije. Ima važnu ulogu u putevima prenosa signala, u oslaba anju neurotransmitera iz neurona, kontrakcijama mišićnih ćelija, u procesima zgrušavanja krvi i oplodnji.

zabrinjavajući efekti koji mogu direktno da ugroze ljudski život ili utiču na potomstvo.

Ovi potencijalno visokorizični efekti RF i MT nejonizujućeg zračenja zahtevaju dodatna eksperimentalna i teorijska istraživanja. Potrebno je da se utvrdi da li su oni zaista toliko opasni i ako jesu trebalo bi preduzeti odgovarajuće mere.

Dok se ne istraži sve vezano za RF i MT zračenja, potrebno je da čovek bude pažljiviji u rukovanju uređajima koji ih emituju i da izbegava nepotrebna izlaganja, a o dodatnim metodama prevencije biće reči u našem sledećem radu [44].

5. LITERATURA

- [1] Johnsen, S., K. J. Lohmann. "Magnetoreception in animals." *Physics Today* 61.3 (2008): 29-35.
- [2] Đorđević, A., *Osnovi elektrotehnike, Elektrostatika*, Akademska misao, Beograd, 2009.
- [3] Đorđević, A., *Osnovi elektrotehnike, Elektromagnetizam*, Akademska misao, Beograd, 2009.
- [4] Vulević B. Procena merne nesigurnosti kod određivanja nivoa elektromagnetskih polja u životnoj sredini. Doktorska disertacija. Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2010.
- [5] Adey, W. R. "Evidence for non-thermal electromagnetic bioeffects: Potential health risks in evolving low-frequency and microwave environments." *Electromagnetic Environments and Health in Buildings* (2003).
- [6] Adey, W. R. "Electromagnetic fields, the modulation of brain tissue functions - a possible paradigm shift in biology." *International Encyclopedia of Neuroscience* (2003).
- [7] Raković, D., *Osnovi biofizike*, IASC & IEFPG, Beograd, 2008, i tamošnje reference.
- [8] Alshaim, H. S. *Biological Effects of Low Power Microwaves: Experimental Evaluation at Molecular and Cellular Levels*. Diss. RMIT University, 2014.
- [9] Guideline, I. C. N. I. R. P. "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)." *Health Phys* 74.4 (1998): 494-522.
- [10] Foster, K. R., R. Glaser. "Thermal mechanisms of interaction of radiofrequency energy with biological systems with relevance to exposure guidelines." *Health Physics* 92.6 (2007): 609-620.
- [11] Leszczynski, D., et al. "Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: Molecular mechanism for cancer and blood brain barrier related effects." *Differentiation* 70.2-3 (2002): 120-129.
- [12] French, P. W., et al. "Mobile phones, heat shock proteins and cancer." *Differentiation* 67.45 (2001): 93-97.
- [13] Lai, H. *Genetic Effects of Non-Ionizing Electromagnetic Fields*. The BioInitiative Working Group, 2014.
- [14] Agarwal, A., et al. "Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study." *Fertility and Sterility* 92.4 (2009): 1318-1325.
- [15] De Iuliis, G. N., et al. "Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro." *PloS One* 4.7 (2009): e6446.
- [16] Campisi, A., et al. "Reactive oxygen species levels and DNA fragmentation on astrocytes in primary culture after acute exposure to low intensity microwave electromagnetic field." *Neuroscience Letters* 473.1 (2010): 52-55.
- [17] Blank, M., R. Goodman. "DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields." *International Journal of Radiation Biology* 87.4 (2011): 409-415.

- [18] Zhao, R., et al. "Studying gene expression profile of rat neuron exposed to 1800MHz radiofrequency electromagnetic fields with cDNA microassay." *Toxicology* 235.3 (2007): 167-175.
- [19] Belyaev, I. Y., et al. "915 MHz microwaves and 50 Hz magnetic field affect chromatin conformation and 53BP1 foci in human lymphocytes from hypersensitive and healthy persons." *Bioelectromagnetics* 26.3 (2005): 173-184.
- [20] Belyaev, I. Y., et al. "Microwaves from UMTS/GSM mobile phones induce long lasting inhibition of 53BP1/ γ -H2AX DNA repair foci in human lymphocytes." *Bioelectromagnetics* 30.2 (2009): 129-141.
- [21] BioInitiative Working Group, C. Sage, D. O. Carpenter. *BioInitiative Report: A Rationale for Biologically-based Public Exposure Standards for Electromagnetic Radiation*, at [www. bioinitiative.org](http://www.bioinitiative.org), 2012.
- [22] Belyaev, I. Y., et al. "EUROPAEM EMF Guideline 2015 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses." *Rev. Environ. Health* 30 (2015): 337-371.
- [23] Erogul, O., et al. "Effects of electromagnetic radiation from a cellular phone on human sperm motility: an in vitro study." *Archives of Medical Research* 37.7 (2006): 840-843.
- [24] Fejes, I., et al. "Is there a relationship between cell phone use and semen quality?." *Archives of Andrology* (2009).
- [25] Wdowiak, A., L. Wdowiak, H. Wiktor. "Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility." *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 14.1 (2007): 169-172.
- [26] Panagopoulos, D. J. "Effect of microwave exposure on the ovarian development of *Drosophila melanogaster*." *Cell Biochemistry and Biophysics* 63.2 (2012): 121-132.
- [27] Gul, A, H Çelebi, S. Uğraş. "The effects of microwave emitted by cellular phones on ovarian follicles in rats." *Archives of Gynecology and Obstetrics* 280.5 (2009): 729733.
- [28] Magras, I. N., T. D. Xenos. "RF radiation-induced changes in the prenatal development of mice." *Bioelectromagnetics* 18.6 (1997): 455-461.
- [29] Bağ, M., et al. "Effects of GSM signals during exposure to event related potentials (ERPs)." *International journal of occupational medicine and environmental health* 23.2 (2010): 191-199.
- [30] Croft, R. J., et al. "The effect of mobile phone electromagnetic fields on the alpha rhythm of human electroencephalogram." *Bioelectromagnetics* 29.1 (2008): 1-10.
- [31] Leung, S., et al. "Effects of 2G and 3G mobile phones on performance and electrophysiology in adolescents, young adults and older adults." *Clinical Neurophysiology* 122.11 (2011): 2203-2216.
- [32] Lustenberger, C., et al. "Stimulation of the brain with radiofrequency electromagnetic field pulses affects sleep-dependent performance improvement." *Brain Stimulation* 6.5 (2013): 805-811.
- [33] Loughran, S. P., et al. "Individual differences in the effects of mobile phone exposure on human sleep: rethinking the problem." *Bioelectromagnetics* 33.1 (2012): 86-93.
- [34] Volkow, N. D., et al. "Effects of cell phone radiofrequency signal exposure on brain glucose metabolism." *Jama* 305.8 (2011): 808-813.
- [35] Rössli, M., et al. "Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure— a questionnaire survey." *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 207.2 (2004): 141-150.
- [36] Kato, Y., O. Johansson. "Reported functional impairments of

- electrohypersensitive Japanese: A questionnaire survey." *Pathophysiology* 19.2 (2012): 95-100.
- [37] Huss, A., M. Rössli. "Consultations in primary care for symptoms attributed to electromagnetic fields—a survey among general practitioners." *BMC Public Health* 6.1 (2006): 1.
- [38] Leitgeb, N., J. Schröttner, M. Böhm. "Does "electromagnetic pollution" cause illness?." *Wiener Medizinische Wochenschrift* 155.9-10 (2005): 237-241.
- [39] Johansson, O. "Aspects of studies on the functional impairment electrohypersensitivity." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 10. No. 1. IOP Publishing, 2010.
- [40] Johansson, O. "Electrohypersensitivity: state-of-the-art of a functional impairment." *Electromagnetic Biology and Medicine* 25.4 (2006): 245-258.
- [41] Belpomme, D., C. Campagnac, P. Irigaray. "Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder." *Reviews on Environmental Health* 30.4 (2015): 251-271.
- [42] Chiang, Huai, Genlin Hu, Zhengping Xu. "Effects of extremely low frequency magnetic fields on gap junctional intercellular communication and its mechanism." *Progress in Natural Science* 12.3 (2002): 166-169.
- [43] Adey, W. R., S. M. Bawin, A. F. Lawrence. "Effects of weak amplitude modulated microwave fields on calcium efflux from awake cat cerebral cortex." *Bioelectromagnetics* 3.3 (1982): 295-307.
- [44] Kalajdžić, A., D. Raković. "O preventivnim biorezonantnim balansirajućim uticajima na organizam izložen štetnim uticajima nejonizujućeg zračenja." *DIT (Društvo, Istraživanje, Tehnologije)*, podneto za štampu (2019), i tamošnje reference

Adresa autora: Aleksandar Kalajdžić, dipl. inž,
 Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu,
 Bulevar Kralja Aleksandra 73, Beograd
 e-mail: rakovicd@etf.bg.ac.rs
 Rad primljen: jul 2019.
 Rad prihvaćen: septembar 2019.

Ovaj pregledni stručni rad baziran je na delu Diplomskog rada Aleksandra Kalajdžića, "O biološkim uticajima RF i MT nejonizujućeg zračenja", odbranjenog pod mentorstvom prof. Dejana Rakovića, na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na Smeru za biomedicinski i ekološki inženjering, 29.09.2016. Poziv za štampanje tematskog dvodelnog stručnog rada u časopisu DIT potekao je posle predavanja prof. Dejana Rakovića na temu "O biološkim uticajima RF i MT nejonizujućeg zračenja", na Tribini u organizaciji Kulturnog centra, Zrenjanin, 10.10.2019. Ovom prilikom autori se zahvaljuju i dr sci. Branislavu Vuleviću, naučnom saradniku Instituta Nikola Tesla, na smernicama i literaturi iz oblasti bioloških uticaja ENF nejonizujućeg zračenja.



КИРИЛО САВИЋ
(1870 – 1957)

Пројектант и
градитељ великих
железничких пруга,
мостова и објеката у
Русији, Србији и
Југославији.

Универзитетски
професор, академик,
министар. Велики
родољуб, учесник
Балканског и Првог
светског рата.

O PREVENTIVNIM BIOREZONANTNIM BALANSIRAJUĆI UTICAJIMA NA ORGANIZAM IZLOŽEN ŠTETNIM UTICAJIMA NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA

ON PREVENTIVE BIORESONANCE BALANCING EFFECTS ON ORGANISM EXPOSED TO HARMFUL EFFECTS OF NONIONIZING RADIATIONS

ALEKSANDAR KALAJDŽIĆ
DEJAN RAKOVIĆ

Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu

REZIME

U radu se razmatraju biorezonantni balansirajući preventivni uticaji na ljudski organizam izložen štetnim uticajima nejonizujućeg zračenja. Detaljno su izložene neke osnovne metode u ovoj oblasti. Iz grupe dijagnostičkih metoda predstavljeni su sistem AMSAT i sistem GDV. Iz grupe terapijskih metoda prikazana je Mikrotalasna rezonantna terapija i Aerojonizacija. Izvedeni su i odgovarajući zaključci.

Ključne riječi: biorezonantni balansirajući uticaji, organizam, dijagnostičke i terapijske metode

ABSTRACT

The paper deals with bioresonant balancing preventive effects on the human body exposed to harmful influences of nonionizing radiations. Some basic methods are presented in detail. AMSTAT system and GDV system were introduced from the diagnostic methods group. From the group of therapeutic methods, Microwave resonance therapy and Aeroionization were presented.

Key words: bioresonant balancing effects, organism, diagnostic and therapeutic methods

1. UVOD

U prethodnom radu "Biološki uticaji radiofrekventnog i mikrotalasnog nejonizirajućeg zračenja" [1] analizirani su razni efekti i rizici RF i MT nejonizujućeg zračenja. Zaključeno je da je ljudski organizam osjetljiv na ova zračenja pri vrlo

malim intenzitetima. Osim toga, primećeno je da osjetljivost zavisi od frekvencija EM zračenja kojima je organizam izložen.

Ono što je takođe primećeno jeste da elektromagnetska polja, čija je mreža sve gušća, pogotovo u urbanim sredinama, mogu sinergijski da deluju sa drugim stresogenim

pojavama, stvarajući stalno prisutnu stresnu situaciju po čoveka.

Stres se smatra bolešću 21. veka zbog svoje važne uloge u razvoju brojnih psihosomatskih poremećaja. U skladu sa ovim savremena istraživanja psihosomatskih poremećaja ukazuju na nužnost holističkog pristupa u prevenciji i lečenju čoveka kao celine, a ne samo simptoma bolesti. U fokusu ovih pristupa su akupunkturni sistem i svest sa svojim makroskopskim kvantnim osobinama [2-4].

Cilj ovih holističkih tehnika kvantno-informacione medicine jeste, biorezonatno pobuđivanje akupunkturnog sistema i produblјivanje memorijskog atraktora osnovnog zdravog stanja na račun rasplinјavanja memorijskih atraktora psihosomatskih poremećaja [2-4].

U sledećem poglavlju biće objašnjen teorijski mehanizam biorezonantnih uticaja EM polja na akupunkturni sistem. Dalje će biti dat pregled nekih biorezonantnih dijagnostičkih metoda, kao i nekih preventivnih biorezonantnih balansirajućih tehnika, uključujući i aerjonizaciju.

2. KVANTNO-HOLOGRAFSKA PSIHOSOMATIKA

Kao što je do sada rečeno, slaba EM polja mogu da prouzrokuju hemijske, fiziološke i bihevioralne promene u organizmu.

Pokazano je da je organizam posebno osetljiv na EM polja u određenim frekvencijskim prozorima [2-5]: *ekstremnoniskofrekventni*¹¹ (ENF, ~ 1 - 300 Hz) i u *radiofrekventno-mikrotalasni* (RF, ~ 3 - 1000 MHz i MT, ~ 1 - 300 GHz), gde je osetljivost na drugi prozor posebno izražena ako je on amplitudski modulisan ENF frekvencijama.

Pokazuje se da je na ova EM zračenja posebno osetljiv *akupunkturni sistem*. Istraživanja iz druge polovine prošlog veka daju fizičku osnovu akupunkturnom sistemu u GJ kanalima međučelijskih veza i

jonima, odnosno jonskim strujama kao medijumu prenosa informacija. Ovo je potvrđeno 10 puta povećanom električnom provodnošću tkiva akupunkturnih tačaka (AT), 10 puta povećanom resorpcijom aerjona u ovim tačkama, kao i 10 puta većom koncentracijom GJ kanala u ovim tačkama u odnosu na drugo tkivo.

Akupunkturni sistem je jedini makroskopski kvantni sistem u ljudskom telu, pa se zato svest¹² vezuje za njegovo MT ENF-modulisano kvantno EM polje [2-4].

Na kvantna svojstva akupunkturnog sistema ukazuju ispitivanja rusko-ukrajinske škole mikrotalasne rezonantne terapije (MRT) [2-4,6-8]. Oni su pokazali da MT zračenje ekstremno niskog intenziteta ($\sim 10^{-10}$ W/cm²) dovodi do visoko rezonantnog odgovora obolelog organizma. Ova kvantna svojstva akupunkturnog sistema omogućuju bespragovni potencijali električnih GJ sinapsi [2-4,8].

Za razliku od akupunkturnog sistema, nervni sistem, odnosno mozak, nije kvantni sistem jer reaguje samo na signale koji prevazilaze određeni prag, za šta je zadužen njegov ERTAS¹³ sistem.

Holografske osobine¹⁴ akupunkturnog sistema ukazuju na to da je on kvantno-holografski makroskopski telesni sistem, što omogućuje da se kao i svaki kvantni sistem matematički opiše kao kvantno-

¹² Indeterministička svojstva slobodne volje, prelaznih stanja svesti i ne postojanje jasne telesne lokacije ukazuju na njeno kvantno poreklo.

¹³ ERTAS sistem selektuje i pojačava jednu informacije svakih ~ 0,1 s među mnoštvom senzornih i introspektivnih informaciju koja tako postaje svesni sadržaj. On takođe predstavlja vezu između nervnog i akupunkturnog sistema selektujući i pojačavajući onu informaciju koja dovoljno „emocionalno obojena“ [2-4,8].

¹⁴ Holografske osobine akupunkturnog sistema se ogledaju u projekciji stanja celog organizma na njegovu površinu, odnosno kožu (akupunkturne tačke), te se delovi tela sa svojim lokalnim AT mogu koristiti u dijagnostici i terapiji celog organizma.

¹¹ Kaže se i *ultraniskofrekventni* (UNF)

holografiska Hopfieldova asocijativna neuronska mreža [2-4,8].

Ovakvi sistemi se opisuju u hiperprostoru energija-stanje, koji predstavlja kvantno-holografsku memoriju sistema, a jame ove potencijalne hiperpovrši predstavljaju memorijske atraktore, v. sliku 2.1. Globalni minimum ovog prostora se interpretira kao normalno, odnosno zdravo stanje akupunktornog sistema, dok se lokalni minimumi interpretiraju kao psihosomatski poremećaji. Tako bi se psihosomatsko oboljevanje moglo shvatiti kao produbljivanje i upadanje stanja sistema u neki od lokalnih minimuma.

Cilj biorezonantnih balansirajućih tehnika jeste upravo otkrivanje i rasplinjavanje, odnosno brisanje ovih lokalnih memorijskih atraktora u cilju prevođenja stanja akupunktornog sistema u globalni minimum, zdravo stanje.

U ovim tehnikama se putem biorezonantnog delovanja sistemu dodaje energija sve dok on ne pređe barijeru koja ga deli od osnovnog zdravog stanja. Pri tome se memorijski atraktor osnovnog stanja produbljuje na račun memorijskog atraktora psihosomatskog oboljenja, u krajnjem cilju dovodeći do potpunog brisanja psihosomatskog poremećaja, što se potom kvantno-holografski projektuje na niži kvantno-holografski ćelijski nivo i dovodi do promene ekspresije genoma [2-4,8].

Ovaj mehanizam delovanja spoljašnjeg polja na EM MT ENF-modulisano polje može da objasni i negativne uticaje rasprostranjenih digitalnih komunikacionih tehnologija, posebno novih 5G tehnologija čiji se frekventni radni opseg poklapa sa

opsegom ekstremne biorezonantne osetljivosti samog akupunktornog sistema [2-4,6-8]. U ovom slučaju bi neka od ovih tehnologija svojim RF i MT modulisanim zračenjem direktno uticala na EM polje akupunktornog sistema menjajući njegovo stanje i dovodeći do negativne promene ekspresije genoma, identično mehanizmu oboljevanja.

Ono što je poznato iz tradicionalnih a i iz savremenih terapija, jeste da se stimulacije akupunktornog sistema moraju ponavljati (najčešće svakih šest meseci) jer se poremećaji vraćaju. Ovo je moguće objasniti obnovljenim mentalnim opterećenjima iz njegovog transpersonalnog okruženja, što ukazuje na potrebu rešavanja problema na polju kolektivne svesti.

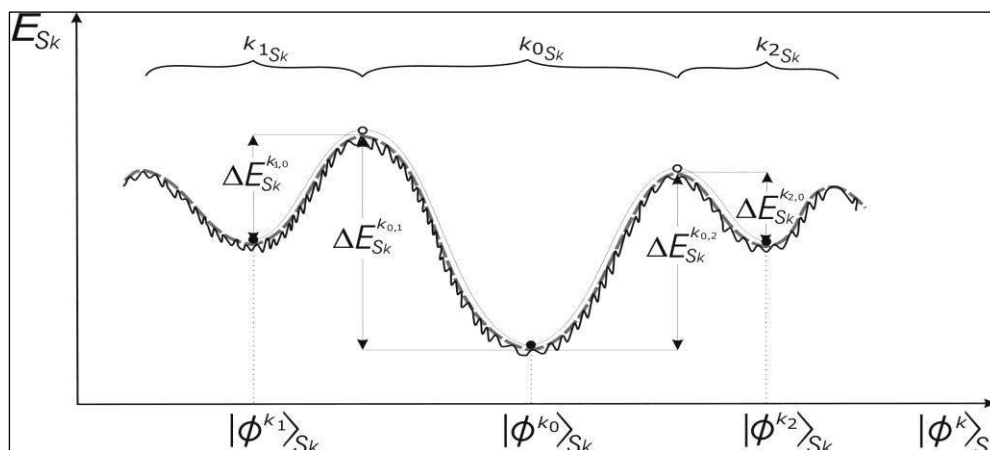
2.1. BIOREZONANTNE BALANSIRAJUĆE METODE

Ove metode zapravo predstavljaju metode Kvantno-informacione medicine koja svoje biorezonantne holističke tehnologije bazira na makroskopskim svojstvima akupunktornog sistema i svesti.

Neke od ovih metoda su tradicionalne i postoje odavno, dok su u skorije vreme formirane nove savremene metode koje se oslanjaju na savremena otkrića iz oblasti kvantno-informacione medicine.

2.1.1. DIJAGNOSTIČKE METODE

Dijagnostičke biorezonantne metode [8] se mogu podeliti prema fenomenu koji je u osnovi same metode, a neke od njih su:



Slika 2.1. Prostor energija-stanje kvantno-holografske memorije akupunktornog sistema [2-4,8]

- Puls dijagnostika (tradicionalana kineska i tibetanska),
- Elektropunktne dijagnostike (ima ih više u okviru ove metode, specifične su po fenomenima i kreatorima),
- Optička dijagnostika po stanju zenice,
- Bioelektrografska dijagnostika po vizualizaciji gasnog pražnjenja oko prstiju – GDV,
- Biorezonantna akupunktorna dijagnostika na bazi EM MT zračenja – CEM,
- Biorezonantna dijagnostika na bazi EM UNF i NF zračenja – biorezonantna,
- Kvantno-holografska beskontaktna dijagnostika na bazi REG-senzora – REG i druge.

Uobičajeno, procedura dijagnostike se sastoji iz nekoliko koraka:

1. Merenje raznih parametara kože u oblasti akupunktornih tačaka (drugačije se zovu i biološki aktivne tačke – BAT i refleksogene tačke – RT),
2. Poređenje izmerenih parametara sa postojećom bazom podataka,
3. Postavljanje dijagnoze i
4. Formiranje terapijskih preporuka.

U poslednje vreme su se u kvantno-informacionoj medicini razvili dijagnostičko-terapeutske sistemi, koji objedinjuju osobine dijagnostičkih i terapijskih sistema. Oni su u neprekidnom razvoju i predstavljaju ekspertne sisteme sa velikim bazama podataka na osnovu kojih se donose dijagnoze i primenjuju terapije.

Dalje će biti prikazani dijagnostički sistemi AMSAT i GDV.

2.1.2. DIJAGNOSTIČKI SISTEM AMSAT

AMSAT [8,9] je elektrodermalni kompjuterizovani dijagnostički sistem. Prema navodima proizvođača tačnost ovoga sistema u srednjem iznosi 82%.

Njegov osnovni princip rada je analiza dinamičkih karakteristika provodnosti tela kroz 22 ukrštena pravca korišćenjem 3 para elektroda (čelo, šake i stopala), v. sliku 2.2. Dalje se vrši statistička analiza odstupanja od vrednosti elektroprovodnosti reprezentativnih zona tela i organa i sistema. Rezultati se prikazuju kao fantomi (3D vizualizacije izgleda organa i sistema i celog organizma). Dijagnoza se donosi na osnovu sopstvenog ekspertskog sistema. On takođe omogućava i kontrolu i praćenje efikasnosti primenjenog lečenja.

Ovaj sistem je veoma efikasan kada se koristi zajedno sa MRT terapijom što se i preporučuje.



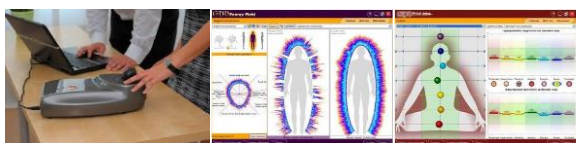
Slika 2.2. AMSAT dijagnostički sistem [9]

2.1.3. DIJAGNOSTIČKI SISTEM GDV

GDV [8,10,11] je dijagnostički sistem baziran na Kirlianovom efektu. On je namenjen za merenje stimulisane elektrofotonske emisije sa svih deset prstiju ruku.

Slike se snimaju u statičkom ili dinamičkom modu sa svih 10 prstiju i memorišu na računaru, v. sliku 2.3. Slike se dalje transformišu u model konture čovekovog energetskog polja na osnovu ekspertskeg sistema. To omogućava grafičku analizu funkcionalnog stanja sistema organa i organa, kao i grafički prikaz parametara energetskih centara.

Uz ovaj sistem se preporučuju tradicionalne i savremene metode holističke medicine.



Slika 2.3. GDV dijagnostički sistem [11]

2.2. TERAPEUTSKE METODE

Terapeutske biorezonantne balansirajuće metode [8] se klasifikuju po načinu stimulacije. Prema toj podeli postoje mikrotalasna i ultraniskofrekventna terapija, laseroterapija, magnetoterapija, biorezonantna terapija, aerojonizacija i druge. Pored ovih tehničkih terapijskih metoda treba napomenuti da postoje i mnoge druge terapije, koje nisu tehničke prirode, ali se takođe baziraju na

akupunktornom sistemu i na svesti, odnosno biorezonantnim balansirajućim efektima. One se baziraju na tradicionalnim i savremenim znanjima, od kojih su tradicionalne metode akupunktura, akupresura, masaže, meditacije i molitve, a savremene metode su homeopatija, kiropraktika, bioenergokorekcija, meridijanske psihoterapije i druge.

U sledećim potpoglavljima će biti predstavljena Mikrotalasna rezonantna terapija, zbog svoje reprezentativnosti pozitivnog uticaja RF i MT nejonizujućih zračenja, kao i Aerojonizacija, koja se oslanja na jonske osobine akupunktornog sistema i na činjenicu da su tehnički uređaji, osim elektromagnetskog zračenja izvori i pozitivnih jona koji imaju nepovoljan uticaj na ljudski organizam.

2.2.1. MIKROTALASNA REZONANTNA TERAPIJA

Mikrotalasna rezonantna terapija (MRT) [6-8] je savremena biorezonantna tehnologija akupunktorne stimulacije. Poreklom je sa teritorije Sovjetskog saveza i nastala je višegodišnjim ispitivanjima dejstva mikrotalasa na biološke sisteme. Za uspešnu primenu u medicinske svrhe zaslužno je otkriće Sitkove grupe, o neophodnosti primene na akupunktornim tačkama. Ova otkrića su dovela do formiranja druge generacije uskopojasnih (52 – 78 GHz) i treće generacije širokopojasnih (30 – 300 GHz) MT generatora i četvrte generacije širokopojasnih CEM MT generatora.

Najnoviji, CEM MRT generatori [12] sa promenljivim terapeutskim CEM-oscilatorima omogućavaju početno snimanje biorezonantnog MT spektra akupuntorne zone i potonje reemitovanje snimljenog spektra CEM-oscilatorom istoj zoni. Na ovaj način se postiže biorezonantno pobuđivanje memorijskog atraktora psihosomatskog poremećaja i njegovo rasplinjavanje prevodeći sistem u zdravo stanje i produbljujući memorijski atraktor zdravog stanja. Po proizvođačevim

informacijama uspešnost ovog sistema iznosi 96,94%.

MRT se primenjuje u prevenciji i terapiji stresa kao i raznih psihosomatskih oboljenja, sa retkim kontraindikacijama.

2.2.2. AEROJONIZACIJA

Aerjonizacija [4,8] nije zapravo biorezonantna tehnika, ona predstavlja tehniku formiranja pogodne jonske mikrokline u radnom ili stambenom prostoru. Ono što su višedecenijska istraživanja pokazala jeste da koncentracije jona u vazduhu utiču na ponašanje ljudi, a na duže staze i na zdravlje. Pokazano je da negativni joni deluju relaksirajuće, odnosno imaju anabolički uticaj (opuštaju i poboljšavaju zdravstveno stanje organizma), a da pozitivni joni deluju eksitirajuće, odnosno imaju katabolički uticaj (dovode do zamaranja i narušavanja zdravlja).

Poznato je da su tehnički uređaji (kućni aparati, kompjuteri, klima uređaji...) izvori pozitivnih jona koji nepovoljno utiču na zdravstveno stanje. Osim veštačkih izvora postoje i prirodni poput toplih vetrova. Statistička istraživanja ukazuju da povećane koncentracije pozitivnih jona naspram negativnih izazivaju razne smetnje: zamor, glavobolje, probleme disajnih puteva, uznemirenost, depresiju.

U cilju poboljšanja jonske mikrokline boravišnih prostora koriste se aerjonizatori koji generišu negativne jone. Nivo negativnih jona u vazduhu u blizini ovih uređaja dostiže vrednosti koje se sreću u prirodi pored reka, vodopada, u šumama i posle jakih grmljavina i pljuskova.

Formirajući ovakvu mikroklimu sa većom koncentracijom negativnih jona u odnosu na pozitivne, aerjonizatori blagotvorno podižu zdravstveni nivo i umanjujući stres ljudi.

3. ZAKLJUČAK

S obzirom da RF i MT zračenja mogu sinergetski da deluju sa drugim stresogenim

pojavama, stvarajući stalnu stresnu situaciju po čoveka, potrebno je umanjiti njihov uticaj primenom biorezonantnih balansirajućih tehnika.

Treba istaći da biorezonantne tehnike pokazuju da RF i MT zračenje može imati i pozitivne efekte na organizam, ali samo kada su intenziteti ovih zračenja veoma mali i kada se primenjuju na odgovarajući način.

Ove tehnike se baziraju na biorezonantnim osobinama EM polja akupunktornog sistema. Metodama kojima se vrši merenje ovog EM polja može se dijagnostikovati stanje organizma i ako je potrebno primeniti odgovarajuću terapiju. Tipični primeri ovih biorezonantnih dijagnostičkih metoda su elektrodermalni AMSAT sistem i bioelektrografska GDV dijagnostika po vizualizaciji gasnog pražnjenja oko prstiju. Terapije koje se primenjuju su biorezonantnog balansirajućeg karaktera i koriste se u prevenciji bolesti i stresa i u lečenju psihosomatskih poremećaja.

Tipičan primer je mikrotalasna rezonantna terapija. Osim nje koristi se i aerjonizacija, bazirana na formiranju odgovarajuće blagotvorne jonske mikrokline umanjujući još jedan štetan efekat električnih naprava, proizvodnju pozitivnih jona koji utiču razdražujuće na organizam.

U svakom slučaju, edukovanje ljudi je od velike važnosti jer jedino na taj način možemo da zaštitimo druge a i sebe od štetnih uticaja RF i MT nejonizujućeg zračenja digitalnih tehnologija, i uputimo se u mogućnosti prevencije i lečenja od posledica ovog i drugih izvora stresa.

4. LITERATURA

- [1] Kalajdžić, A., D. Raković. "Biološki uticaji radiofrekventnog i mikrotalasnog nejonizirajućeg zračenja." DIT (Društvo, Istraživanje, Tehnologije), podneto za štampu (2019), i tamošnje reference.

- [2] Raković, D. Osnovi biofizike, IASC & IEFPG, Beograd, 2008, i tamošnje reference.
- [3] Raković, D. Integrativna biofizika, kvantna medicina i kvantno-holografška informatika: Psihosomatsko-kognitivne implikacije, IASC & IEFPG, Beograd, 2008, postoji i englesko izdanje (2009), i tamošnje reference.
- [4] Raković, D. "Stres i anti-stres: holistički kvantno-informacioni okvir, sa pregledom preporučenih anti-stres pristupa i tehnika", FDR, Beograd, 2012 (modifikovano 2018), i tamošnje reference, http://www.dejanrakovicfund.org/2018_FDR_Stres_&_Antistres.pdf/.
- [5] Vulević B. Procena merne nesigurnosti kod određivanja nivoa elektromagnetskih polja u životnoj sredini. Doktorska disertacija. Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2010, i tamošnje reference.
- [6] Sit'ko, S. P., L. N. Mkrtchian. Introduction to Quantum Medicine. Pattern, 1994, i tamošnje reference.
- [7] Sit'ko, S. P. "Microwave resonance therapy." U.S. Patent No. 5,507,791. 16 Apr. 1996, i tamošnje reference.
- [8] Raković, D., A. Škokljević, D. Đorđević. Uvod u kvantno-informacionu medicinu, sa osnovama kvantno-holografške psihosomatike, akupunkturologije i refleksoterapije, ECPD, Beograd, 2009, i tamošnje reference.
- [9] AMSAT sistem, <http://amsat-kovert.com/prod/amsat-kovert>, pristupljeno 28.09.2016, i tamošnje reference.
- [10] GDV sajt proizvoda, <http://gdvcamera.com/gdvcamera-bio-well/>, pristupljeno 28.09.2016, i tamošnje reference.
- [11] GDV slike sistema, <http://www.chargedwater.com/event/south-florida-event-gdvscans-to-measure-energetic-wellness-by-appointment/>, pristupljeno 28.09.2016, i tamošnje reference.
- [12] CEM sajt, <http://cem-vcem.ru/>, pristupljeno 28.09.2016, i tamošnje reference.

Adresa autora: Aleksandar Kalajdžić, dipl. inž.,
 Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu,
 Bulevar Kralja Aleksandra 73, Beograd
 e-mail: rakovicd@etf.bg.ac.rs
 Rad primljen: jul 2019.
 Rad prihvaćen: septembar 2019.

Ovaj pregledni stručni rad baziran je na delu Diplomskog rada Aleksandra Kalajdžića, "O biološkim uticajima RF i MT nejonizujućeg zračenja", odbranjenog pod mentorstvom prof. Dejana Rakovića, na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na Smeru za biomedicinski i ekološki inženjering, 29.09.2016. Poziv za štampanje tematskog dvodelnog stručnog rada u časopisu DIT potekao je posle predavanja prof. Dejana Rakovića na temu "O biološkim uticajima RF i MT nejonizujućeg zračenja", na Tribini u organizaciji Kulturnog centra, Zrenjanin, 10.10.2019. Ovom prilikom autori se zahvaljuju i dr sci. Branislavu Vuleviću, naučnom saradniku Instituta Nikola Tesla, na smernicama i literaturi iz oblasti bioloških uticaja ENF nejonizujućeg zračenja.



КИРИЛО САВИЋ
(1870 – 1957)

Пројектант и
градитељ великих
железничких пруга,
мостова и објеката у
Русији, Србији и
Југославији.

Универзитетски
професор, академик,
министар. Велики
родољуб, учесник
Балканског и Првог
светског рата.

ELEKTROMAGNETNA ZRAČENJA U GRADU ZRENJANINU

ELEKTROMAGNETIC RADIATION IN CITY ZRENJANIN

NIKOLA ADAMOVIĆ
MILORAD RANČIĆ
MILAN ZEČAR
Društvo inženjera Zrenjanin

REZIME

U radu su izloženi rezultati merenja intenziteta elektromagnetnih zračenja u severozapadnom delu Grada Zrenjanina (naselje Bagljaš). Utvrđeni su izvori zračenja (trafo stanice, antenski sistemi mobilne telefonije i kablovskih televizija) i odabrani ugroženi objekti (dečiji vrtići, škole, zdravstvene ustanove, prometne ulice, trgovi). Izvršena su merenja intenziteta električnih, magnetnih i radiofrekventnih polja kao i veličine ukupnog elektromagnetnog smoga.

Ključne riječi: elektromagnetno zračenje, intenzitet polja, Grad Zrenjanin

ABSTRACT

This paper presents the results of measuring the intensity of electromagnetic radiation in the part of the city of Zrenjanin (Bagljas settlement). Radiation sources have been identified (transformer stations, antenna systems for mobile telephony and cable television) and endangered facilities were selected (kindergartens, schools, health institutions, busy streets, squares). Measurements of the intensity of electric, magnetic and radio frequency fields and total electro-magnetic flux.

Key words: electromagnetic radiation, field intensity, City of Zrenjanin

1. UVOD

Grupa članova Društva inženjera Zrenjanina već dugi niz godina iskazuje interesovanje za oblast uticaja elektromagnetnog zračenja na biološke sisteme a posebno na ljudski organizam. Pioniri u ovoj oblasti bili su Prof.dr Bora Nikin sa Tehničkog fakulteta i Prof.dr Borisav Lažetić sa Medicinskog fakulteta u Novom Sadu. Oni su u svojim istraživanjima još 80-ih godina prošlog veka došli do nesumnjivih rezultata da elektromagnetno

zračenje različitih izvora ima višestruko štetan uticaj na žive organizme a što se odnosi i na čoveka. Istraživanja su nastavili stručnjaci sa Visoke tehničke škole i Telekomu iz Zrenjanina (N.Adamović, L.Manojlović, M.Rančić, D.Jovanić...) koji su se bavili merenjem intenziteta zračenja različitih izvora: IT uređaja, antena baznih stanica, elektromotora, alatnih mašina, dalekovoda... Rezultati ovih istraživanja do sada su objavljivani u stručnim časopisima i

saopštavani na skupovima (1,2,3,4,5,6,7). Društvo inženjera Zrenjanina je organizovalo veći broj predavanja i javnih tribina na ovu temu sa ciljem da se upozna i edukuje širi krug zainteresovanih a posebno mlade, učenike i studente. Na inicijativu i uz pomoć lekara (Z.Ždrale, B.Lažetić) Društvo inženjera Zrenjanina je zajedno sa Srpskim lekarskim društvom realizovalo, 2018.godine, akreditovani seminar „Zdravlje i zračenje“ koji je izazvao veliko interesovanje i lekara i inženjera. Tim povodom i sa tom tematikom Društvo je izdalo i specijalni broj svog časopisa DIT. Godine 2019. u okviru Društva inženjera Zrenjanina formiran je Centar za nejonizirajuća zračenja. Njegov zadatak je da u narednom periodu na mnogo organizovaniji i kvalitetniji način nastavi istraživanja u ovoj izuzetno aktuelnoj oblasti.

2. PROJEKAT „ELEKTROMAGNETNO ZRAČENJE I ZDRAVLJE“

U okviru svojih aktivnosti za 2019. godinu Društvo inženjera je za konkurs Grada Zrenjanina pripremilo projekat „Elektromagnetno zračenje i zdravlje“. Grad je imao razumevanja i prihvatio je sufinansiranje ovog projekta. Projekat se realizuje u više faza i obuhvatiće:

- Utvrđivanje izvora elektromagnetnih zračenja i ugroženih objekata na teritoriji Grada Zrenjanina.
- Merenje intenziteta električnog, magnetnog i radiofrekventnog polja i elektromagnetnog smoga.

- Izradu mape EMZ za teritoriju Grada i Opštine Zrenjanin.
- Utvrđivanje uticaja EMZ na zdravlje ljudi i predlog mera eventualne zaštite.

U ovom radu izlaže se deo prvih rezultata koji se odnose na realizaciju ovog projekta.

3. MERNA OPREMA

Za utvrđivanje postojanja elektromagnetnog zračenja i merenje vrednosti intenziteta polja i elektromagnetnog fluksa korišćeni su sledeći merni uređaji:

1. MAGNETSMOG DETEKTOR

Tip WKDA 02.705

Made in Poland

Instrument meri magnetnu indukciju stvorenu naizmeničnom strujom frekvencije 50 Hz. Dijapazon merenja: od 0 do 4000 nT

Instrument registruje i harmonike dobijene od navedene frekvencije.

2. INSTRUMENT Tri Field

Model TF 2

Made in USA

Instrument meri tri vrste polja:

- Magnetno polje u opsegu frekvencije od 40 Hz do 100 kHz u (mG)
- Električno polje u istom opsegu u (V/m)
- Radiofrekventno i mikrotalasno zračenje u (mV/m²)

Za frekvencije do 6 GHz registruju se svi pikovi koji se pojave u toku merenja.

4. REZULTATI MERENJA

Tabela 1. Rezultati merenja

Red. br.	Mesto merenja	Elektro magnetni smog nT	Magnetno polje mG		Elektricno polje V/m		Radio frekv. mW/m ²
			< 100	>100	<1000	>1000	
Izvori zračenja:							
1.	Trafo stanica Put za AVIV lok. I	140	0,8	0,7	12	7	0,5
	lok. II	90	2,8	2,5	0	0	0,1
2.	Trafo stanica Ul. Junaka M.Tepića	1220	4,6	6,3	0	0	0,063
3.	Trafo stanica Kod Maksija	220	1,3	2,7	0	0	0
4.	Trafo stanica Ul. Abrasević	Preko 4000	5,75	4,41	0	0	0,14
5.	Trafo stanica Kod 102	370	4,5	5,7	0	0	0,003
6.	Antena Soliter 1 u JMT	240	0	0	0	0	0,80
7.	Antena Soliter 2 u JMT	220	0	0	0	0	1,55
8.	Antena Soliter u BVV	100	0,2	0,3	0	0	1,4
Ugroženi objekti:							
9.	Semafor Kod Crkve u BVV	400	5,0	3,0	0	0	0,25
10.	Osnovna škola „Njegoš“ Dvorište-istok	50	0,1	0,3	0	0	0,52
11.	Osnovna škola „Njegoš“ Dvorište-zapad	40	0,1	0,1	0	0	0
12.	Dečiji Vrtić Kod OŠ „Njegoš“	130	1,1	0,6	0	0	0,16
13.	Medicinska škola Ul. Novosadska	40	0,2	0,3	0	0	0,085
14.	Bolnica Dvorište-sever	80	0,8	0,8	0	0	0,041
15.	Bolnica Dvorište- jug	320	2,4	2,2	0	0	0,103

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu izloženi su rezultati merenja nivoa elektromagnetnog zračenja u severozapadnom delu Grada Zrenjanina (naselje Bagljaš). Uočava se da su na nekim lokacijama izmerene, odnosno, dobijene

visoke vrednosti. S obzirom da je predviđeno da se i merenja obave u svim zonama Grada tek nakon toga će se izvršiti odgovarajuće analize, obaviti upoređenja sa dozvoljenim vrednostima i izvesti konačni zaključci.

6. LITERATURA

- [1] Bilten DIT, br.2, Društvo inženjera i tehničara Zrenjanin, Zrenjanin, 1994.god.
- [2] Naučno stručni časopis DIT, br. 21-22, Društvo inženjera Zrenjanin, Zrenjanin, 2004.g.
- [3] Naučno stručni časopis DIT, br.25, Društvo inženjera Zrenjanin, Zrenjanin, 2016. god.
- [4] Naučno stručni časopis DIT, br.28, Društvo inženjera Zrenjanin, Zrenjanin, 2017.god.
- [5] Lažetić Bogosav, Biološki sistemi i magnetna polja, Monografija, Institut za plućne bolesti, Novi Sad, 2016.god.
- [6] Annals of Faculty of Engineering Hunedoara, Vol.16, Romania, 2018. year
- [7] Naučno stručni časopis DIT, br.30, Društvo inženjera Zrenjanin, Zrenjanin, 2018.god.

Adresa autora: Nikola Adamović, dipl.inž, Društvo inženjera Zrenjanin, Makedonska 11, 23000 Zrenjanin
e-mail: rancicmil@ptt.rs
Rad primljen: juli 2019
Rad prihvaćen: septembar 2019.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXIV, Број 31, септембар 2019. год.
Year XXIV, Issue 31, September 2019. year

ТЕХНОЛОГИЈЕ

Одговорни уредник
Проф. др Данијела Јашин
Висока техничка школа струковних студија
Зрењанин

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

HIGH GRAVITY BREWING- PREDNOSTI I NEDOSTACI

HIGH GRAVITY BREWING-ADVANTAGES AND DISANTVANTAGES

DIMITRIJE ARANĐELOVIĆ, Ekspert u pivarstvu, Beograd

REZIME

High Gravity postupak proizvodnje piva predstavlja revoluciju u povećanju proizvodnje piva uz malo dodatnih investicija i bez znatnog proširenja postojeće opreme kao što su variona, vrioni ležni podrum, filtracija i drugo, Sa postojećom opremom mogućeje povećanje proizvodnje za 25%, a ušteda u energiji samo u varioni može iznositi i više od 35%. Postupak se zasniva na proizvodnji piva uz visoko koncentrovane dsladovine. Takvo pivo može predstavljati bazu za stavljanje na tržište piva različitih osobina kao što je ekstrakt u osnovnoj sladovini, sadržaj alkohola, sadržaj gorkih materija, boje itd. Nakon završetka vrenja, dozrevanja i odležavanja pivo se razređuje deaerisanom vodom do željenog sadržaja alkohola i ekstrakta u osnovnoj sladovini. Međutim, i skoro nakon 50 godina od rađanja ovog postupka još uvek se govori o njegovim nedostacima u smislu slabijeg iskorišćenja ekstrakta u varioni, slabijeg iskorišćenja gorkih materija hmelja, smanjenja visine i stabilnosti pene i naročito lošijeg opšteg utiska ukusa piva u poređenju sa pivom dobijenog vrenjem sladovine normalne gustine. Ističe se i problem nastajanja povećanog sadržajaviših alkohola, naročito estera.

Ključne reči: vrenje koncentrovane sladovine, razređivanje piva

ABSTRACT

High Gravity Beer Production is a revolution i increasing beer production with a few additional investments and without significant expansion of exsisting equipment such as varions, lined basement, filtration and other. With the exsisting equipment it is possible to increase the production by 25%, while the energy saving in the variances can only exceed 35%..The process is based on the production of beer from high cocentrated sweetmeats. Such beers can be the basis for placing bears of various qualites such as the extract in basic malt, the content of alcohol, the content of bitter matters, colors, etc. After completing the boil, the beer is dried and aged and diluted with deaerated water to the desired content of alcohol and extract to the basic sweetness. However, almost 50 years after the birth of this procedure, it still speaks of its disadvantages in terms of less exploitation of the extract in the variance, poor utilization of bitter hops, reduced height and stability of the foam, and especially due to the poor generalk impression with the taste of beer comparison with beer obtained by fermenting sugar of normal density. The problem of the formation of increased content of higher alcohols and espeially esters is also highlighted.

Key words: fermentation of concentrated sugar, dilution of beer

1. HIGH GRAVITY POSTUPAK PROIZVODNJE PIVA

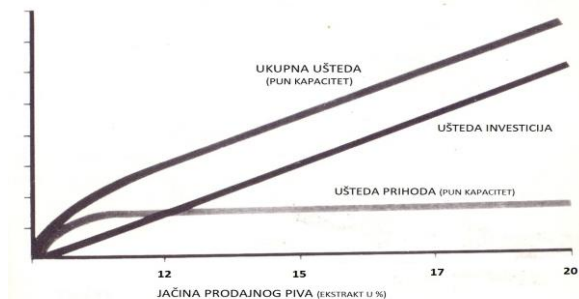
Svrha High Gravity postupka prvenstveno je u povećanju proizvodnje piva uz vrlo malo dodatnih investicija i bez znatnog proširenja postojeće opreme kao što

je variona, vrioni i ležni podrum, filtracija i drugo. Moguće je povećanje proizvodnje za 25 i više procenata a ušteda u energiji samo u varioni može iznositi i više od 35%.

Takođe je i velika ušteda u radnoj snazi, sredstvima za pranje i dezinfekciju.



Graf. 1. Troškovi i uštede pri proizvodnji High Gravity piva sa 15°P, za prodaju 10°P (1)



Graf. 2. Uštede upotrebom High Gravity postupka u proizvodnji piva (1).

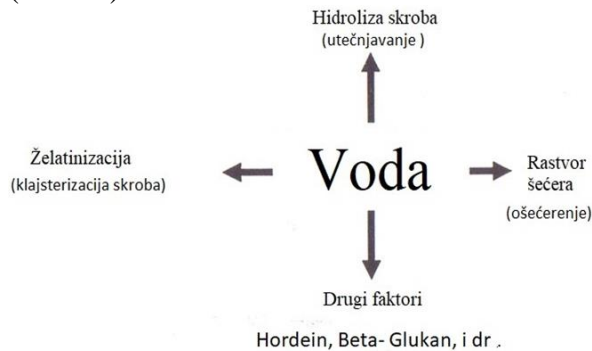
Međutim, i skoro 50 godina od rađanja ovih postupka (SAD- 1974), još uvek se govori o njegovim nedostacima u smislu slabijeg iskorišćenja ekstrakta u varioni, slabijeg iskorišćenja gorkih materija hmelja, smanjene visine i stabilnosti pene, i naročito usled lošijeg opšteg utiska sa ukusom piva u poređenju sa pivom dobijenim sa normalnom gustinom fermentirajuće sladovine. Veliki problem pri ovom postupku nastaje u povećanom stvaranju viših alkohola i naročito estera i načinu

kontrole njihovog nastajanja. Godine 1980, nabranjem mnogih neophodnih uslova koje treba ispuniti pri proizvodnji piva po ovom postupku, ugledni autori su, u takođe uglednom naučnom časopisu zaključili sledeće: „ Uprkos svemu ovome, kvalitet piva dobijenog po H.G. postupku je, u odnosu na pivo proizvedeno „normalnim postupkom“ „slabiji“ (citat preuzet iz knjige „Technologie Brauer und Malcer“ , autor Kunze Wolfgang, 1994, koji je preuzeo citat autora Wackelbauer, K., Krämpfer, P., Tousaint, H, J.: Monatschrift für Brauerei 33 (1980), str. 91-99.) (2).

Pošto se pivo standardne jačine (oko 12% ekstrakta u osnovnoj sladovini) sastoji od oko 90-92% vode i pošto ova količina vode ostaje u procesu proizvodnje kao balast bez promene u količini, pojavila se ideja da se proizvodi i fermentiše sladovina sa toliko malo vode koliko je neophodno a da se na kraju procesa proizvodnje pivo razredi vodom do potrebnog sadržaja ekstrakta i alkohola za prodaju po zahtevu potrošača. U

daljem tekstu videćemo da pomenuta količina vode i nije balast već u velikoj meri regulator odvijanja biohemijskih procesa u proizvodnji sladovine i piva.

Tokom komljenja voda je potrebna za 3 glavna procesa: želatinizaciju, hidrolizu i rastvaranje u njoj rastvorljivih materija (Graf. 3).

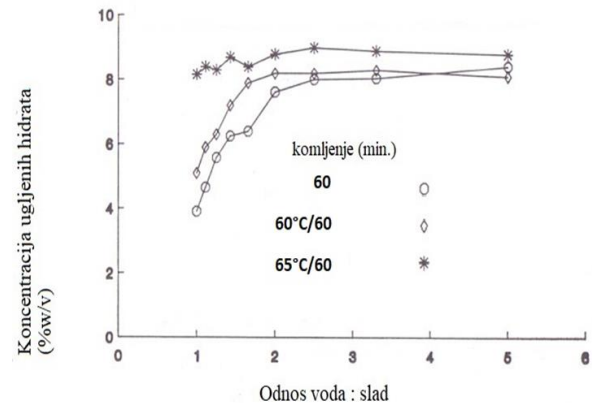


Graf. 3. Uticaj vode na glavne procese tokom komljenja (1)

U toplom vodenom rastvoru za molekule skroba vezuje se velika količina vode što dovodi do bubrenja i pucanja skrobnih zrnaca. Pri tome nastaje viskozozan rastvor a njegov viskozitet zavisi od količine vode vezane za skrob. Ova pojava, u kojoj nema razgradnje sastojaka skroba u užem smislu reči, naziva se klajsterizacija. Klajsterizovani (oslobođeni) skrob napadaju enzimi (amilaze) iz rastvora komine usitnjavajući sastavne delove skroba (amilozu i amilopektin) čime smanjuju viskozitet komine što se označava pojmom utečnjavanje. Treća faza je nastajanje ošecerenog rastvora, tj. potpuna razgradnja utečnjevog skroba do maltoze i dekstrina. Enzimi, alfa i beta-amilaza, koji su direktno odgovorni za stvaranje fermentabilnih šećera vrlo se brzo denaturišu pri nekompletnoj razgradnji skroba.

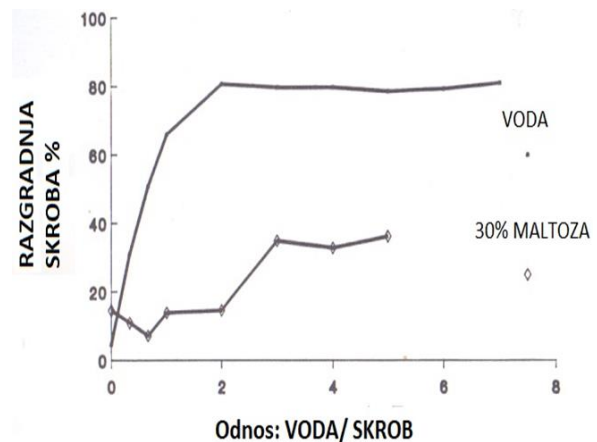
Ako jedan od ovih procesa dominira, drugi je inhibiran. Napredovanje i ishod komljenja zavisi od osmotskog pritiska u sistemu, a zajednička karakteristika šećera je njihov uticaj na osmotski pritisak. Povećanjem osmotskog pritiska, hidrolitički enzimi, kao što su amilaze, bivaju inhibirani. Da šećeri male molekularne težine mogu vezati vodu i tako inhibirati aktivnost

amilaza potvrđuje paradoks da želatinizacija skroba ima isti efekat (Graf. 4) (3).



GRAF. 4. Uticaj gustine komine na ekstraktivnost ugljenih hidrata

Treba imati u vidu da smanjena količina vode pri komljenju ima negativan efekat na rad enzima što umanjuje stepen želatinizacije, iskorišćenje ekstrakta, ošecerenje i menja sastav sladovine (Graf. 4 i 5).

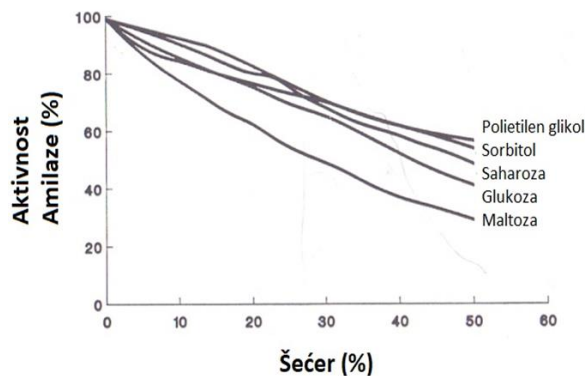


Graf. 5. Uticaj šećera na želatinizaciju

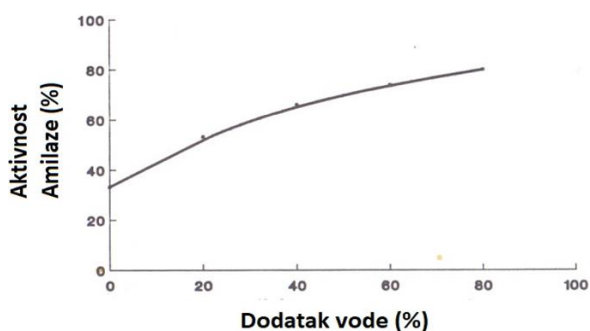
Sastav visokokoncetrovanih sladovina je veoma različit i zavisi kako od upotrebljenih sirovina tako i od uslova proizvodnje u varioni koji su drugačiji nego pri proizvodnji sladovine normalne koncentracije. Naime, s usipkom od 100% slada i s kalsičnim cednjakom po H.G. postupku udeo tropa može biti veoma veliki i dovesti do velikog gubitka ekstrakta. Sa usipkom koji se sastoji od slada i skrobnih surogata kao što su kukuruz, pirinač, prerađevine od kukuruza, mogu se pojaviti

ista ograničenja u varioni kao i sa usipkom od 100% slada. Gusta komina je sklona zagorevanju pa je neophodna upotreba tečnih surogata što dalje komplikuje proces komnjenja i sastav sladovine. Visoka koncentracija šećera u sladovini ima dubinski inhibitorski efekat na proces želatinizacije i enzimske hidrolize. Krajnja koncentracija šećera u sladovini može zavistiti od inhibitorskog delovanja smanjenja odnosa vode i slada.

Više nego količina enzima, odlučujući ograničavajući faktor može biti pristupačnost skroba za enzimsku razgradnju. Neželatanizovani skrob je otporan na aktivnost amilaza pa proces želatinizacije može komplikovati ovu aktivnost. (Prikazano u Graf. 4).



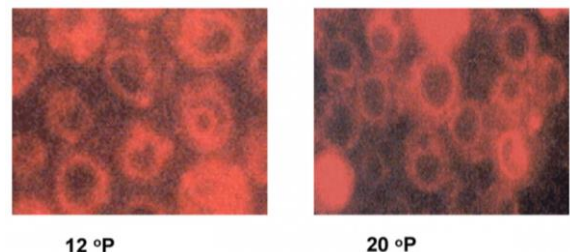
Graf. 6. Uticaj šećera na aktivnost alfa-amilaze



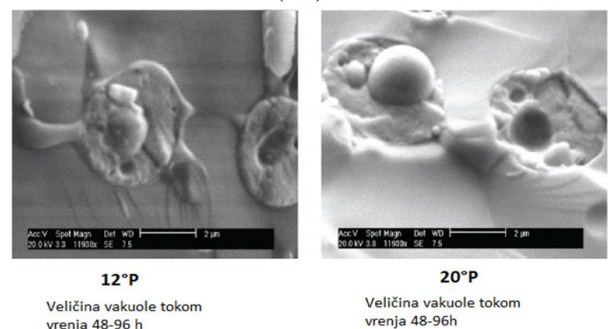
Graf.7 Inhibicija amilaze dekstran-om

Pri odnosu vode i slada preko 2.5: 1 komina je relativno neosetljiva na dalje promene odnosa vode i slada. Međutim, kod odnosa manjeg od 2.5: 1 dolazi do znatnog gubitka ekstrakta. Dodatno, visoka koncentracija šećera ima inhibitorsko delovanje na želatinizaciju (Graf. 6).

Kombinacijom usipka sa sladom i tečnim surogatima kakav je kukuruzni ili skrobni sirup, problem iskorišćenja koji dolazi iz cediljke ili majš filtera može se smanjiti ili u potpunosti izbeći. Međutim, ovi surogati imaju veoma negativan uticaj na sastav sladovine kao odlučujućeg faktora za normalno odvijanje vrenja i visok kvalitet piva. Sastav sladovine iz 100% slada je poznat i dešavanja tokom vrenja su predvidiva pa razlozi za pojedine nedostatke u gotovom pivu dobijenom po H.G. postupku mogu biti izazvani promenom sastava visokokcentrovanih sladovina. Spoljašnje ograničenje za kestrakt u osnovnoj sladovini je uticaj osmotskog pritiska visokokcentrovane sladovine na ćelije kvasca kako zbog visoke koncentracije šećera tako i zbog stvorenog etil alkohola koji u ćeliji kvasca predstavlja otrov i on mora biti brzo izlučivan iz ćelije. S druge strane, ako je koncentracija alkohola izvan ćelije visoka, izlučivanje postaje mnogo teže, pa intracelularni alkohol vrši denaturaciju ćelijskih unutrašnjih slojeva fosfolipida kao što su mitohondrijske i plazma membrane (4).



Slika br. 1: Uticaj gustine sladovine na veličinu vakuole kod pivskog soja kvasca (18)



Veličina vakuole tokom vrenja 48-96 h

Slika br. 2: Uticaj gustine fermentirajuće sladovine na morfologiju vakuola kod kvasca gornjeg vrenja. (18)

Kao što je već napomenuto, ograničavajući faktor u proizvodnji visokokoncentrovane sladovine iz slada, nesladovanih žitarica i čvrstih skrobnih prerađevina jeste gustina komine pa je koncentracija takve sladovine ograničena na 13,5- 14,5%, a komljenje se može izvoditi samo infuzijom. Za veće koncentracije sladovine od ovih vrednosti dodaju se šećerni rastvori. U takvom slučaju dobijeni ekstrakt je sastavljen iz tri frakcije različitog porekla:

- Ekstrakt iz slada sadrži sve materije u dovoljnoj količini koje su potrebne kako za rast i razmožavanje kvasca tako i za fermentaciju;
- Ekstrakt iz skrobnih surogata je siromašan u azotnim materijama čineći ga korisnim samo za vrenje ali ne i za rast i razmnožavanje kvasca;
- Ekstrakt iz sirupa ili rastvora šećera upotrebljiv je takođe samo za fermentaciju jer su u njemu azotne materije u potpunosti odsutne.

Zbog sastava zadnja dva ekstrakta, azotne materije iz sladnog ekstrakta su razređene pa se stvara velika količina diacetila nego što je slučaj sa sladovinom iz 100% slada. Stvoreni diacetil je raspoređen jednako celom zapreminom piva dobijenog iz visokokoncentrovane sladovine pa se njegova količina mora smanjiti tokom dozrevanja do ispod praga osetljivosti. Ovo iziskuje dugo vreme dozrevanja jer je to neenzimska reakcija (oksidativna dekarboksilacija α -acetolaktata u diacetil), ili dozrevanje na višim temperaturama što umanjuje kvalitet piva. Alternativa je dodatak enzima α - acetolaktatdekarboksilaze koja α - acetolaktat pretvara direktno u acetoin koji nema uticaj na miris i ukus piva.

Poznato je da su piva proizvedena iz sladovine visoke koncentracije otpornija na starenje ukusa. Međutim, piva dobijena iz takvih sladovina koja se razređuju vodom to svojstvo gube i to utoliko više koliko se više razređuju vodom (5).

2. PROBLEMATIKA STVARANJA ESTERA, VIŠIH ALKOHOLA I GUBITAK STABILNOSTI PENE.

Proces stvaranja estera je ravnotežna reakcija između alkohola i kiseline, i kako je više od 45 alkohola i više od 100 kiselina prisutno u pivu, teoretski broj estera u pivu je, normalno, veoma veliki. Što je veća koncentracija alkohola to je stvaranje estera intenzivnije pa je razumljivo da se više estera stvara tokom vrenja jače nego slabije sladovine (6, 7, 8). Kako je u visokokoncentrovanim sladovinama (preko 15°P) zbog dodatka šećernih sirupa, poremećen odnos između ugljenih hidrata i azotnih materija (na štetu azotnih), to je dodatni razlog za stvaranje više estera (10). Masschelein (9), navodi da vrenje sladovine sa specifičnom težinom iznad 15 °P, nakon razređivanja daju piva sa abnormalno visokim sadržajem acetat-estera. Među isparljivim jedinjenjima esteri su najznačajnija grupa a zbog svog često vrlo jakog penetrirajućih i voćnih ukusa. Mnogo više estera se stvara tokom vrenja jačih nego slabijih piva (11).

Među mnogim faktorima (soj kvasca, temperatura vrenja i dr.), odnos između sadržaja ugljenih hidrata i azotnih materija, koji proističu iz sastava usipka (naročito ako se dodaju šećerni sirupi), ima veoma veliki uticaj na stvaranje estera). (graf.8 i tab. 2)

Whitworth (1), među šest najvažnijih faktora kontrolnog mehanizma u stvaranju estera na prvom mestu stavlja koncentraciju sladovine (Tab. 1), (2).

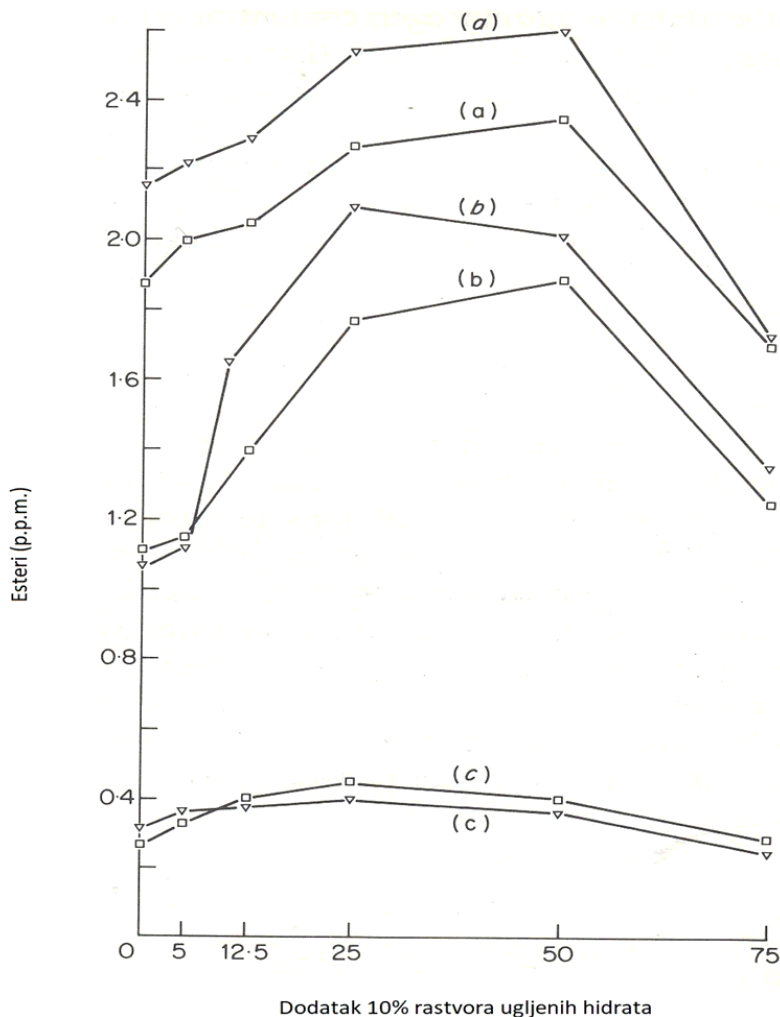
Tab. 1. Kontrolni mehanizam- stvaranje estera

1. Izbegavanje koncentracije sladovine preko 15°P;
2. Izbor soja kvasca;
3. Upotreba pritiska pri vrenju;
4. Povećanje sadržaja lipida u sladovini;
5. Oksigenacija vrenja;
6. Povećanje odnosa između ukupnih fermentirajućih sećera i ukupnih rastvorivih azotnih materija.

Esteri se stvaraju primarno tokom glavnog vrenja, ali ne u najranijoj fazi. U mnogim slučajevima nađeno je da su se

pojavljivale veoma male razlike u sadržaju estera tokom odležavanja piva u odnosu na količinu stvorenu tokom vrenja (12).

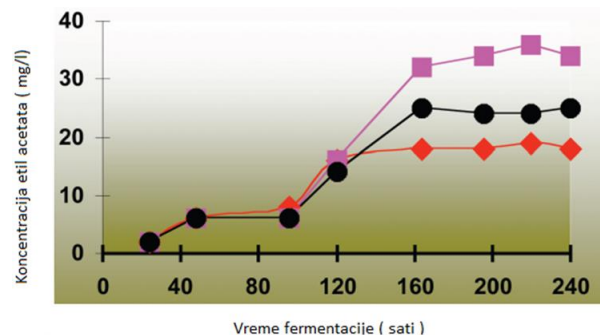
▼ = fruktoza; □ = saharoza; (a) = izoamil acetat; (b) = 2 – feniletil acetat; (c) = etil oktanoat



Graf. 8 Koncentracija nekih estera kada je dodata različita količina 10% rastvora ugljenih hidrata u sladovinu.

Tabela 2. Uticaj gustine sladovine na sadržaj estera u pivu (18)

	12°P	20°P
Etanol (% v/v)*	5,1	5,0
Etil acetat (mg/l)	14,2	21,2
Izoamil acetat (mg/l)	0,5	0,7
*Pivo razređeno do 5% etanola (v/v)		

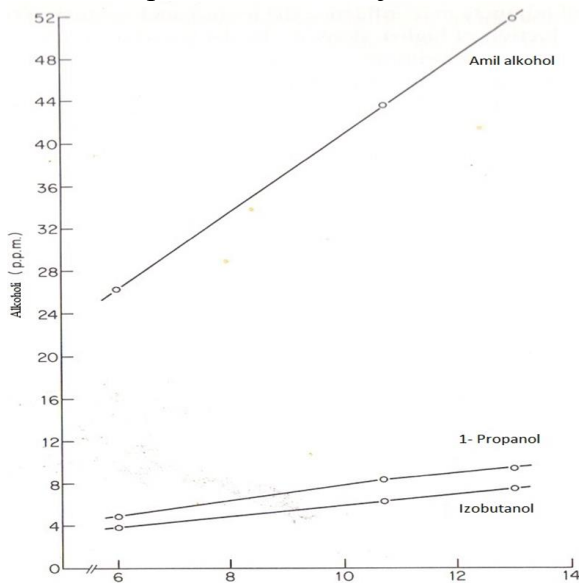


12°P (30% MS) ◆ 20°P (30% MS) ● 20°P (30% VHMS) ■

MS- Maltozni sirup; VHMS- Visoki sadržaj maltoznog sirupa

Slika br.3: Koncentracija etil acetata u sladovinama različitih gustina i sastava šećera (18)

Nekim preventivnim merama može se uticati na nivoe stvaranja estera i viših alkohola. Tako, povećanjem pritiska pri vrenju i količine kvasca za zakvas znatno se redukuje stvaranje estera. Međutim, generalno, najznačajnija preventivna mera je poboljšanje stanja hranljivih materija za kvasac tj. sladovina sa što više slada u usipku i što niže koncentracije. Uprkos tome, fermentacija High Gravity sladovine (>15 °P) dovodi do stvaranja disproporcionalno visokih nivoa estera (13). Poznato je da se količina estera u pivu na odležavanju ne menja osim ako je količina zaostalog ekstrakta velika pa dolazi do stvaranja alkohola čime se stvara nova količina estera, a vrsta estera zavisi od odgovarajućih alkohola u pivu na odležavanju.

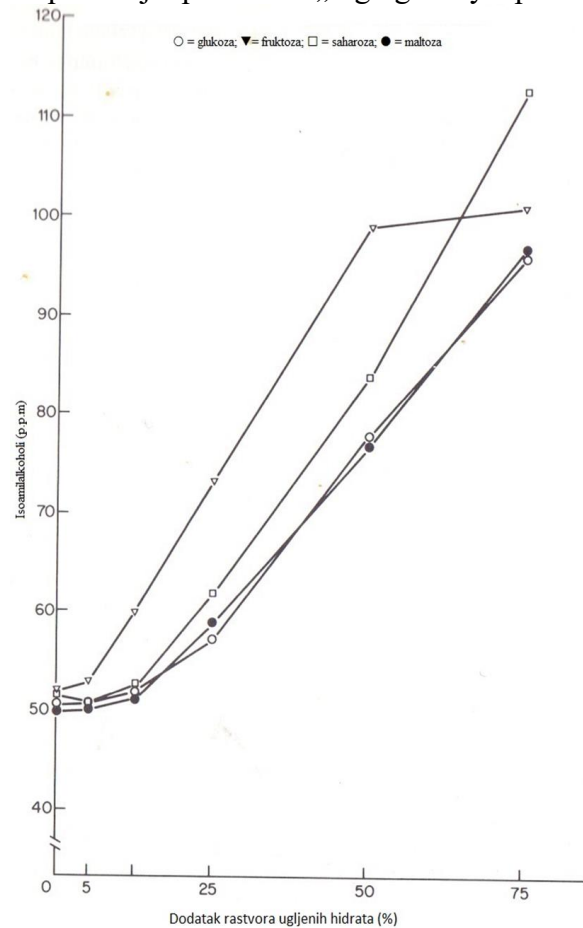


Graf. 9. Odnos između gustine sladovine i koncentracije nekih viših alkohola (Engan, 1981) (11).

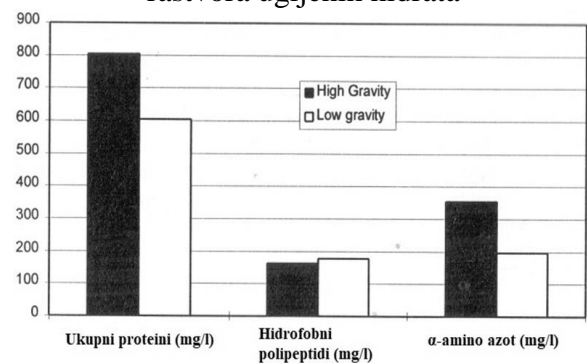
U pogledu razgradnje azotnih materija tokom kumljenja značajno je istaći problem hidrofobnih polipeptida u gustim kominama, jer polipeptidi stvaraju čvrstinu (stabilnost) pene, i u tom pogledu u pivu su od esencijalnog značaja (14).

Kumljenje gustih komina u postupku proizvodnje high gravity sladovine ne ekstrahuje istu količinu visokomolekularnih polipeptida, koji uključuju i hidrofobne polipeptide, kao što je to slučaj tokom kumljenja komine normalne gustine. Samo

33% više ukupnih proteina i 8.7% manje hidrofobnih polipeptida ekstrahovano je iz „high gravity“ sladovine iako je „high gravity“ sladovina sadržala skoro duplo veću količinu α - aminoazota nego sladovina normalne jačine (15). Ovo ima veliki uticaj na potencijal penivosti „high gravity“ piva.



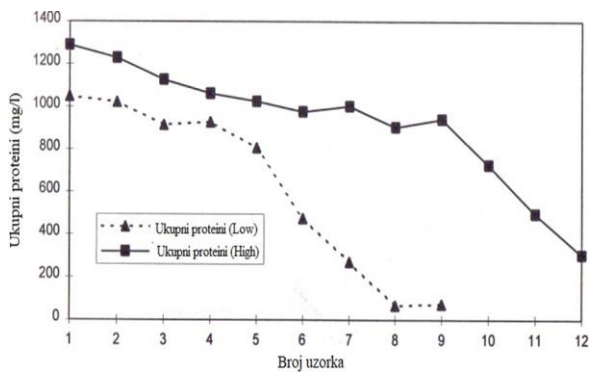
Graf. 10. Koncentracija izoamiloalkohola kada je dodata različita količina 10% rastvora ugljenih hidrata



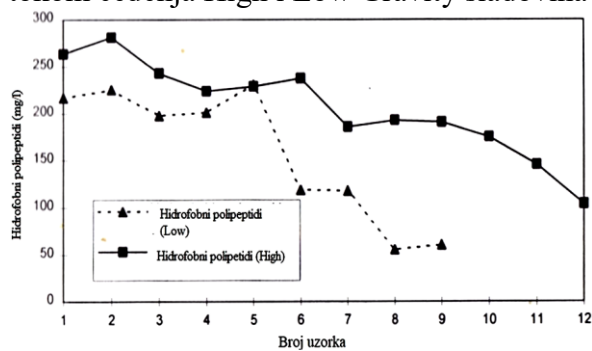
Graf. 11. Uticaj kumljenja na ukupne proteine, nivo hidrofobnih polipeptida i alfa-amino azota u High i Low gravity sladovinama pre kuvanja sladovine (15)

Tabela 2. Uticaj gustine sladovine na sadržaj estera u pivu (18)

	16°P	25°P
Etanol (% v/v)*	5,0	5,0
Stabilnost pene		
Nibem	187	137
Fizička stabilnost **	1,2	0,8
*Pivo razređeno do 5% etanola (v/v)		
**Pivo držano na 60°C tokom 48h		

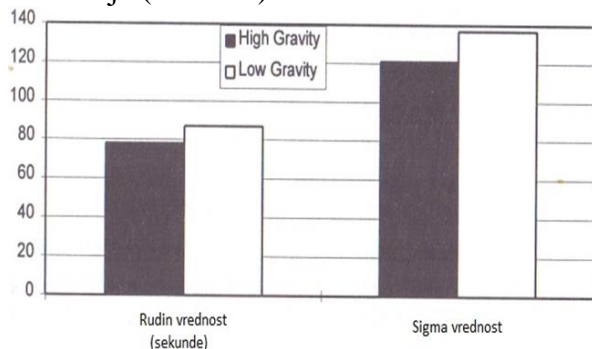


Graf. 12 Profil ekstrakcije ukupnih proteina tokom ceđenja High i Low Gravity sladovina

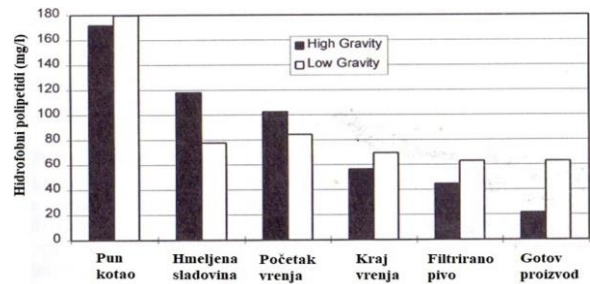


Graf. 13 Profil ekstrakcije hidrofobnih polipeptida tokom ceđenja High i Low Gravity sladovina

Tokom procesa proizvodnje piva, sadržaj hidrofobnih polipeptida se smanjuje ali kod high gravity postupka smanjenje je mnogo izraženije (Graf. 14).



Graf. 14 Vrednosti stabilnosti pene High i Low Gravity piva (15). (High Gravity pivo je razređeno do 4.5% a v/v alkohola ekvivalentno Low Gravity pivu) (15).



Graf. 15 Promena u sadržaju hidrofobnih polipeptida tokom procesa proizvodnje piva (15) (gotovo High Gravity pivo razređeno do nižeg ekstrakta (4.5% alkohola v/v))

U gotovom pivu dobijenom iz sladovine normalne koncentracije, sadržaj hidrofobnih polipeptida je 40% veći nego u odgovarajućem razređenom „high gravity“ pivu. U ekstremnim slučajevima ova razlika iznosi i više od 60%. Glavne faze gubitka hidrofobnih polipeptida su kuvanje sladovine i prve faze vrenja. Vrenje „high gravity“ sladovine stvara deblju deku nego sladovina normalne jačine (16). Ovo može biti razlog zašto „high gravity“ ima mnogo ekstremniji pad u hidrofobnim polipeptidima nego sladovina normalne jačine. Veruje se da je dodatni razlog za gubitak ovih polipeptida adhezija na zidove fermentora i adsorpcija na zidove ćelija kvasca, što je pouzdan problem za High Gravity vrenje, jer se pri tom postupku u sladovinu dodaje velika količina kvasca za zakvas. (17)

Grafikon 15 objašnjava drugi problem „high gravity“ postupka proizvodnje zbog uticaja na stvaranje pene gotovog piva. Kada se nivoi ukupnih proteina i polipeptida uporede u sladovini pre kuvanja (u kotlu za kuvanje sladovine) može se videti da „high gravity“ i „low gravity“ sladovine imaju slične vrednosti. Logika sugerise da je High Gravity sladovina trebalo da ima dvostruko više ukupnih proteina i dvostruko više hidrofobnih polipeptida nego Low Gravity sladovina, ali to nije slučaj. Podaci pokazuju da samo 33,1% više ukupnih proteina i 8,7% manje hidrofobnih polipeptida je ekstrahovano u High Gravity sladovini (Tabela 4).

Tabela 4 - Procentualna razlika između „Low i High Gravity“ sladovine u azotnim materijama (15)

	Ukupni proteini	Hidrofobni polipeptidi	Alfa-amino azot
Razlika(%)	33,1	-8,7	80,3

Grafikon 15 i Tabela 4 sugerišu da „high gravity“ komljenje ne ekstrahuje istu količinu polipeptida visoke molekularne težine, koji uključuju i hidrofobne polipeptide, nego što je slučaj sa „low gravity“ komljenjem. Ovo ima veliki uticaj na potencijal penivosti gotovog „high gravity“ piva.

Eksperimentalno je utvrđeno da se više hidrofobnih polipeptida ekstrahuje ako se ispiranje tropa produžava, što je obično nepoželjno zbog teškoća u varioni i kvaliteta gotovog piva. Ekstrakcija ukupnih proteina tokom ceđenja pokazuje sličan trend (15).

3. LITERATURA

- [1] Whitworth, C.; Technological Advances in High Gravity Fermentation, E.B.C Fermentation and Storage Symposium, Zoeterwoude, 1978, 155-164
- [2] Wolfgang, Kunze „Tehnologie Brauer und Malcer“ 1994, prevod: prof. Slobodan Gaćeša, Tehnološki fakultet, Novi Sad; izdavač: Jugoslovensko Udruženje pivara Beograd, 1998
- [3] Müller, R.E.; The importance of water in gelatinization of starch and amylolysis during mashing, E.B.C., Proceedings of The 22nd Congress Zürich 1989, 283-290
- [4] Stewart G.G. and Russell I., Master Brewers Association of the Americas Technical Quarterly, 1993, 30, 159-165
- [5] Whitear, A.L.: Factors affecting beer stability. E.B.C., Flavour Symposium, Copenhagen 1981, 203-210
- [6] Anderson, R.G. and Kirsop, B.H., Rennie, H. and Wilson, R.J.H., Proceedings of the European Brewery Convention Congress, Nice, 1975, 243
- [7] Engan, S. Brygmesteren, 1973, 30,41
- [8] Palmer, A.K. and Rennie, H., J. of the Inst. of Brewing, 1974, 80, 447
- [9] Pajunen E., Jääskeläinen, K., Vehviläinen, H., and Mäkinen, V., Brauwissenschaft, 1977, 30, 129
- [10] Maschelein, C.A. E.B.C. Fermentation and storage Symposium, Zoeterwoude, 1978, 233-236
- [11] Engan, S. The role of esters in beer flavour. E.B.C. Flavour simposium, Copenhagen 1981, 123-134
- [12] Hashimoto, N. and Kuroiwa, Y., Brewers Digest, 1972, 47, 8, 64 and Nordström, K., Brewers Digest, 1965, 40, 11, 60
- [13] Anderson, R.G. and Kirsop, B.H., Journal of the Institute of Brewing, 1974, 80, 48
- [14] Bamforth, C.W., The Journal of Institute of Brewing 1985, 91, 370-383
- [15] James, H. Bryce, Dan Cooper and Graham, G. Stewart. High gravity brewing and its negative effect on head retention. Proceedings of the 26th Congress Maastricht 1997, 357- 365
- [16] Murray, C.R., and Stewart, G.G., Birra et malt 1991, 44, 52-64
- [17] Cooper, D.J., Stewart, G.G., Bryce, J.H. (1998): Some reasons why high gravity brewing has a negative effect on head retention. J. Inst, Brewing, 104, 283-288
- [18] Stewart, G.G.; High gravity brewing- the pros and cons, New food magazine, 2007, 1-9.

Adresa autora: Dimitrije Arandelović, Beograd
 Tel: +38163658913
 Rad primljen: avgust 2019.god.
 Rad prihvaćen: septembar 2019.



КИРИЛО САВИЋ
(1870 – 1957)

Пројектант и
градитељ великих
железничких пруга,
мостова и објеката у
Русији, Србији и
Југославији.

Универзитетски
професор, академик,
министар. Велики
родољуб, учесник
Балканског и Првог
светског рата.

ULOGA I ZNAČAJ ANTIOKSIDATIVNOG DEJSTVA FENOLNIH JEDINJENJA IZ BILJNIH NAMIRNICA NA LJUDSKO ZDRAVLJE

THE ROLE AND IMPORTANCE OF THE ANTI-OXIDANT EFFECT OF PHENOLIC COMPOUNDS FROM PLANT FOODS TO HUMAN HEALTH

VESNA NAĐALIN
ALEKSANDRA ŠUĆUROVIĆ
GORDANA LUDAJIĆ
DANIJELA JAŠIN

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu

REZIME

Složenost veze između unosa hrane biljnog porekla i smanjenja rizika od hroničnih bolesti ispitivana je u brojnim studijama. Istraživanja su potvrdila da je za smanjenje rizika od hroničnih bolesti i poboljšanja zdravlja ljudi od ključnog značaja potencijal fitohemikalija. Naime, fenolna jedinjenja, kao najzastupljeniji sekundarni metaboliti biljaka, sa svojom antioksidativnom aktivnošću, dovode do neutralizacije slobodnih radikala i drugih oksidativnih vrsta putem namirnica unetih u organizam. Upravo su slobodni radikali i druge oksidativne vrste odgovorni za nastanak oksidativnih oštećenja koja se mogu dovesti u direktnu vezu sa nizom oboljenja.

Ključne reči: fenolna jedinjenja, antioksidansi, slobodni radikali, biljna hrana, zdravlje

ABSTRACT

Complexity of the connection between food of plant origin and lowering the risk of chronic diseases was researched in numerous studies. Research has confirmed that for lowering the risks of chronic diseases and improving the health of people potential of phytochemicals is of key importance. Namely, phenolic compounds, as the most represented secondary metabolites of plants, with their antioxidant activity, lead to neutralization of free radicals and other oxidative types through nutrients which were taken into body. Free radicals and other oxidative types are just the ones responsible for occurrence of oxidative damage which could be linked directly to series of diseases.

Key words: phenolic compounds, antioxidants, free radicals, plant food, health

1. UVOD

Brojna istraživanja su pokazala da ishrana bogata namirnicama biljnog porekla smanjuje rizik od razvoja hroničnih bolesti,

kao što su maligne i kardiovaskularne bolesti [1]. Ključna jedinjenja za očuvanje zdravlja i prevenciju nastanka hroničnih bolesti jesu sekundarni metaboliti biljaka, u koje pored ostalih spadaju i polifenoli [2].

Mehanizam dejstva polifenolnih jedinjenja koja uključuju fenolne kiseline, flavonoide, katehine, kumarine, stilbene i druge aktivne supstance, se zasniva na antioksidativnom, antiinflamatornom, antimutagenom i antikancerogenom dejstvu [3].

Da bi se razumeo značaj i važnosti sekundarnih metabolita izolovanih iz namirnica biljnog porekla, potrebno je prethodno sagledati vezu između slobodnih radikala i antioksidativnog sistema. Uloga antioksidativnog sistema je da popravi, ograniči ili spreči oštećenja koja mogu nastati usled delovanja slobodnih radikala [4]. Antioksidansi su u hemijskom pogledu, fenolna jedinjenja koja u svojoj strukturi imaju aromatični prstena sa hidroksilnim grupama koji mogu da budu donori protona i tako ostvaruju svoje antioksidaciono svojstvo, odnosno "hvataju" slobodne radikale uz formiranje manje reaktivnih jedinjenja [5].

Među najreaktivnije hemijske vrste spadaju slobodni radikali, koji mogu biti atomi, joni ili molekuli, sa jednim ili više nesparenih elektrona u svojoj strukturi, od kojih i potiče njihova visoka i neselektivna reaktivnost [5].

Usled povišenog nivoa slobodnih radikala koji imaju visok stepen nestabilnosti i neselektivne reaktivnosti dolazi do narušavanja oksido-reduktivne ravnoteže i dovodi do stanja oksidativnog stresa. Kao rezultat ove pojave nastaju tzv. oksidativna oštećenja, koja se manifestuju kroz različita patološka stanja [6,7].

2. OKSIDATIVNI STRES I SLOBODNI RADIKALI

U elektron-transportnom sistemu mitohondrija, tokom normalnog aerobnog metabolizma nastaju reaktivne kiseonične vrste (eng. reactive oxygen species, ROS), koje imaju važnu ulogu u stimulaciji signalnih puteva u ćeliji, kao odgovor na intra- i ekstracelularne uslove sredine [8]. Takođe slobodni radikali i ROS mogu nastati autooksidacijom brojnih molekula,

tokom procesa fagocitoze u procesima inflamacije, biotransformacijom ksenobiotika, tokom metabolisanja egzogeno unetih jedinjenja (hrana, lekovi, itd.) ili dejstvom spoljašnjih faktora sredine (UV zračenja, jonizujuće zračenje, aerozagađenje), pri trovanju, pri pojačanoj fizičkoj aktivnosti [9].

U zdravom organizmu antioksidaciona zaštita se ostvaruje antioksidacionim sistemom (AOS) i predstavlja fiziološki proces [10]. Nastajanje toksičnih oblika kiseonika (ROS) je u ravnoteži sa antioksidativnim sistemom odbrane organizma [11]. U cilju održavanja ravnoteže primarna antioksidaciona zaštita se ostvaruje primenom neenzimskih i enzimskih komponenti [10].

Ukoliko dođe do produkcije veće količine ROS, narušava se ravnotežno stanje organizma, praktično dolazi do disbalansa između produkcije slobodnih radikala kao i reaktivnih metabolita sa jedne strane i antioksidativnih sistema sa druge strane, što za posledicu ima nastajanje oksidativnog stresa (OS) [8].

Oksidativni stres može prouzrokovati oštećenje i inaktivaciju biomolekula (lipida, proteina, ugljenih hidrata), kao i DNK, te kao rezultat svih degenerativnih oštećenja nastaje veliki broj oboljenja kao što su kancerogeneza, kardiovaskularna i neurološka obolenja, bolesti jetre, bubrega, pluća, upalni procesi itd [12-14].

3. ANTIOKSIDANSI – FENOLNA JEDINJENJA

Supstance koje smanjuju ili sprečavaju oksidaciju određenog supstrata neutralizacijom slobodnih radikala, kao i drugih oksidativnih vrsta predstavljaju antioksidanse [15]. Podeljeni su u dve grupe, enzimske i neenzimske antioksidanse. Neenzimski antioksidansi uglavnom potiču iz hrane biljnog porekla koje čine: vitamini, karotenoidi, minerali, organosulfatna i fenolna jedinjenja [16].

Najzastupljeniji sekundarni metaboliti biljaka su fenolna jedinjenja, koja u svojoj

strukturi imaju najmanje jedan aromatični prsten sa jedom ili više hidroksilnih grupa [15]. Raspored konjugovanih hidroksilnih grupa utiče da ova jedinjenja budu donori atoma vodonika i samim tim štite ćelije od oksidativnog stresa.[17]. U biljnom materijalu fenolna jedinjenja se uglavnom nalaze vezana za šećere i organske kiseline, a antioksidativna aktivnost i antiinflamatorna aktivnost fenolnih jedinjenja potiče isključivo od aglikonskog dela molekula [18].

Sadržaj polifenola, kao i kompozicija polifenola za većinu namirnicama biljnog porekla je nedovoljno poznat i uglavnom je ograničen na nekoliko vrsta [19]. Brojni faktori kao što su što su skladištenje, način obrade, uticaj ekoloških faktora mogu uticati na variranje sadržaja polifenola [19]. Tako je potvrđeno da je u biljnim namirnicama proizvedenim organskim uzgojem viši nivo polifenola, u odnosu na konvencionalno tretirane vrste, što je posledica odgovora biljaka na stresne uslove [20]. Zabeleženo je da tokom prerade namirnica biljnog porekla u industrijskim uslovima dolazi do redukcije određene grupe polifenola. Sve izneto ukazuje, da se ne može govoriti o standardnim vrednostima sadržaja polifenola u namirnicama biljnog porekla .

Prisutna različitost hemijskih struktura polifenola, kao i njihove raspodele u namirnicama biljnog porekla i naporima, značajno utiču na bioraspoloživost, biološku aktivnost i zdravstvene efekte [21]. Bioraspoloživost nekog jedinjenja predstavlja maksimalnu koncentraciju (Cmax) apsorbovanog jedinjenja u plazmi ljudskog organizma, nakon ingestije [22]. Glavni nedostatak fenolnih jedinjenja, kao bioaktivnog agensa, ogleda se u niskoj bioraspoloživosti u ljudskom organizmu [23]. Najbolji rezultati bioraspoloživosti potvrđeni su kod galne kiseline, izoflavona, kafene kiseline, flavanona i kvercetin glikozida [24]. Slobodni oblici fenola, koji imaju samo aglikonski deo, resorbuju se u tankom crevu pasivnom difuzijom, međutim

kod fenolnih jedinjenja u formi glikozida, estera ili polimera, neophodno je da dođe do hidrolize gastrointestinalnim enzimima ili putem crevne mikroflore, nakon čega fenoli mogu da prođu membranu creva pasivnom difuzijom[25].

Nakon hidrolize derivati polifenola metabolišu se u crevima i jetri, pre nego što se nađu u plazmi i tkivima, podležu reakcijama konjugovanaja (metilovanje, sulfatovanje, glukoronidacija) [25]. Nastali metaboliti su izmenjene hemijske strukture u odnosu na strukturu unetih fenola u organizam, što se može reflektovati i na njihovu biološku aktivnost [22]. Metaboliti fenola se izlučuju putem žuči ili urina [25]. Vrlo je važno identifikovati njihovu količinu u cirkulaciji, jer priroda i položaj konjugovanih grupa može uticati na njihova biološka svojstva [25].

4. DIJETESKI REFERENTNI UNOS POLIFENOLA

Polifenolna jedinjenja nisu neophodna za održavanje vitalnih funkcije organizma za razliku od vitamina i minerala. Međutim, epidemiološke studije su potvrdile njihovu ulogu u redukciji rizika nastanka hroničnih bolesti [26]. Unos polifenola nije regulisan primenom propisa, ali je važno uzeti u obzir dijetetske referentne vrednosti zasnovane na epidemioškim podacima [26].

Individualni unos ukupnih polifenola kod dobrovoljnih učesnika uključenih u istraživanja rađenih u Poljskoj su pokazala da je dnevni unos ukupnih polifenola iznosio 1756,5 mg/d i da je bio viši u odnosu na rezultate dobijene u Francuskoj (1193 mg/d), Finskoj (863 mg/d) Španiji (820 mg/d) i Brazilu (377,5 mg/d) [28-32]. Kao rezultat ovih studija dobijen je detaljan opis klase polifenolnih jedinjenja, a udeo fenolnih kiselina od ukupnih polifenola iznosio je od 46% u Poljskoj, do 67% u Francuskoj [27-31]. Preporučeni dnevni unos ukupnih polifenola unet preko hrane biljnog porekla je približno 1 g .

5. UTICAJ POLIFENOLA NA ZDRAVLJE LJUDI

U analiziranim studijama koje su se bavile ispitivanjem antitumorske i antioksidativne aktivnosti polifenola iz namirnica biljnog porekla, može se uočiti da su ispitivanja vršena u smislu uticaja unosa hrane na prevenciju i smanjenje rizika od hroničnih bolesti i uticaja aktivnih komponenti iz hrane biljnog porekla na zdravlje ljudi. To se ogledalo u tri aspekta i to kod zdravih ispitanika, kod pacijenata sa predtumorskim lezijama i kod pacijenata sa dijagnostikovanim tumorskim oblicima.

Rezultati studija slučajne kontrole uticaja mediteranskog načina ishrane na tumore dojke potvrdili su povezanost u smislu smanjenja rizika nastanka tumora. Kod žena koje su se pridržavale ovog načina ishrane, što je i kvantitativno prikazano kroz ocenu mediteranske ishrane (eng. *Mediterranean Diet Score – MDS*), smanjen je rizik od oko 20%, u odnosu na one koje su bile u najnižoj kategoriji unosa namirnica po mediteranskoj dijeti. Namirnice koje su bile uključene u ishranu, pored ostalih su u velikom procentu činile: voće, povrće cerealijske, leguminoze, biljna ulja. Prisutna polifenolna jedinjenja u korišćenim namirnicama su bila od ključnog značaja za dobijene rezultate [33,34].

U studiji kontrole slučaja dobijeni rezultati ispitivanja uticaja unosa jabuka na smanjenje rizika od više vrsta tumora je pokazalo da unosom u prosečnoj količini od 166 g/dan plodova jabuke je dalo pozitivne rezultate. Najviši stepen redukcije rizika kod tumora je postignut za larings 41%, dok je kod tumora prostate redukcija bila najniža i iznosila 7% [35].

Analizom studija u kojima su učestvovali zdravi ispitanici korišćene su pojedinačne doze crnog i zelenog čaja (2g droge u 300 ml vode). Ustanovljeno je da se 60 minuta posle konzumiranja ekstrakata postiže maksimalna koncentracija katehina u krvi, kao i antioksidativna aktivnost. Usled većeg sadržaja katehina u zelenom čaju postignute su i više vrednosti antioksidativne aktivnosti [36]. Pored ovih istraživanja nađeno je da je

da u starosnoj grupi zdravih osoba od 19 do 61 godinu, unošenjem pojedinačnih doza resveratrola od 0,5 g; 1,0 g; 2,5 g i 5,0 g došlo do oslobađanja njegovih metabolita u krvi i urinu. Ustanovljeno je da je pri najvišoj koncentraciji resveratrola (5 g) u krvi oslobođeno 2,4 $\mu\text{mol/l}$, a dobijeni rezultati u *in vitro* uslovima su pokazali da se hemopreventivni efekat postiže pri koncentraciji od 5 $\mu\text{mol/l}$, što iziskuje dodatna istraživanja. Takođe analizama urina je potvrđeno da se 77% metabolita resveratrola oslobađa na taj način [37].

Brojna istraživanja su rađena sa ekstraktima zelenog čaja zbog njihovog visokog stepena antioksidativne i antitumorske aktivnosti. Primenom doza od 500 mg i 1000 mg polifenola zelenog čaja kod pacijenata sa visokim rizikom obolevanja od tumora jetre, nađeno je da je u uzorcima krvi nivo 8-hidroksideoksiguanozin (8OHdG) bio približnih vrednosti: za placebo grupu 1,83 ng/mg, za 500 mg iznosio je 2,08 ng/mg i za 1000 mg 1,86 ng/mg. Nakon tri meseca analizama je potvrđeno da je došlo do znatnog pada vrednosti 8OHdG, za dozu od 500 mg vrednost je iznosila 1,03 ng/mg i 1,15 ng/mg za dozu od 1000 mg, što govori u prilog redukcije oštećenja DNK, i primeni u prevenciji razvoja maligniteta. U urinu su takođe izolovani epigalokatein i epikatehin koji predstavljaju dominantne komponente ekstrakta zelenog čaja [38].

Polifenoli iz ekstrakta zelenog čaja su uticali na redukciju jedinjenja 8OHdG i kod ispitanika pušača nakon četiri nedelje konzumiranja 2000 mg/dan do 2500 mg/dan ekstrakta zelenog čaja. Početne vrednosti 8OHdG su se kretale kod pušača od 50,1% do 80%, a nakon četiri nedelje vrednosti su se redukovale na 20,1% odnosno 39,9%. Kod nepušača je zabeležen neznatan pad 8OHdG vrednosti od 4,7% na 3,8% nakon uzimanja ekstrakta. Polifenolna jedinjenja su uticala i na porast vitalnih ćelija keratinocita kod pušača sa 79,3% na 89,7%. Dobijeni rezultati ukazuju na značaj ekstrakta zelenog čaja u prevenciji kancera kod pušača [39].

6. ZAKLJUČAK

Pregledom literature može se uočiti da je veza između unosa hrane biljnog porekla i smanjenja rizika od hroničnih bolesti privukla pažnju naučnika, praktičara i javnosti. Međutim, u praksi su prisutni slučajevi koji su kontradiktorni, što je rezultat jednim delom zbog razlike u apsorpciji, raspodeli, metabolizmu i ekskreciji bioaktivnih jedinjenja, kao i heterogenosti u biološkom odgovoru koji se odnosi na kardiometabolički zdravstveni ishod. Utvrđivanje glavnih faktora različitosti među pojedincima, kao i razvijanje novih i inovativnih metodologija za objašnjenje ovakve varijabilnosti predstavljaju sveobuhvatni cilj da se na kraju optimiziraju korisni zdravstveni efekti bioaktivnih supstanci iz biljne hrane za svakog ponaosob.

7. LITERATURA

- [1] Liu, RH. (2003). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am J Clin Nutr.*, vol. 78(3 Suppl), p. 517S-520S.
- [2] Abuajah, CI, Ogbonna, AC, Osuji, CM. (2015). Functional components and medicinal properties of food: a review. *J Food Sci Technol.* vol. 52, no.5, p. 2522-9.
- [3] Huang, WY., Cai, YZ., Zhang, Y. (2010). Natural phenolic compounds from medicinal herbs and dietary plants: potential use for cancer prevention. *Nutr Cancer.*, vol. 62, no. 1, p. 1-20.
- [4] Birben, E., Sahiner, UM., Sackesen, C., Erzurum, S., Kalayci, O. (2012). Oxidative stress and antioxidant defense. *World Allergy Organ J.*, vol. 5, no. 1, p. 9-19.
- [5] Cadenas, E., Davies, KJ. (2000). Mitochondrial free radical generation, oxidative stress, and aging. *Free Radic Biol Med.*, vol.29, no. (3-4), p. 222-30.
- [6] Đukić, M. (2008). Oksidativni stres-slobodni radikali, prooksidansi i antioksidansi. Beograd, Ed. Mono i Manjana.
- [7] Halliwell, B., Whiteman, M. (2004). Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? *Br J Pharmacol.*, vol. 142, no. 2, p. 231-55.
- [8] Duracková, Z. (2009). Some current insights into oxidative stress. *Physiol Res.*, vol. 59, no. 4, p. 459-69.
- [9] Halliwell, B. (2006). Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. *Plant Physiol.*, vol. 141, no. 2, p. 312-22.
- [10] Dröge, W. (2002). Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev.*, vol. 82, no. 1, p. 47-95.
- [11] Sies, H. (1991). Oxidative stress: from basic research to clinical application. *Am J Med.*, vol. 91, no. 3C, p. 31S-38S.
- [12] Weinberg, ED. (1996). The role of iron in cancer. *Eur J Cancer Prev.*, vol. 5, no. 1, p. 19-36.
- [13] De Meyer, GR., Herman, AG. (1997). Vascular endothelial dysfunction. *Prog Cardiovasc Dis.*, vol. 39, no. 4, p. 325-42.
- [14] Andersen, PM., Nilsson, P., Keränen, ML., Forsgren, L., Häggglund, J., Karlsborg, M, et al. (1997). Phenotypic heterogeneity in motor neuron disease patients with CuZn-superoxide dismutase mutations in *Scandinavia.Brain.*, vol. 120, no. 10, p. 1723-37.
- [15] Azzi, A, Davies, KJ., Kelly, F. (2004). Free radical biology—terminology and critical thinking. *FEBS Lett.*, vol. 558, no. 1-3, p. 3-6.
- [16] Ratnam, DV., Ankola, DD., Bhardwaj, V., Sahana, DK., Kumar, MN.(2006). Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. *J Control Release.*, vol. 113, no. 3, p. 189-207.
- [17] Pietta, PG. (2000). Flavonoids as antioxidants. *J Nat Prod.*, vol. 63, no. 7, p. 1035-42.

- [18] Crozier, A., Jaganath, IB., Clifford, MN. (2009). Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. *Nat Prod Rep.*, vol. 26, no. 8, p. 1001-43.
- [19] Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr.* vol. 79, no. 5, p. 727-47.
- [20] Asami, DK., Hong, YJ., Barrett, DM., Mitchell, AE. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *J Agric Food Chem.*, vol. 51, no. 5, p. 1237-41.
- [21] Loke, WM., Proudfoot, JM., Stewart, S., McKinley, AJ., Needs, PW., Kroon, PA, et al. (2008). Metabolic transformation has a profound effect on anti-inflammatory activity of flavonoids such as quercetin: lack of association between antioxidant and lipoxygenase inhibitory activity. *Biochem Pharmacol.*, vol. 75, no. 5, p. 1045-53.
- [22] Marzocchella, L., Fantini, M., Benvenuto, M., Masuelli, L., Tresoldi, I., Modesti, A., Bei, R. (2011). Dietary flavonoids: molecular mechanisms of action as anti-inflammatory agents. *Recent Pat Inflamm Allergy Drug Discov.*, vol. 5, no. 3, p. 200-20.
- [23] Williamson, G., Manach, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. II. Review of 93 intervention studies. *Am J Clin Nutr.*, vol. 81, no. 1 Suppl, p. 243S-255S.
- [24] Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Scalbert, A., Rémésy, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *Am J Clin Nutr.*, vol. 81, no. 1 Suppl, p. 230S-242S.
- [25] Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr.*, vol. 79, no. 5, p. 727-47.
- [26] Williamson, G., Holst, B. (2008). Dietary reference intake (DRI) value for dietary polyphenols: are we heading in the right direction? *Br J Nutr.* , vol. 99, no. Suppl 3, p. S55-8.
- [27] Grosso, G., Stepaniak, U., Topor-Mądry, R., Szafraniec, K., Pająk, A. (2014). Estimated dietary intake and major food sources of polyphenols in the Polish arm of the HAPIEE study. *Nutrition.*, vol. 30, no. 11-12, p. 1398-403.
- [28] Pérez-Jiménez, J., Fezeu, L., Touvier, M., Arnault, N., Manach, C., Hercberg, S., Galan, P., Scalbert, A. (2011). Dietary intake of 337 polyphenols in French adults. *Am J Clin Nutr.* ,vol. 93, no. 6, p. 1220-8.
- [29] Ovaskainen ML, Törrönen R, Koponen JM, Sinkko H, Hellström J, Reinivuo H, Mattila P. Dietary intake and major food sources of polyphenols in Finnish adults. *J Nutr.* 2008 Mar;138(3):562-6.
- [30] Saura-Calixto, F., Gon, I. (2006). Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. *Food Chem.*, vol. 94, no. 3, p. 442-447.
- [31] Miranda, AM., Steluti, J., Fisberg, RM., Marchioni, DM. (2016). Dietary intake and food contributors of polyphenols in adults and elderly adults of Sao Paulo: a population-based study. *Br J Nutr.*, vol. 115, no. 6, p. 1061-70.
- [32] Scalbert, A., Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *J Nutr.*, vol. 130, no. 8S Suppl, p. 2073S-85S.
- [33] Turati, F., Carioli, G., Bravi, F., Ferraroni, M., Serraino, D., Montella, M., et al. (2018). Mediterranean Diet and Breast Cancer Risk. *Nutrients.*,vol. 10, no. 3.
- [34] Trichopoulou, A., Costacou, T., Bamia, C., Trichopoulos, D. (2003). Adherence to a Mediterranean diet and survival in a Greek population. *N Engl J Med.*, vol. 348, no. 26, p. 2599-608.

- [35] Linseisen, J., Rohrmann, S., Miller, AB., Bueno-de-Mesquita, HB., Büchner, FL., Vineis, P. et al.(2007). Fruit and vegetable consumption and lung cancer risk: updated information from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *Int J Cancer.*, vol. 121, no. 5, p. 1103-14.
- [36] Leenen, R., Roodenburg, AJ., Tijburg, LB., Wiseman, SA. (2000). A single dose of tea with or without milk increases plasma antioxidant activity in humans. *Eur J Clin Nutr.*, vol. 54, no. 1, p. 87-92.
- [37] Boocock, DJ., Faust, GE., Patel, KR., Schinas, AM., Brown, VA., Ducharme, MP., Booth, TD., Crowell, JA., Perloff, M., Gescher, AJ., Steward, WP., Brenner, DE. (2007). Phase I dose escalation pharmacokinetic study in healthy volunteers of resveratrol, a potential cancer chemopreventive agent. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.*, vol. 16, no. 6, p. 1246-52.
- [38] Luo, H., Tang, L., Tang, M., Billam, M., Huang, T., Yu, J., Wei, Z., Liang, Y., Wang, K., Zhang, ZQ., Zhang, L., Wang, JS. (2006). Phase IIa chemoprevention trial of green tea polyphenols in high-risk individuals of liver cancer: modulation of urinary excretion of green tea polyphenols and 8-hydroxydeoxyguanosine. *Carcinogenesis.*, vol. 27, no. 2, p. 262-8.
- [39] Schwartz, JL., Baker, V., Larios, E., Chung, FL. (2005). Molecular and cellular effects of green tea on oral cells of smokers: a pilot study. *Mol Nutr Food Res.*, vol. 49, no. 1, p. 43-51.

Adresa autora: Vesna Nađalin, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Đorđa Stratimirovića, Zrenjanin, Republika Srbija
 e-mail: vesna.nina@gmail.com
 Rad primljen: jul 2019.
 Rad prihvaćen: septembar 2019.



КИРИЛО САВИЋ
(1870 – 1957)

Пројектант и
градитељ великих
железничких пруга,
мостова и објеката у
Русији, Србији и
Југославији.

Универзитетски
професор, академик,
министар. Велики
родољуб, учесник
Балканског и Првог
светског рата.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXIV, Број 31, септембар 2019. год.
Year XXIV, Issue 31, September 2019. year

ЕНЕРГЕТИКА

Одговорни уредник
Проф.др Јасмина Пекез
Технички факултет "Михајло Пупин"
Зрењанин

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

KORIŠĆENJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U SRBIJI I SVETU

USING THE RENEWABLE ENERGY SOURCES IN SERBIA AND IN THE WORLD

MARIJA NEDIC¹
JASNA TOLMAC¹
SLAVICA PRVULOVIC¹
DRAGISA TOLMAC²

¹University of Novi Sad, Technical faculty „Mihajlo Pupin”, Zrenjanin, Serbia

²University of Nikola Tesla, Belgrade, Faculty of Management, Sremski Karlovci, Serbia

REZIME

Налазимо се на крају епохе у којој фосилна горива, конвенционални и необновљиви извори енергије не могу бити основа за планирање нашег развоја. Због тога, док сви ови извори не пресуше, неопходно је тражити и увести у употребу неке нове изворе а то је тренутак када људи покрећу природу или обновљиве изворе енергије. Обновљиви извор енергије је непресушиви енергетски извор који се добија из природе и који је обновљив у сигурном временском интервалу. У овом раду представили смо компарацију неких различитих облика обновљивих извора енергије који се користе у Србији на супрот неких који се користе у свету. Такође смо приказали и неке регионе на територији Србије који имају добре потенцијале за коришћење различитих облика ОИЕ.

Кључне речи: обновљиви извори енергије, природни ресурси, Србија, свет

ABSTRACT

We are at the end of one epoch when fossil fuels, conventional or non-renewable energy sources can not be the basis for our future development planning. Consequently, since all of these resources are exhausted, it is necessary to look for and bring in some new sources of energy in usage, and it is the moment when a person turns to nature or to renewable energy sources. Renewable energy sources are inexhaustible energy sources that are obtained from nature and are renewed at a certain interval of time. In this paper, we will present the comparison of some different types of renewable energy sources that are used in Serbia, opposed to those that are used in the world, also we will show some regions on the territory of Serbia which has a good potential for some different types of the RES.

Key words: Renewable energy sources, comparing, natural resources, Serbia, world.

1. INTRODUCCION

Renewable energy sources have significant potential for improving the development of humanity. Energy from renewable sources - water, wind, sun and biomass, among others - can facilitate access to clean and safe energy for millions of people. It can provide an incentive for social and economic development, helping to cope with environmental challenges, and has a key role in successfully dealing with climate change. First of all, we need to define what renewable energy sources are. Renewable energy sources are inexhaustible energy sources of nature that are renewed at a certain time interval, in whole or in part. These energy sources are used for the production of electrical, thermal and mechanical energy, and their significant sustainability is environmental harmony, with reduced or reducing CO₂ emissions in the process of energy production. The usage of these elements are now the most important thing for us because we exhausted some of existing sources of energy. [1,3]

Renewable energy sources can be divided into two categories:[2]

- Traditional renewable energy sources like: biomass and energy of large hydropower plants
- „ New renewable energy sources“ such as energy of Sun, wind energy, geothermal energy, etc.

The development of renewable energy sources, especially from wind, water, sun and biomass, is important for several reasons:[2]

- These energy sources play a very important role in reducing carbon dioxide (CO₂) emissions into the atmosphere. This is also an important part of the European Union's policy.
- Increasing the contribution of renewable energy sources we increase the energy sustainability of a country's system. At the same time it helps to improve the security of

energy delivery and thus reduces the dependence on imports of energy raw materials as well as electricity,

- Renewable energy sources are expected to become economically competitive with conventional energy sources in due course.

Today, new energy sources produce only a small part of the world's total energy. This share in the future should increase considerably as non-renewable energy sources are getting smaller and their reserves are on the brink, and their detrimental impact is more and more pronounced in the last few years. The Sun, without whom there is no life on our planet, gives Earth several thousand times more energy than mankind is able to spend at the current stage of development. Everything is in favor of the fact that renewable sources can and must start to be better exploited and that if we do wisely, we do not have to worry about energy after fossil fuels.

2. RENEWABLE ENERGY SOURCES IN SERBIA

Renewable energy sources are the main backbone of Serbia's energy independence in the future. The total potential of energy from renewable sources can satisfy a quarter of the annual needs of Serbia. The total technically available potential of renewable energy sources in the Republic of Serbia is estimated at 5.65 million ten for the year. Of this potential, 1,054 million ten of biomass (mainly firewood) and 909 thousand ten of hydroelectric power plants. As we said before, biomass presents a huge energetic potential for Serbia. [4,5]

The potential of biomass is estimated at 3.448 million ten and in the total potential of RES accounts for 61%. Of this potential, the greatest part is the potential of wood biomass - 1.53 million ten and the potential of agricultural biomass - 1.67 million ten (residues in farming, livestock breeding, fruit growing, viticulture and primary fruit processing), while the potential of

biodegradable municipal waste is estimated at 205 thousands of ten. Biodegradable waste (excluding municipal waste) consists of waste edible oils and animal waste (waste slaughterhouse waste) in the total amount of 0.043 million ten / year. Wood biomass is mainly in the area of central Serbia, and agricultural biomass in the area of Vojvodina. However, while the degree of utilization of potential is wood (forest) biomass is relatively high (66.7%), the potential of agricultural biomass is slightly used (~ 2%), while the potential of biodegradable municipal waste is not used at all. [4,5]

The total theoretically available hydropower potential of the waters that flow on the territory of the Republic of Serbia is around 25,000 GWh / year. The largest part of the hydro-potential (over 70%) is concentrated only on several watercourses with a potential above 1,000 GWh / year: Danube, Drina, Velika Morava, Lim and Ibar. On the other hand, on several rivers in the Republic of Serbia, hydro power potential will only be able to be partially used, due to the priority of water management of water, because some rivers are planned as sources of regional water supply systems: Toplica, Crni Timok, Rasina, Studenica, Veliki Rzav, Mlava, Lepenac, etc. The technically usable potential in the Republic of Serbia is around 19.5 TWh / year, of which about 17.7 TWh / year at facilities greater than 10 MW. So far 16 hydropower plants have been built and produced on average about 10.5 TWh per year. The total technical potential of hydroelectric power plants up to 10 MW is estimated at around 1,800 GWh per year.

Wind energy in the Republic of Serbia can be used in the area of the Kosavsko area, southern Banat, the area of eastern Serbia, the eastern side of Kopaonik, the area of Zlatibor and Pešter and on the location of mountain-crossings that have elevation above 800 m. For the clearer understanding of the potential, it is necessary to continue to devote wind measurements (started in southern Banat and eastern Serbia) in order

to produce wind atlas, as one of the conditions for investing in wind power generation capacities. The technically usable wind potential is determined on the basis of the existing technical possibilities of the electric power system to take this energy. Additional assumptions in determining the potential are that the maximum variation of wind power generation will not coincide with the maximum variations in the production of electricity from solar power plants and that the maximum variation will not exceed 90% of the total installed capacity. This means that in the installed capacities it is possible to have 500 MW with the current size of the tertiary power reserve, which can be provided in thermal power plants and accumulation hydroelectric power plants. Considering the maximum possible production of wind farms with this installed power, they can count on their maximum technically usable potential of 1,200 GWh / year (0,103 Mtoe / year).[4,5]

Energy of the Sun represents the energetic potential of the Republic of Serbia, which can be used for the production of heat or electrical energy. The huge part of the territory of the Republic of Serbia, the number of hours of solar radiation is significantly higher than in many European countries (between 1,500 and 2,200 hours per year). The average intensity of solar radiation in the territory of the Republic of Serbia ranges from 1.1 kWh / m² / day in the north to 1.7 kWh / m² / day in the south - during January, and from 5.9 to 6.6 kWh / m² / day - during July. Annually, the average value of the energy of radiation is 1,200 kWh / m² / year in northwestern Serbia, up to 1,550 kWh / m² / year in southeastern Serbia, while in the central part it is about 1,400 kWh / m² / year. The technically usable energy potential for the conversion of solar energy into heat energy (for the preparation of hot water and other purposes) is estimated at 0,194 million ten yearly, assuming the use of solar thermal collectors in 50% of available facilities in the country.[4,5]

The Republic of Serbia is located in the zone of favorable geothermal potentials and resources. Geothermal energy implies petrothermal and hydrogeothermal energy resources that the Republic of Serbia has abundantly used. The use of geothermal energy for heating and other energy purposes in the Republic of Serbia is at an early stage and very modest in terms of potential and resources. The geothermal potential of the Republic of Serbia clearly shows the existence of a large number of spas and natural springs with water temperatures greater than 30 ° S, and a different degree of natural diversity. Based on the existing measurements, the heat flux is above the average for Europe (60 mW / m2), or ranges from 80 to 120 mW / m2. Natural and artificial sources of thermal water have been identified in the territory of more than 60 municipalities. The water temperature is usually in the range of 40 ° S, and only in the territory of six cities / municipalities (Vranje, Sabac, Kuršumljija, Raska, Medveđa, Apatin) the water temperature is over 60 ° S. Average water flows from existing sources and wells are on average up to 20 l / s. At several locations, the flow of water exceeds 50 l / s (Bogatic, Kuršumljija, Pribojska Banja, Niška Banja), and only at one location the flow of water exceeds 100 l / s (Banja Koviljača). The total thermal power that could be obtained by utilizing all existing thermal water sources is about 216 MWt, with the production of thermal energy of 180 thousand ten. Significant but unimaginable geothermal potential lies in the use of negative and sedimented oil and gas wells in Vojvodina, where the exploitation is completed.[4,5]

These are all the most recent facts related to the RES in Serbia, but to see that Serbia had progression on this way, on figure 1. we would show the facts related to the RES from 2012.

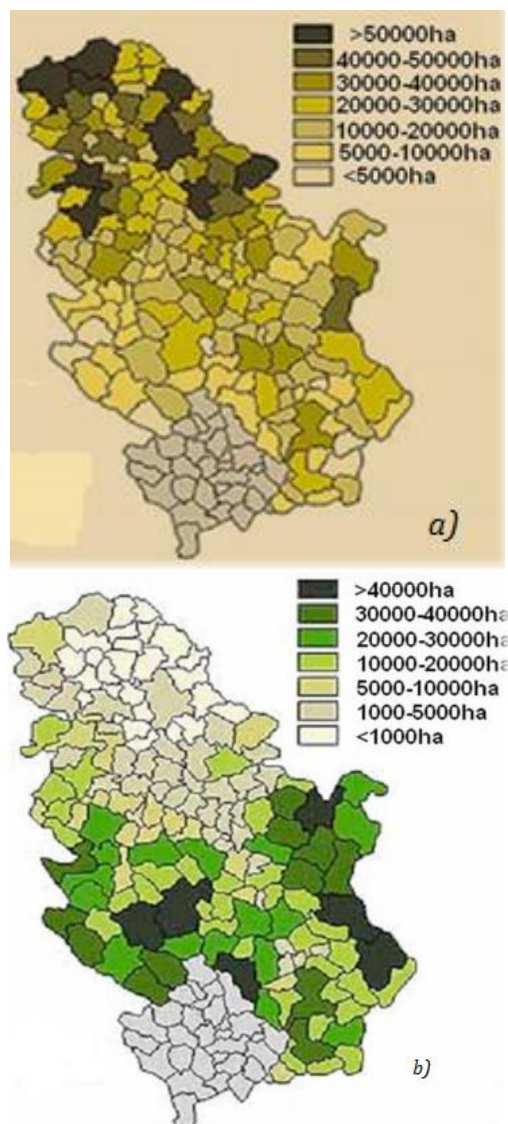


Figure 1. a) and b). Potential for some parts of Serbia for using the RES and the numbered datas from 2012.- a)sources of biomass - arable lands, b)sources of biomass – surface with the forests, c) hydroenergy - total power of small hydropower plans, d) areas with a large number of sunny hour - annual average of the daily energy of global radiation on the horizontal surface, e) wind energy – average annual wind power at 100m, f) geothermal energy - total power from geothermal sources[1]

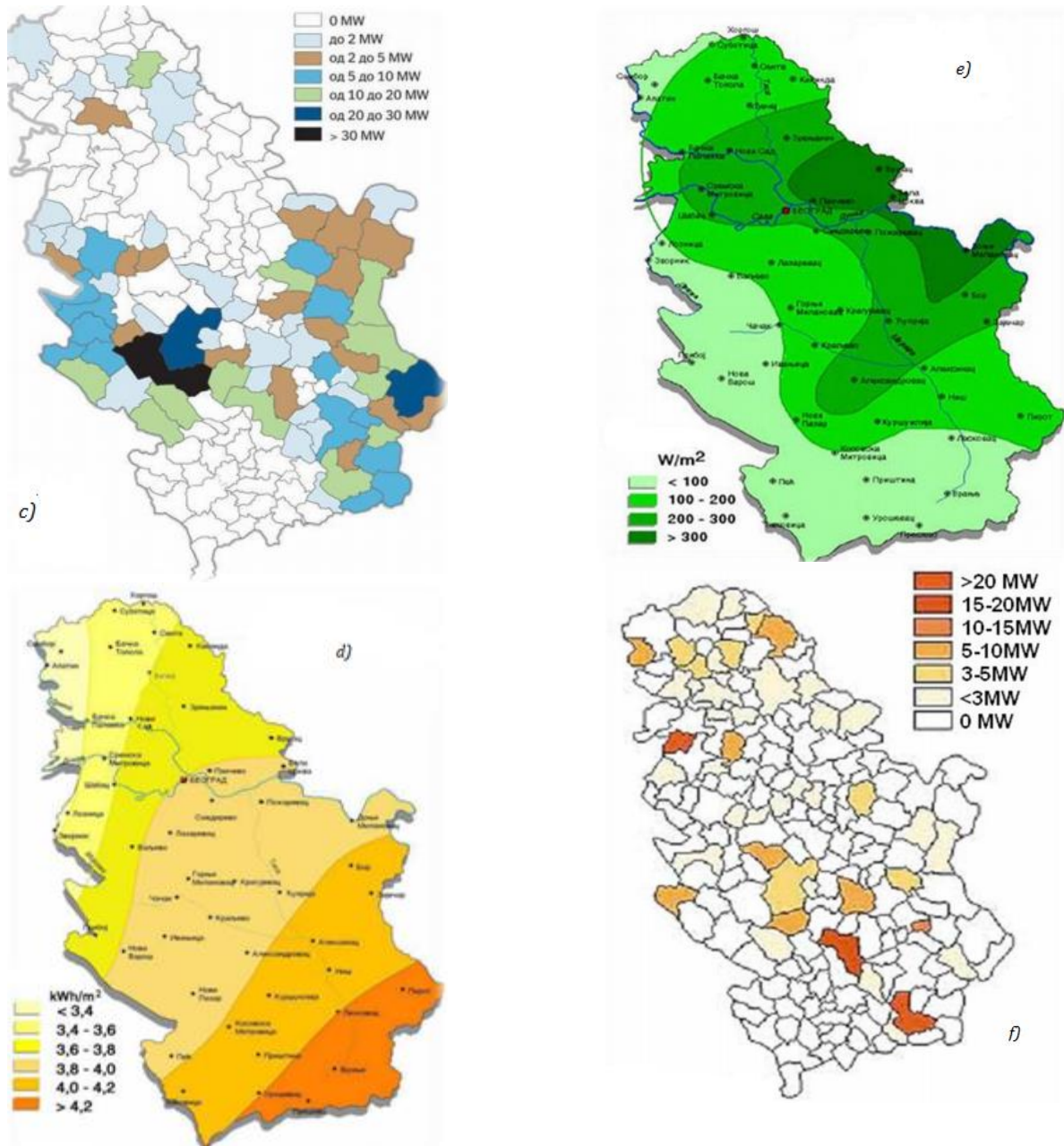


Figure 1. c) d) e) and f) Potential for some parts of Serbia for using the RES and the numbered datas from 2012.- a) sources of biomass - arable lands, b) sources of biomass – surface with the forests, c) hydroenergy - total power of small hydropower plans, d) areas with a large number of sunny hour - annual average of the daily energy of global radiation on the horizontal surface, e) wind energy – average annual wind power at 100m, f) geothermal energy - total power from geothermal sources[1]

3. RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE WORLD

Renewable technologies include hydropower, solar, wind, geothermal and modern biofuel production (including modern forms of waste-to-biomass conversion). The change & mix of modern renewable consumption over the last 50

years is shown in the figure 2. below. This is measured in terawatt-hours per year and can be viewed across a range of countries and regions. Globally, the world produced approximately 5.9 TWh of modern renewable energy in 2016. This represents a 5 to 6-fold increase since the 1960s. Here we see that hydropower remains the dominant form of modern renewables consumption,

accounting for almost 70 percent. Despite absolute growth in production, hydropower's

share is, however, declining as other renewable technologies grow.[6,7]

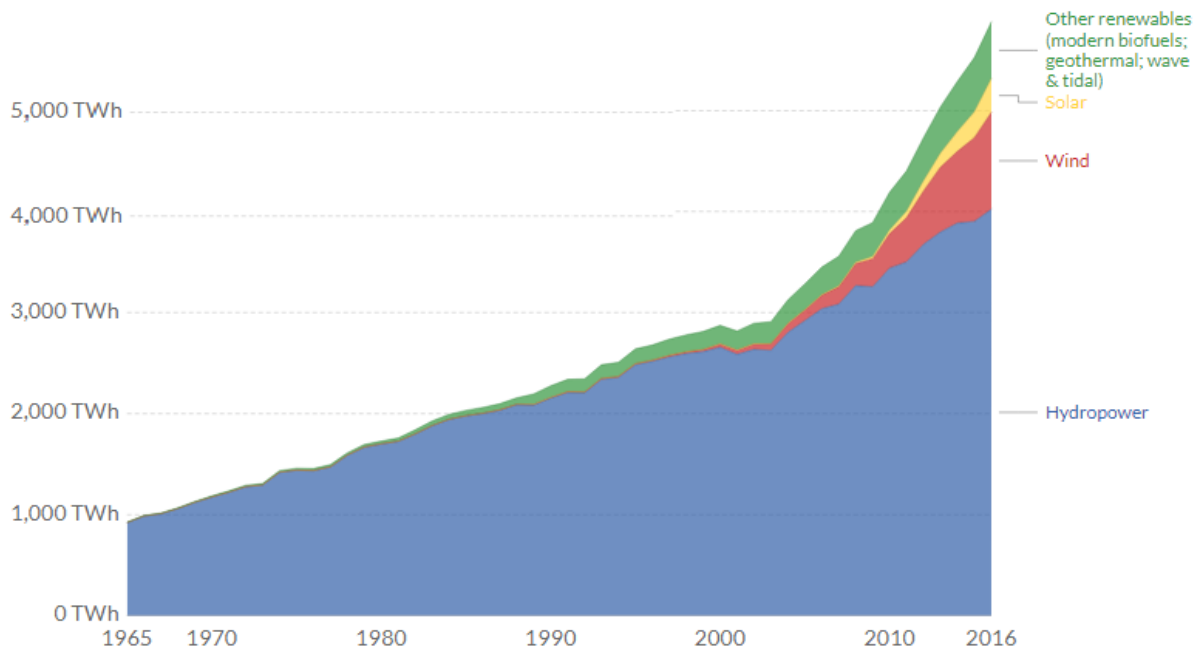


Figure 2. Modern renewable energy consumption over the last 50 years in the world [6]

The concept of renewable energy applications will only continue to grow as the years go by, which can be seen in Figure 3. On figure 3. we can see the predictions for the periods of 2017 to 2023. The share of renewables in meeting global energy demand is expected to grow by one-fifth in the next five years to reach 12.4% in 2023. Renewables will have the fastest growth in the electricity sector, providing almost 30% of power demand in 2023, up from 24% in 2017. During this period, renewables are forecast to meet more than 70% of global electricity generation growth, led by solar PV and followed by wind, hydropower, and bioenergy. Hydropower remains the largest renewable source, meeting 16% of global

electricity demand by 2023, followed by wind (6%), solar PV (4%), and bioenergy (3%).[]

While growing more slowly than the power sector, the heat sector – which includes heating for buildings or industry – will account for the biggest overall share of renewables in meeting energy demand in 2023. Renewable heat consumption is expected to increase by 20% over the forecast period to reach a share of 12% of the heating sector demand by 2023. However, a modest increase in the share of renewable heat is foreseen, as robust growth in total heat demand is expected to result from continuous economic and population growth.[8]

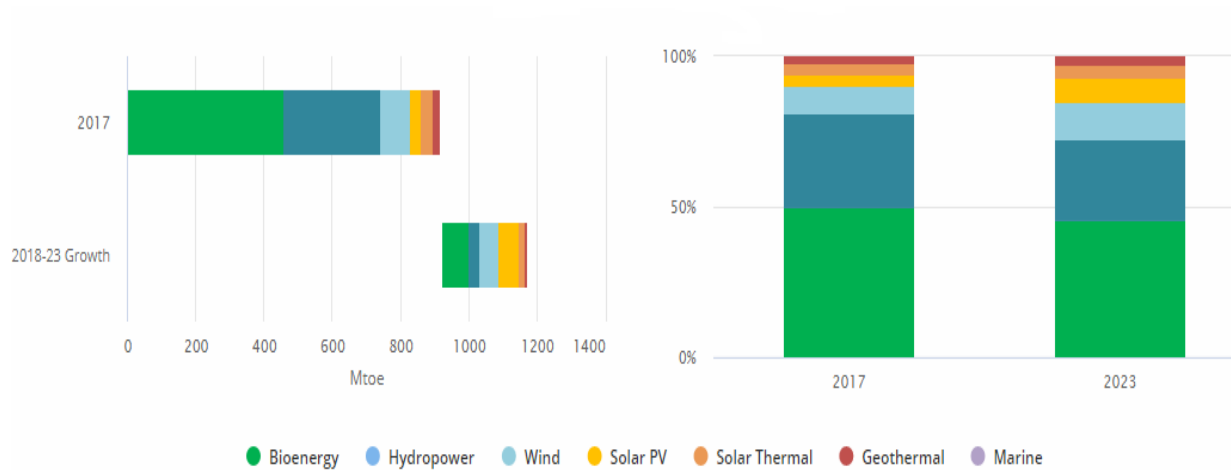


Figure 3. Renewable energy consumption for the period 2017 – 2023 in the world [8]

Renewable energy sources represent the future of every country that wants to sustain development and represents the general field that needs to be invested in the great

powers. It is important to note what are the leading world countries that are at the top of the use of renewable energy sources. These countries are shown in Figure 4.

	1	2	3	4	5
Investment in renewable power and fuels (not including hydro over 50 MW)	China	United States	Japan	India	Germany
Investment in renewable power and fuels per unit GDP ¹	Marshall Islands	Rwanda	Solomon Islands	Guinea-Bissau	Serbia
🔌 Geothermal power capacity	Indonesia	Turkey	Chile	Iceland	Honduras
💧 Hydropower capacity	China	Brazil	India	Angola	Turkey
☀️ Solar PV capacity	China	United States	India	Japan	Turkey
☀️ Concentrating solar thermal power (CSP) capacity ²	South Africa	-	-	-	-
🌬️ Wind power capacity	China	United States	Germany	United Kingdom	India
☀️ Solar water heating capacity	China	Turkey	India	Brazil	United States
🚰 Biodiesel production	United States	Brazil	Germany	Argentina	Indonesia
🍷 Ethanol production	United States	Brazil	China	Canada	Thailand

Figure 4. Top five countries for annual investments, net capacity and for production based on using the RES in 2017. [10]

4. CONCLUSION

As we said renewable energy sources have significant potential for improving the development of humanity. Energy from renewable sources - water, wind, sun and biomass, among others - can facilitated access to clean and safe energy for millions of people. It can provide an incentive for social and economic development, helping

to cope with environmental challenges, and has a key role in successfully dealing with climate change.

The use of RES in the world has seen a significant increase in all sectors and global investments in RES set new record. And this trend is striving to grow even more. Serbia has significant energy potential in this area, but resources are underused in relation to the rest of the world.

5. REFERENCES

- [1] Despotović, Ž., Renewable energy sources – situations and perspectives in Serbia and in the world, presentations, Belgrade, 2012.
- [2] <https://www.industrija.rs/vesti/clanak/oi-e-energija-buducnosti>
- [3] Buchla, D., Kissell, T., Floyd, T., Renewable energy systems, Pearson, 2014.
- [4] http://www.rsjp.gov.rs/strategija_razvoja_energetike_do_2025.pdf
- [5] Brnabić, A., Turković, M., Roadmap for the development of renewable energy sources in Serbia and the environment: consideration of energy policy in the field of renewable energy sources, Center for International Cooperation and Sustainable Development (CIRSD)., Alta Nova, Belgrade, 2015.
- [6] <https://ourworldindata.org/renewable-energy#references>
- [7] Renewable Energy, International Energy Agency, 2002.
- [8] <https://www.iea.org/renewables2018/>
- [9] Đereg, N., Kalmar Krnjanski Jović, Z., Apostol, I., Renewable energy sources in Serbia, recommendations, potentials and criteria, center for ecology and sustainable development, Subotica, 2008.
- [10] http://www.ren21.net/wpcontent/uploads/2018/06/178652_GSR2018_FullReport_web.pdf

Adresa autora: Marija Nedić, University of Novi Sad, Technical faculty „Mihajlo Pupin”, Zrenjanin, Serbia, Djordja Stratimirovica, Zrenjanin, Serbia
e-mail: marijanedicmn@gmail.com
Rad primljen: jul 2019.
Rad prihvaćen: septembar 2019.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXIV, Број 31, септембар 2019. год.
Year XXIV, Issue 31, September 2019. year

МЕНАџМЕНТ

Одговорни уредник
Проф.др Дејан Молнар
Економски факултет
Београд

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

MENADŽMENT I SISTEM FINANSIRANJA ZDRAVSTVENOJ ORGANIZACIJI

MANAGEMENT AND FINANCING SISTEM IN THE HEALTHCARE ORGANIZATION

ZDRAVKO ŽDRALE
JELENA MEDIĆ-SIMOVLJEVIĆ
Zavod za javno zdravlje Zrenjanin

REZIME

U uvodnom delu rada izložene su osnovne definicije i istaknuta je uloga i značaj sistema zdravstvene zaštite. Podela sistema izvršena je prema ekonomskim kriterijumima, strukturi, načinu upravljanja, društveno političkom uređenju i finansiranju. Navedeni su osnovni principi i funkcije menadžmenta sa posebnim osvrtom na njegove specifičnosti u zdravstvu. Finansijska stabilnost zdravstvenog sistema treba da obezbedi njegovo nesmetano funkcionisanje. Izvršena je analiza različitih modela organizovanja zdravstvenog osiguranja. Izložene su prednosti i mane postojećeg sistema finansiranja zdravstvenog osiguranja u Srbiji.

Ključne reči: menadžment, sistem zdravstvene zaštite, modeli finansiranja zdravstvenog osiguranja

ABSTRACT

In the introductory part of the paper, basic definitions are outlined and the role and importance of the health care system are highlighted. The division of the system was done according to economic criteria, structure, method of management, socio-political organization and financing. The basic principles and function of management are given with special reference to its specificities in healthcare. The financial sustainability of the healthcare system should ensure its smooth functioning. Different models of organizing health insurance have been analyzed. The advantages and disadvantages of the existing health insurance financing system in Serbia.

Key words: FSW, TIG, MIG, preparation of materials.

1. UVOD

Zdravstveni sistem je jedan od podsistema društva.

Radi i bavi se zaštitom zdravlja ljudi u svim aspektima, tokom čitavog životnog veka, od rođenja do smrti.

U svim društvima cilj je isti, a to je da zdravstveni sistem bude što efikasniji i što efektivniji. Zdravstveni sistem treba da

odgovara ekonomskim mogućnostima društva. Težnja je da što manje košta, pokrije što je moguće veću društvenu populaciju i ponudi odgovarajući kvalitet.

Nema univerzalnog recepta.

Jedan od društvenih podsistema koji je najteže organizovati, idealan ne postoji nigde na svetu.

Zdravstveni sistem čine ustanove koje pružaju zdravstvene usluge (bolnice, domovi

zdravlja, zavodi i instituti), zatim sektori, institucije, ministarstva i organizacije koje imaju uticaj na osnovni cilj i svrhu njegovog postojanja-unapređenje i očuvanje zdravlja ljudi.

Zdravstveni sistem je prema definiciji SZO „ skup svih organizacija, institucija i resursa posvećenih i usmerenih ka preduzimanju akcija čija je osnovna svrha poboljšanje, očuvanje ili obnavljanje zdravlja ljudi“.

Najčešća podela sistema zdravstvene zaštite je:

- Podela po ekonomskim kriterijumima
- Podela po administrativnoj strukturi
- Podela po upravljanju
- Podela prema društveno-političkom uređenju
- Podela prema načinu finansiranja

Po ekonomskim kriterijumima, odnosno, količini novca koji se izdvaja po glavi stanovnika, zdravstveni sistemi se dele na:

1. Sistemi razvijenih zemalja (preko 1500\$ po glavi stanovnika)
2. Sistemi zemalja u razvoju (zemlje u tranziciji)
3. Sistemi nerazvijenih zemalja (siromašne zemlje koje minimalno izdvajaju za zdravstvenu zaštitu).

Podela sistema zdravstvene zaštite po ekonomskoj strukturi:

1. Državni
2. Privatizovani
3. Čitav spektar između državnog i privatizovanog sistema

Podela po upravljanju:

1. Centralizovani
2. Decentralizovani
3. Pluralistički i monistički

Društveno-politički kriterijum obuhvata dominantnu ideologiju, norme i vrednosni sistem u jednoj zemlji.

Najčešće korišćena podela je prema načinu finansiranja koju je dala Organizacija

za ekonomsku saradnju i razvoj (OECD) 1987. godine na osnovu postignutog obuhvata, dominantnog načina finansiranja, dominantnog vlasništva nad zgradama i opremom:

1. Beveridge model
2. Bizmarkov model
3. Semaškov model
4. Model privatnog osiguranja
5. Medicinski štedni računi

2. MENADŽMENT U ZDRAVSTVENOM SISTEMU

Zdravstveni sistem predstavlja onu životnu oblast, kako vezano za pojedinca, tako i za celo društvo u kome do posebnog izražaja dolazi potreba za uspešnim menadžmentom.

Menadžment je multidisciplinarna veština, tj. nauka i veština i može se definisati kao proces upravljanja i rukovođenja organizacijom.

Reč menadžment je preuzeta iz engleskog jezika, a potiče od italijanske reči rukovati i latinske reči ruka, tako da je adekvatan prevod reči menadžment kod nas rukovođenje.

Menadžment kao takav je neophodan u svim oblastima ljudskog delovanja, ali je od posebnog značaja u sistemu brige o ljudskom zdravlju- zdravlje na lestvici prioriteta i značaja u sistemu vrednosti nema niti konkurenciju, niti alternativu, a svima je dobro poznata sintagma: zdrav čovek ima stotinu želja, bolestan samo jednu jedinu!

Sušтина menadžmenta predstavlja kontinuirani proces traženja izbora i donošenja odluka koje su bazirane na činjenicama i relevantnim informacijama.

Menadžment stvara okvir za jednu zajedničku akciju svih subjekata unutar jedne radne organizacije, na čijem čelu je direktor (menadžer), koji u zdravstvenim organizacijama, ne mora da bude lekar, ili može da bude ali sa određenim znanjima o menadžmentu, ljudskim resursima, poslovnoj komunikaciji, finansijama.

Menadžer je dužan da ima proaktivni pristup, koji podrazumeva, da na osnovu svog znanja i iskustva prikuplja informacije i analizira ih. Zaključci menadžera koji proističu iz tih analiza, a na osnovu njegovog znanja i iskustva, što se odnosi i na njegove najbliže saradnike, osnova su za donošenje odluka. Od tih odluka zavise promene koje moraju imati svoju svrhu. To je unapređenje rada zdravstvene organizacije, ostvarenje što boljih rezultata na planu brige o zdravlju stanovništva određene regije, u svim njegovim aspektima. Savremeni svet se brzo menja, zahvaljujući, pre svega modernoj tehnologiji, što menadžera stavlja pred dodatne izazove. Taj zadatak je izuzetno težak, ali je neophodan i nemerljivo značajan.

Menadžer mora donositi odluke, formulisati akcioni plan, upoznati sa njim sve strukture radne organizacije. Neophodno je da menadžer (direktor) na adekvatan način motiviše i predvodi zaposlene u sprovođenju usvojenog akcionog plana. Na kraju, mora se raditi evaluacija rezultata i postignutih efekata, odnosno, ostvarenja ciljeva te zdravstvene organizacije. Menadžment predstavlja kontinuiran, cikličan proces sastavljen od nekoliko stepenica koje su temelj svakog menadžmenta i svaki put ih je potrebno nanovo preći.

Te stepenice su:

- a) Planiranje
- b) Sprovođenje (organizacija)
- c) Upravljanje poslovnim tokovima (kadrovska politika)
- d) Monitoring (liderstvo)
- e) Evaluacija postignutih rezultata (kontrola)

Važan resurs u menadžmentu je i vreme.

Planiranje je prema definiciji SZO „skup integrisanih aktivnosti usmerenih na ostvarivanje jednog ili više ciljeva“. Od uspešnosti planiranja zavisi uspeh ostalih komponenti menadžmenta. Planiranje predstavlja jedan kontinuiran proces u kome postoji potreba da se vremenski odredi period u kom se očekuju planske promene,

realizacija ciljeva, pa se prema ovom planovi dele na:

- Kratkoročne (operativne)
- Srednjoročne (petogodišnje)
- Dugoročne (15-20 godina)

Planira se da bi se smanjio stepen neizvesnosti i povećali izgledi za ostvarivanje željenog cilja.

Planiranje je nužno u zdravstvu zbog sve većih zdravstvenih potreba, ogromne zdravstvene potrošnje i limitiranih sredstava pa je neophodno usklađivanje potreba i mogućnosti.

Proces izrade plana ima sledeće korake:

1. Analiza podataka
2. Procena potreba
3. Izdvajanje prioriteta
4. Definisane ciljeve
5. Odabir strategije
6. Metode i sredstva
7. Evaluacione mere
8. Sprovođenje programa
9. Evaluacija
10. Izveštaj

Organizacija, kao komponenta menadžmenta obezbeđuje odgovarajuću podelu rada i raspodelu opreme. Organizacijom se uspostavlja „efikasan sistem rada“ posmatran kroz prizmu ekonomskih rezultata poslova.

Treća komponenta menadžmenta se odnosi na ljudske resurse. Upravljanje kadrovima podrazumeva:

- Identifikovanje neposrednih potreba ustanove za kadrovima
- Izbor potrebnih kadrova

Za uspešno rukovođenje je od posebnog značaja način prijema novog radnika, način saradnje i ocenjivanja.

Prosperitet zdravstvene ustanove zavisi prvenstveno od razvoja kadrova. Kadrovi se razvijaju kroz selekciju (identifikaciju najsposobnijih), stimulaciju (materijalnu i moralnu) i edukaciju (neprestano praćenje razvoja nauke i prakse).

Liderstvo je proces uticaja na zaposlene tako da se oni maksimalno zalažu da radeći zajedno dostignu grupne ciljeve. Za lidere se kaže da su menadžeri koji su korak ispred. U nekim definicijama se kaže da je lider „onaj koga pratimo do mesta na koje sami ne bismo stigli“. Uspešno liderstvo podrazumeva korišćenje raznih modela motivacije i komunikacije. Dobra komunikacija je od izuzetnog značaja jer se tako razvijaju ljudski odnosi. Dobra komunikacija sa ljudima pruža osećaj ličnog zadovoljstva, direktno utiče na kvalitet rada i na efektivnost i efikasnost na poslu. Lider treba da bude energičan, da ima želju za vođstvom, da bude pošten i samopouzdan, inteligentan i da ima relevantno poslovno znanje.

Kontrola je važan aspekt menadžmenta. Kontrola je nemoguća bez planiranja a planiranje besmisleno bez kontrole. Standardi koji se koriste u procesu kontrole moraju biti realni, relevantni i merljivi. Metode kontrole mogu biti: vizuelne, automatske, upotreba računara i mrežna analiza.

Zdravstvene ustanove su najkompleksnije za upravljanje. U našem okruženju na zdravstvo, poslednjih godina, deluje nepovoljno privredno okruženje, nepovoljni politički, ekonomski i socijalni pritisci. Ali i pored toga, što su za sve zdravstvene ustanove pritisci i negativni uticaji manje – više isti, one funkcionišu različito u pogledu kvaliteta svog rada, rešavanja svakodnevnih problema i ostvarenja zacrtanih strategijskih ciljeva, odnosno sprovođenja usvojenog akcionog plana. Te razlike potiču, uglavnom, od različitog kvaliteta menadžmenta koji se sprovodi u pojedinim zdravstvenim ustanovama i efikasnosti odnosno efektivnosti istog.

3. FINANSIJSKA ODRŽIVOST ZDRAVSTVENOG SISTEMA

Menadžment u kontekstu finansijske održivosti u zdravstvenom sistemu, odnosno,

u zdravstvenoj radnoj organizaciji mora da obezbedi:

- Implementaciju zacrtane i dogovorene zdravstvene politike
- Ostvarenje ciljeva: poboljšanje dostupnosti zdravstvenih usluga najširem krugu korisnika
- Po mogućnosti univerzalno pokriće
- Pravičan pristup zdravstvenoj zaštiti
- Finansijsku održivost zdravstvenog sistema
- Finansijsku stabilnost sistema zdravstvenog osiguranja

Postoje različiti oblici organizovanja sistema zdravstvenog osiguranja, a najčešći i najznačajniji su:

- a) Bizmarkov
- b) Beveridžov
- c) Semaškov (socijalistički)
- d) Tržišni (preduzetnički) model

Bizmarkov model je sistem socijalnog i obaveznog zdravstvenog osiguranja. Ovaj sistem je nastao po Otu Bizmarku 1883. godine u Nemačkoj. Poslodavci (kapitalisti) su puno gubili jer su morali da plaćaju novčane nadoknade zbog bolesti i povreda radnika. Tako je nastala ideja da se osnuje fond iz koga bi se crpila sredstva za ove potrebe. To je bila preteča današnjeg penziono-invalidskog i zdravstvenog osiguranja. Originalni Bizmarkov model podrazumevao je više bolesničkih fondova, privatne davaoce usluga i relativno malu ulogu države, ograničenu uglavnom na zakonsku regulativu. Sistem je bio obavezan samo za radnike s niskim prihodom i trebalo je da ih zaštiti od finansijskog rizika u slučaju bolesti. Ovaj sistem osiguranja osim Nemačke, ima i Austrija, Holandija, Francuska i Belgija.

U našoj zemlji dominantan je Bizmarkov model osiguranja. To je model obaveznog zdravstvenog osiguranja koje obezbeđuje univerzalno pokriće. Finansiraju se iz doprinosa zaposlenih kao osiguranika i poslodavaca. Doprinosi su određeni u obliku

procenta od zarade, odnosno, srazmerno visini primanja.

Prednost ovog sistema je u tome što se sredstva odvojena za zdravstvenu zaštitu mogu samo u te svrhe koristiti. Nedostatak je „sistem lepeze“, a to znači da nisu svi stanovnici pokriveni osiguranjem, već 60-80%. U dobro organizovanim zemljama je pokrivenost i do 95%, a kod nas 92-96%. Osiguranje pokriva samo „paket usluga“ a ne kompletnu zdravstvenu zaštitu.

Beveridžov model je nastao u Velikoj Britaniji. To je sistem nacionalne zdravstvene službe, odnosno, finansiranja iz budžeta. Karakteriše ga potpuni obuhvat stanovništva zdravstvenom zaštitom, finansiranje putem poreza, državno vlasništvo nad zgradama i opremom. Vilijem Beveridž je 1942. godine opisao sistem koji će omogućiti ravnopravnost i jednakost u korišćenju zdravstvene službe prema potrebama, a ne prema sposobnostima da plate uslugu. Velika Britanija je prva uvela ovaj sistem nacionalne zdravstvene službe 1948. godine, a potom Švedska, Norveška, Irska, Portugal, Španija, Kanada. Država je u obavezi svakom građaninu da obezbedi minimum zdravstvene zaštite. Ovim sistemom postoji potpuna pokrivenost stanovništva bar nekim vidom zdravstvene zaštite. Loše strane ovog sistema su da svaka država ima rebalans budžeta i nikada se ne zna koji će procenat biti izdvojen za zdravstvenu zaštitu (5% ili 7%).

Semaškov model je nastao u Sovjetskom Savezu 1918. godine u Lenjinovoj vladi. Mnogi smatraju da je ovaj model jedna od varijanti Beveridžovog modela, iako je nastao pre njega. Ovaj sistem nestaje 1989. godine rušenjem Berlinskog zida i raspadom socijalističkog bloka. Ovaj sistem nestaje s prostora Evrope i bivše socijalističke zemlje se mahom opredeljuju za sistem obaveznog zdravstvenog osiguranja. Danas jedino Kuba ima prepoznatljive karakteristike ovog sistema. Država ima značajnu ulogu u finansiranju sistema, kao i u obezbeđivanju zdravstvenih usluga stanovništvu. Lekar iz primarne zdravstvene zaštite funkcioniše kao

„čuvar kapije“ za ulaz u sistem, a izbor davalaca usluga je relativno ograničen.

Tržišni, odnosno, model privatnog osiguranja je nastao u SAD-u. Ima mali obuhvat stanovnika zdravstvenom zaštitom. Veliki je broj neosiguranih (oko 16%). Procenjuje se da u SAD-u preko 40.000.000 stanovnika nije osigurano. Pokrivene su jedino najstarije kategorije stanovništva i socijalno ugroženi (Medicare i Medicaid). Ovaj model se finansira iz fondova privatnog osiguranja. Vlasništvo nad zgradama i opremom je dominantno privatno. Pored SAD-a, varijante ovog modela su zastupljene u Švajcarskoj, Turskoj i nekim azijskim zemljama.

U javnom sektoru Republike Srbije glavni finasijer je RFZO. Glavni izazovi pred RFZO-om su sve veće potrebe starije populacije zbog negativnih demografskih trendova, odnosno, sve starije populacije, ali i zahtevi stanovništva za novim tehnologijama. To čini finansijska sredstva nedovoljnim i pored nepobitne činjenice sve većih izdvajanja RFZO-a iz godine u godinu.

4. ZAKLJUČAK

Menadžment u zdravstvenim ustanovama mora da se sprovodi u skladu sa zdravstvenom politikom i dovede do ostvarenja glavnih ciljeva: dostupnosti zdravstvene zaštite što većem broju osiguranika, po mogućnosti univerzalno pokriće, što veći nivo kvaliteta zdravstvene zaštite, ali uz maksimalno vođenje računa o finansijskoj održivosti zdravstvenog sistema u kontekstu različitih modela zdravstvenog osiguranja.

Akcenat menadžerskih aktivnosti treba da bude adekvatna iskoristljivost ljudskih resursa, ali uz maksimalno vođenje računa o kvalitetu života zaposlenih, njihovoj međusobnoj komunikaciji, pronalaženju načina što veće motivacije u radu i ostvarenju postavljenih realnih ciljeva, u skladu sa zacrtanom zdravstvenom politikom.

5. LITERATURA

- [1] Vesna Bjegović-Mikanović, Vladimir Bumbaširević, Bosiljka Đikanović, Jelena Đukić, Majk Iso, Don Hindl, Piter Hornbi, Dejvid Elis Dženkins, Majkl Džons, Jacek Klič, Nebojša Lalić, Nina Lukić, Manfred Mantej, Bojana Matejić, Alan Meknot, Majkl O'Rurk, Milena Šantrić Milićević, Sonja Novak, Zorica Terzić-Šupić (2011) Basics of menagement in the health care system. The Ministry of health of the Republic of Serbia.
- [2] Vukmanović LČ. Menadžment u zdravstvu: Politika i strategija zdravstvenog razvoja, Menadžment zdravstvenih programa i zdravstvenog sistema. Evropski centar za mir i razvoj-ECPD, Univerzitet za mir ujedinjenih nacija. Savremena administracija, Beograd; 1994.
- [3] Janković D. Zdravstveno osiguranje kao faktor troškova zdravstvene zaštite.
- [4] Weriserfelt B. A resource-based view of the firm. *Strategie menagement journal* 1984; 5; 171-80.
- [5] OECD. A system of health accounts version 1.0 Paris, 2000; p.13.

Adresa autora: Zdravko Ždrale, Zavod za javno zdravlje, Zrenjanin
e-mail: direktor1@zastitazdravlja.rs
Rad primljen: jul 2019.
Rad prihvaćen: septembar 2019.



КИРИЛО САВИЋ
(1870 – 1957)

Пројектант и
градитељ великих
железничких пруга,
мостова и објеката у
Русији, Србији и
Југославији.

Универзитетски
професор, академик,
министар. Велики
родољуб, учесник
Балканског и Првог
светског рата.

КИРИЛО САВИЋ



Кирило Савић је рођен 26.јануара 1870. године у Ивањици, Србија. Основну школу је завршио у родном месту а гимназију у Ужицу и Београду. Студирао је на Техничком факултету у Београду где је и дипломирао на смеру за грађевину 1892.године. Министарство грађевине Србије упутило га је на даље усавршавање у Берлин у Високу техничку школу Цхарлоттенбур коју је са одличним успехом завршио 1896. године.

Након повратка у Србију Министарство га, у циљу практичног рада, шаље у Русију. Тамо се бавио пројектовањем и грађењем великих железничких пруга и објеката. Две године је провео на изградњи железничке пруге Тифлис-Карс на Кавказу. Почетком 1899. вратио се у Србију, у Министарству грађевине је био ангажован на пројектовању и изградњи мостова и грађевинских објеката. У Русију се враћа 1902.године због изградње железничке пруге Александропољ-Ереван-Џуљфа. Након четири године поново се вратио у Србију. Почетком 1906. године изабран је за ванредног професора на Техничком факултету у Београду и отада отпочиње и његова академска каријера. Истовремено је у Управи за железнице постављен на место начелника.

Године 1912. поново одлази у Русију али се убрзо враћа како би као резервни официр учествовао у Балканским ратовима (1912-1913.год.). Када су се ови ратови завршили на кратко се враћа у Русију због изградње железничке пруге на Кавказу. Године 1914. избија Први светски рат и Кирило Савић долази у Србију како би као резервни инжењерски капетан учествовао у њему. С обзиром да је био искусан грађевинац његов допринос српској војсци био је веома драгоцен и значајан. По одобрењу Врховне команде српске војске још једном одлази у Русију како би радио на изградњи железничке пруге на руско-турској граници. Ту га је затекла и Октобарска револуција. Године 1922. враћа се у своју земљу која се сада зове Југославија. Добио је поново радно место професора и шефа катедре за железнице и путеве на Техничком факултету у Београду.

Највећи радни допринос Кирила Савића био је у области савременог пројектовања и грађења железничких пруга и путева. Као професор Универзитета одшколовао је велики број познатих и цењених стручњака. На овим пословима Кирило остаје све до избијања Другог светског рата 1941. године. Након завршетка рата био је биран за посланика и

члана Уставотворне скупштине. Јануара 1946. године именован је за министра без ресора у Савезној влади Југославије. Изузетно је био активан на изради студија и пројеката великих и важних железничких пруга у земљи: Брчко-Бановићи, Шамац-Сарајево, Сарајево-Плоче и Београд-Бар.

Својим научним, стручним и практичним знањима Кирило Савић је имао веома велики, значајан и одлучујући утицај на развој наших железница између два светска рата. Посебно треба нагласити да је сва своја огромна знања увек стављао у службу своје земље. Ангажовањем на Београдском Универзитету одлучујеће утицао на формирање грађевинских инжењера. Несебично је на младе преносио своје богато искуство пројектанта, градителја и научника. Није се активно бавио политиком али је био члан Земљорадничке странке и њеног главног одбора. Разумео је тежак положај сељака и борио се да се то стаље поправи.

За огроман допринос научном развоју железница и железничке технике Кирило Савић је добио многобројна научна и друштвена признања:

- Српска академија наука и уметности изабрала га је 1948. године за дописног члана,
 - Техничка велика школа у Београду доделила му је почасни докторат техничких наука.
 - Железнички институт у Београду године 1960. преименован је у Институт „Кирило Савић“.
 - Основна школа у Ивањици носи његово име.
 - Улици у Београду, на Бањици, такође је додељено његово име.
- За целокупан стручни, научни и друштвени рад одликован је Орденом белог орла (1915), Орденом југословенске круне (1938), Орденом рада првог реда.

Кирило Савић је умро у Београду 27. априла 1957. године.

ИНЖЕЊЕРСКЕ ЛЕГЕНДЕ ЗРЕЊАНИНА

Друштво инжењера Зрењанина је у 2019. години за изузетан допринос развоју инжењерске струке за ИНЖЕЊЕРСКУ ЛЕГЕНДУ ЗРЕЊАНИНА прогласило Цвију Шарића дипломираног инжењера пољопривреде.



Цвијо Шарић

Цвијо Шарић је рођен 17.06.1938. године у селу Јакир у општини Гламоч.

По навршеној трећој години живота, јуна месеца 1941. године преживљава усташки погром, рањавање и губитак оца. Као сви његови из краја до 1945. године живи у збеговима.

Године 1945. са преосталим члановима породице долази у Банатски Деспотовац у околини Зрењанина.

Основну школу завршава у Деспотовцу и Јаши Томићу а једну годину у Зрењанину. Уписује пољопривредну школу у Футогу и након њеног завршетка почиње да ради у Граничару у Конаку. Годину дана проводи на месту руководиоца производње. Као успешног радника предузеће му даје стипендију и шаље га на студије на Пољопривредни факултет у Новом Саду. После завршеног факултета враћа се у стари колектив и ту почиње његов успешан рад као инжењера. У Граничару а затим у Победи из Боке ради у ратарској и сточарској производњи и свуда оставља неизбрисив траг.

У ОУР Златица РО ПД Зрењанин прелази 01.08.1978. године на место директора и ту остаје до 15.07.2001. године када одлази у пензију.

Доласком Цвије Шарића Златица доживљава златни период.

За насеље и имање Златица слободно се може рећи да су творевине и продукт нове социјалистичке Југославије. То је део атара Општине Зрењанин који се налази на 16 км, источно од града, пута и железничке пруге Зрењанин – Вршац.

Пољопривредно огледно добро Златица основано је 01.05.1949. год. на подручју 29 салаша и на крилима ентузијазма људи који су долазили из свих делова тада ратом разорене земље „трбухом за крухом“.

Од оснивања до 1963. год. Златица је пословала као самостално пољопривредно добро, а те године приступа ПД „Зрењанин“ -у које је у саставу ИПК „Серво Михаљ“ Зрењанин.

Све до 1960. год. Златица је имала око 1.700 ха ораница и значајан сточни фонд. Тада се имању „Златица“ припајају ПД „Шозов“ из Ботоша и сељачка радна задруга „Романија“ из Лазарева.

Од тог времена почиње сасвим друга етапа развоја како имања тако и насеља. Упоредо су грађени савремени објекти за пољопривредну производњу и објекти за становање радника. Све је рађено плански и врло успешно.

На „Златици“ су у том периоду створени услови за савремену биљну производњу, набавку механизације, примену најсавременије агротехнике, градњу машинске радионице. Такође се стварају сви услови за сточарство: граде се нови објекти за држање музних крава и за одгој приплодних крмача. Тада су постављени темељи да се никада не угаси сточарска производња на „Златици“, а да ратарство постиже само рекордне приносе. Организује се ратарска производња на 3.800 ha са потребном механизацијом, што је пресудно за остваривање рекордних приноса уз примену савремене агротехнике и избор најбољих сорти и хибрида. Примена науке и сарадња са факултетима и институтима омогућила је изналажење најбољих путева ка успеху.

Битно је истаћи и структуру сетве. Гајиле су се културе пшенице, јечма, кукуруза, сунцокрета, соје, крмног биља, шећерне репе, поврће. Семенску производњу чинили су пшеница, јечам, кукуруз и луцерка.

Сточарска производња је обављана са 600 музних крава припадајућих категорија расе Аустријски Ротвунд и домаће шарено. Производња се кретала 4.000 – 4.500 литара млека по крави. Стаје су биле такозване „Лауф стаје“ на пашу су ишле само приплодне јунице. Свињарство је обављано на 200 – 220 крмача прасиља расе Шведски Ландрас уз 15 – 19 прасади по крмачи. Тов јунади се обављао на заједничкој фарми ПД Зрењанин.

У функцији поменутих производњи изграђени су силоси 3.500 т зрнасте хране, савремена машинска радионица са дијагностичким апаратима, објекти за говеда и свиње, путеви и друго.

Треба рећи да је Цвијо Шарић нашао прави пут до успеха уз пуну помоћ свих запослених, исправну политику радне организације и Комбината, ангажовање института, факултета и шире заједнице.

Наводе се само неке од битних активности које су допринеле да ООУР Златица носи епитет највеће и водеће организације у комбинату Серво Михаљ.

I. Комунална изградња: завршетак 30 започетих станова, адаптација око 100 постојећих, изградња 30 нових станова заједно са комплетном инфраструктуром: гасификација, кишна и фекална канализација, телефонски прикључци, паркови, тротоари, здравствена станица, спортски терени итд. У исто време радници су добијали стамбене кредите за своје куће.

II. Изградња привредних објеката

a. Биљна производња – Значајни послови су урађени на комасацији, затим на изградњи каналске мреже за одводњавање, изградња заливног система на 450 ha и црпне станице за свих 2.000 ha, до црпне станице изграђен је далековод 20 kw.

Посебно се истиче изградња силоса капацитета 8.000 t за зрнасту храну. Још значајнија је изградња гасовода и гасне станице капацитета 10 милиона m³ гаса за потребе сушаре за зрно, машинске радионице, фарме крава и комплетног насеља.

b. Говедарство- Најбитније је истаћи да сточарство на Златици преживљава све трауме везане за стресове у аграрној политици земље. Чврсто се опредељује не за ликвидацију већ за повећање обима и производње.

Први кораци су учињени на побољшању услова у којима су стаје крава, Објекти „Лауф“ система се мењају и праве се затворене стаје, уводи се машинска мужа „Алфа-Лавал“. Следећи кораци су учињени на побољшању расног састава што се огледа у оплемењивању постојећих раса говеда са црвеним Холштајном. Почетак бављења товом јунади. Други кораци и

најважнији изградња фарме за 1.000 музних крава у слободном држању, прва фарма у земљи са овим начином држања. Измузиште је типа „рибља кост“. Адаптирани су и стари објекти и изграђени нови намењени слободном држању око 600 приплодних јуница.

Адаптирани су објекти за телење крава и објекти за одгој телади. Такође су изграђени објекти за 10.000 t силаже, 15.000 t сировог резанца, плато за 10-12.000 t стајњака.

Прича о говедарству крајем 80-их година изгледао овако:

Просечан број музних крава је 900 комада са 6.000 л млека, јуница 560 а телади 450 комада.

Остварен је циљ да се вредност једног хектара увећа за 1.500 литара млека и око 200 килограма меса.

с. Свињарство

Од оснивања до данашњих дана број крмача дојара се кретао од 200 – 300 комада, број прасади по крмачи је око 19 комада. Прираст това свиња је 450-600 грама дневно, уз утрошак хране 3,6 – 3,2 КТ по 1 kg прираста.

Сточарска производња као и биљна је опремана са најмодернијом опремом и техником за исхрану мужу и скидање крмног биља.

Пословање је било домаћинско. Ово потврђују и бројна признања добијена за постигнуте резултате: бројни пехари, сајамске медаље и друга признања Помињу се само нека:

- Првوماјска повеља синдиката Југославије 1982. год
- Награда ослобођења Зрењанина 1978. год
- Прво место на такмичењу орача Југославије 1977. год
- Повеље општинског синдикалног већа 1975, 1978 и 1985. год
- Појединачне титуле на такмичењима орача и комбајнера са општинског и покрајинског нивоа су многобројне.

Међутим највреднија признања су следећа:

- Рејтинг предузећа у Србији 1000 најуспешнијих где је Златица пласирана на 284 месту, а у својој бранши на 18 месту.
- 1998. год. Златица добија Повељу од привредне коморе Југославије за остварене резултате у привређивању.

Треба споменути и друге награде

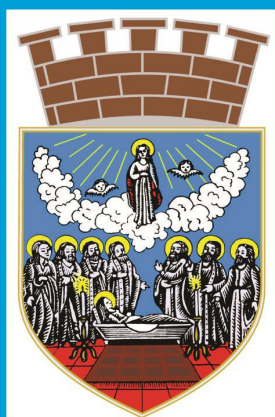
- Награда града Зрењанина 1994. год.
- Награда синдиката Општине 2001. год на предлог 14 основних организација синдиката.
- Награда Стручног одбора за говедарство Републике Србије 1967 1968. год за производњу сточне хране.

УПУТСТВО ЗА ПИСАЊЕ РАДОВА

- Радови се достављају у електронском облику на усб диску или електронском поштом.
- Рад треба да буде откуцан у фонту Times New Roman са ћиричним писмом. Величина фонта 12.
- Обим рада не би требало да буде већи од 12 страница.
- Наслов рада се даје на српском и енглеском језику. Испод наслова налазе се име и презиме аутора уз које иде научно или стручно звање, афелација (радна организација и њено седиште, место, адреса и контакт телефон или е-маил адреса. Рад мора да има резиме на српском и енглеском језику дужине до десет куцаних редова као и кључне речи уз обе варијанте. Садржај рада треба да има увод, разрадне делове и закључак.
- Дијаграми, цртежи, слике, табеле треба да се налазе на свом месту у раду. Текст нпр. „Слика 1.“ налази се испод слике на средини а текст „Табела 1.“ изнад табеле лево.
- Мере и мерне јединице морају бити у складу са важећим прописима у тој области.
- Литература се наводи на крају и треба да садржи: редни број, презиме и почетно слово имена аутора, назив рада, назив часописа (или књиге), број издања, назив издавача, место седишта издавача и годину издања.
- Препорука је да се радови пишу на ћирилици.
- Сви пријављени радови подлежу анонимној научно стручној рецензији и оцени квалитета о чему ће аутори бити обавештени.
- Уредништво часописа ће прихватити само необјављене радове.
- Пријављени радови се не враћају ауторима.
- **За оригиналност, резултате истраживања и изнете ставове у овој публикацији издавач не сноси одговорност, већ аутори радова.**



ДРУШТВО ИНЖЕЊЕРА ЗРЕЊАНИН



ГРАД ЗРЕЊАНИН



РЕПУБЛИКА СРБИЈА

Овај часопис се финансира из буџета ГРАДА ЗРЕЊАНИНА.
Ставови изражени у овој публикацији искључива су
одговорност аутора и његових сарадника
и не представљају нужно званичан став ГРАДА.