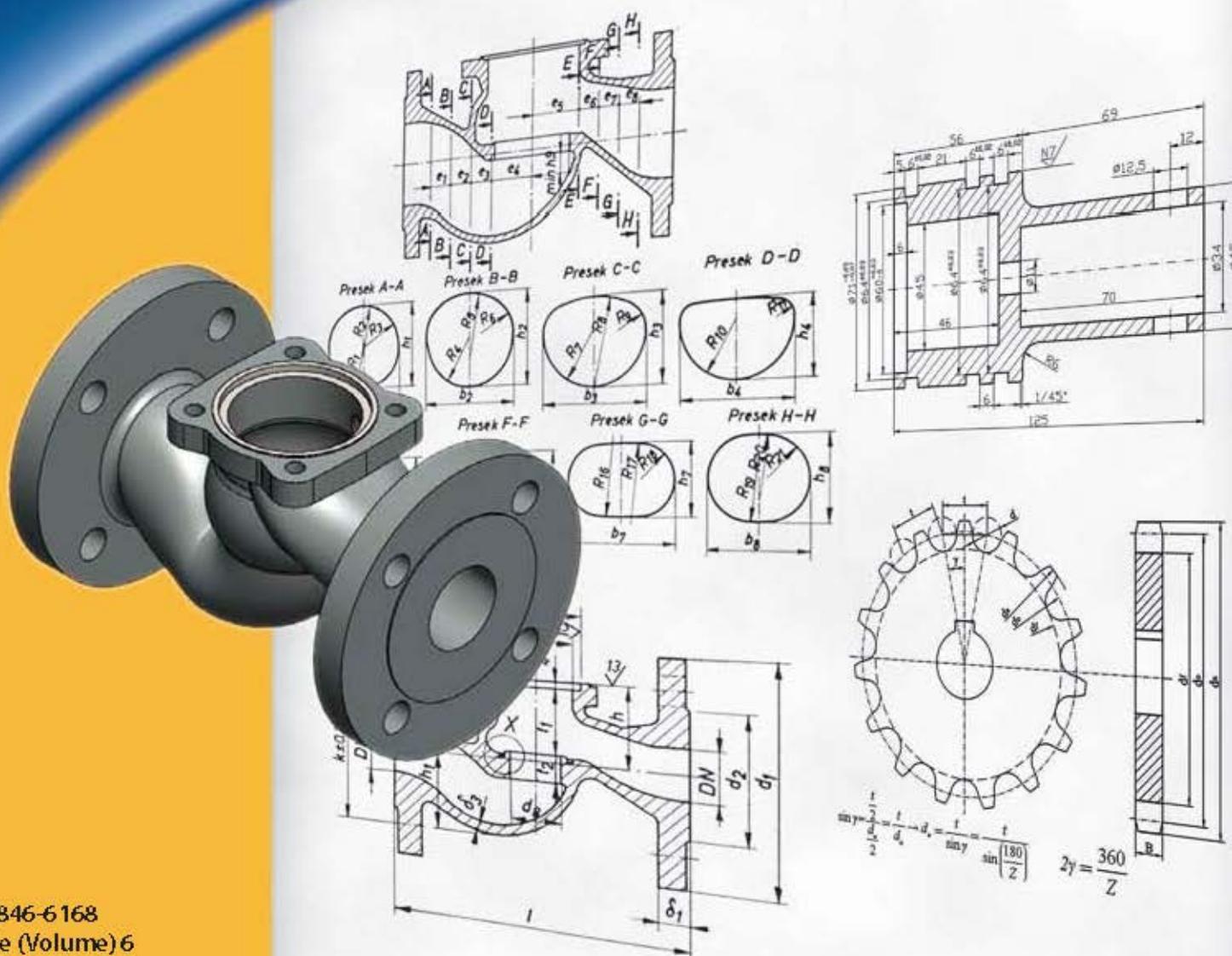


Tehnički Glasnik

Technical Journal



ISSN 1846-6168
Godište (Volume) 6
Broj (Number) 1
Stranica (Pages) 1-114
Varaždin, lipanj (June) 2012.

TEHNIČKI GLASNIK TECHNICAL JOURNAL

Časopis Veleučilišta u Varaždinu

Godište (Volume) 6
Varaždin, lipanj (June) 2012.

Broj (Number) 1
Stranica (Pages) 1-114

Osnivač i izdavač (Founder and Publisher):

Veleučilište u Varaždinu

Uredništvo (Editorial Office):

J. Križanića 33, HR-42000 Varaždin, Hrvatska;
Tel. ++385/ 42/ 493 328, Fax. ++385/ 42/ 493 333
e-mail: casopis@velv.hr ; URL <http://www.velv.hr>

Glavni urednici (Editors-in-Chief):

Marin Milković, Živko Kondić

Tehnički urednici (Technical Editor):

Milan Kljajin, Goran Kozina

Grafički urednik (Graphics Editor):

Dean Valdec

Tajništvo (Secretary Office)

Marijana Kolednjak

Urednici rubrika (Contributing Editors):

Elektrotehnika – Ivan Šumiga
Strojarstvo – Živko Kondić
Multimedija – Damir Vusić
Logistika – Marko Stoić
Građevina – Božo Soldo
Menadžment – Goran Kozina

Urednički odbor (Editorial Board):

Veleučilište u Varaždinu:

Marin Milković, Ivan Šumiga, Živko Kondić, Damir Vusić, Marko Stoić, Božo Soldo

VERN Zagreb: Mijo Vrhovski

Veleučilište u Karlovcu: Srđan Medić

Veleučilište u Slavonskom Brodu: Ante Stojić, Mladen Bošnjaković

Tehničko veleučilište u Zagrebu: Goran Belamarić

Visoka tehnička škola u Bjelovaru: Ante Čikić, Stjepan Golubić, Zoran Baus

Visoka tehnička škola Novi Sad: Zoran Lovreković, Borislav Abramović

Sveučilište u Zadru: Stipe Belak

Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb:

Vedran Mudronja, Janez Indof, Mirko Husnjak, Biserka Runje, Krešimir Grilec, Zdravko Schauerperl

Fakultet elektrotehnike i računarstva: Stjepan Bogdan, Zdenko Kovačić

UM FERI Maribor: Boris Tovornik, Nenad Muškinja

Grafički fakultet Zagreb: Nikola Mrvac, Igor Zjakić

Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu:

Milan Kljajin, Franjo Matejiček, Ivan Samardžić, Leon Maglić, Dražan Kozak

Geotehnički fakultet u Varaždinu: Mladen Božičević, Božo Soldo

Sveučilište u Osijeku, Odjel za fiziku: Darko Dukić

Elektrotehnički fakultet Osijek: Radoslav Galić

Grafički fakultet Kiseljak: Salim Ibrahimfendić, Amra Tuzović

Mašinski fakultet Sarajevo: Marin Petrović

Mašinski fakultet Tuzla: Džafer Kudumović

Institut Ruder Bošković: Tihomir Car

Lektori (Linguistic Advisers):

Ivana Grabar (za engleski jezik)
Ljiljana Šarac (za hrvatski jezik)

Informatička podrška (IT support):

Davor Levanić

Časopis je besplatan i izlazi u dva broja godišnje * Naklada: 150 primjeraka
Časopis "Tehnički glasnik" Veleučilišta u Varaždinu upisan je u Upisnik HGK o izdavanju i distribuciji tiska 18. listopada 2007. godine pod rednim brojem 825.
Rukopise, narudžbe oglasa, objave i drugo slati na adresu uredništva. Rukopisi se ne vraćaju.
Upute autorima nalaze se na internetu www.velv.hr

Uređenje zaključeno (Preparation ended):

lipanj 2012.

SADRŽAJ

<i>Golubić S., Čikić A., Hršak B.</i> PRIMJENA KVANTITATIVNIH METODA KOD IZBORA MATERIJALA	1
<i>Hršak B., Čikić A., Brišić T.</i> IZRADA 3D MODELA VRCALJKE ZA MED	7
<i>Veseli D., Golubić S.</i> UTJECAJ RAZVOJA MATERIJALA NA RAZVOJ PROIZVODA	12
<i>Hršak B., Golubić S., Bošnjak M.</i> IZRADA 3D MODELA KUĆIŠTA RAVNOG VENTILA DN 50	22
<i>Vrhovski Z., Purković D., Jurković I.</i> MODELIRANJE I SIMULIRANJE VIRTUALNOG 3D MODELA NA PRIMJERU ELEKTROMOBILA S TRI KOTAČA U OPEN DYNAMICS ENGINE-u	27
<i>Hršak B., Golubić S., Carek D.</i> IZRADA 3D MODELA KUĆIŠTA CENTRIFUGALNE PUMPE	34
<i>Ehrenreich T., Pisačić K.</i> IZRADA ALATA ZA UPREŠAVANJE DETONATORA	39
<i>Pisačić K.</i> AKTIVNE I PASIVNE METODE SMANJIVANJA VIBRACIJA	45
<i>Špišić A.</i> MORT U GRAĐEVINARSTVU	54
<i>Vrček S.</i> TIPOLOGIJA IZGRADNJE I PODJELA ZGRADA PREMA RAZDOBLJU GRADNJE I ENERGETSKIM POTREBAMA	60
<i>Dukić D., Let D.</i> ANALIZA KORIŠTENJA INFORMACIJSKIH I KOMUNIKACIJSKIH TEHNOLOGIJA U OSNOVNOŠKOLSKOJ POPULACIJI	65
<i>Dukić D., Mađarić S.</i> ONLINE UČENJE U HRVATSKOM VISOKOM OBRAZOVANJU	69
<i>Havaš L., Jagić D.</i> UVOĐENJE GIS-a U HEP ODS d.o.o. ELEKTRA ZABOK	73
<i>Mikac M.</i> ALGORITMI PRIMJENJIVI U POSTUPKU OČITAVANJA RADNIH AKTIVNOSTI S TAHOGRAFSKIH LISTIĆA	78
<i>Purković, D., Vrhovski Z., Petrović I.</i> OPTIČKA POJAČALA S ERBIJEM DOPIRANIM SVJETLOVODOM	90
<i>Dominović A., Matković D.</i> ATSC SUSTAV ZA RADIODIFUZIJU DIGITALNOG TELEVIZIJSKOG SIGNALA	96
<i>Kralj J., Matković D.</i> REALIZACIJA DOKUMENTARNO-PROMOTIVNOG FILMA O OPĆINI CESTICA	100
<i>Zanimljivosti</i>	III

PRIMJENA KVANTITATIVNIH METODA KOD IZBORA MATERIJALA

APPLYING QUANTITATIVE METHODS IN THE SELECTION OF MATERIALS

Golubić S.¹, Čikić A.¹, Hršak B.¹

¹Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvatska

Sažetak: U radu je prikazan pregled i mogućnost primjene kvantitativnih metoda kod izbora materijala za nove i za postojeće proizvode. Prikazane su razlike u pristupu kod izbora materijala za nove proizvode i za postojeće proizvode. Kvantitativne metode pomažu u postizanju većeg stupnja objektivnosti kod izbora materijala. Primjena kvantitativnih metoda izbora materijala pretpostavlja postojanje i poznavanje brojčanih podataka o svojstvima materijala. Poznavanje funkcije, odnosno uvjeta rada nužno je za realnu procjenu težinskih faktora za svako svojstvo. Na primjeru stvarnog proizvoda pokazana je praktična primjena metode utjecajnosti svojstava za materijale košuljice (tijela) i vijaka vijčane pumpe.

Ključne riječi: kvantitativne metode, materijali, vijčana pumpa, košuljica (tijelo), vijak

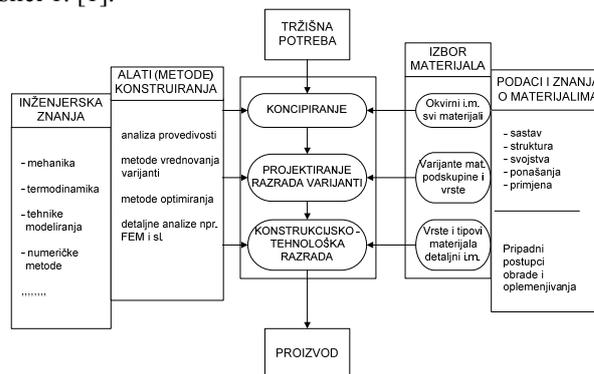
Abstract: This paper presents an overview of quantitative methods and their application possibilities in selecting materials for new and existing products. Differences in the approach to selecting materials for new and existing products are shown. Quantitative methods are helpful in achieving a higher objectivity level in material selection. The application of quantitative methods in material selection requires the existence and knowledge of numerical data related to materials' properties. Knowing the function, i.e. operative conditions, is essential for weight factors to be assessed realistically for each property. An example of a real product was used for presenting the practical application of the properties' impact method regarding the cylinder (body) and pump screws materials.

Key words: quantitative methods, materials, screw pump, cylinder (body), screw

1. UVOD

Izbor optimalnog materijala važan je sastavni dio procesa stvaranja i razvoja proizvoda. Kvalitetniji proizvod sa što boljim uporabnim svojstvima, dopadljivim izgledom, nižom cijenom i uz što veću dobit moguće je postići unapređivanjem proizvodnih postupaka izrade i konstrukcijskih rješenja uz pravilan izbor materijala. Prvi korak izbora materijala je u fazi projektiranja i konstruiranja proizvoda. Materijali se biraju u svakoj fazi

razvoja i konstruiranja proizvoda kao što je prikazano na slici 1. [1].



Slika 1. Izbor materijala u pojedinim fazama razvoja proizvoda

Izbor materijala prisutan je u svakom dijelu procesa konstruiranja i važan je za sva zbivanja u ukupnom vijeku trajanja proizvoda, a zbog toga je raspolaganje sa što potpunijim informacijama o svojstvima materijala bitno za stvaranje i razvoj proizvoda, a posebno tehničkih tvorevina. Izbor prikladnog materijala važna je zadaća pri materijalizaciji neke konstrukcijske ideje. Ispravan odabir uključuje u razmatranje različite kriterije i zahtjeve funkcije, proizvodnje i primjene proizvoda, ali i zahtjeve tržišta.

Formalizacija odlučivanja pomoću kvantitativnih i iskustvenih metoda, a sve na temelju objektivnih i usporedivih podataka i znanja, lakše dovodi do izbora i primjene optimalnih materijala. Materijal nikako ne smije biti unaprijed definiran jer izbor materijala proizlazi iz simultanog razmatranja svih zahtjeva za proizvod. Često se upravo od materijala očekuje da odlučujuće utječe na svojstva i ponašanje proizvoda.

Najpotpuniji i najdostupniji podaci o materijalima dobiveni su normiranim i dogovorenim laboratorijskim ispitivanjima uzoraka, epruveta i drugih ispitnih tijela izvađenih iz poluproizvoda i gotovih dijelova. Na ovaj način dobiveni su podaci koji imaju najveću vrijednost pri proračunu konstrukcijskih dijelova i izbora materijala.

2. IZBOR MATERIJALA

Pri razvoju novog proizvoda te iz postavljenog razvojnog zadatka mogu se izvesti svi tehnički, ekonomski i

društveni zahtjevi i kriteriji, a jedan dio zahtjeva i kriterija odnosi se i na materijale. Zahtjevi proizvodnje često mogu biti u suprotnosti sa zahtjevima uporabe – funkcije i eksploataбилности, pa je nužno rangiranje važnosti ispunjavanja pojedinih zahtjeva.

S obzirom na nužnost ispunjenja razlikujemo [1]:

- **invarijantne**, nužno ispunjive zahtjeve
- **varijantne** ili promjenjive zahtjeve, gdje se dopušta zadovoljenje zahtjeva u određenim toleriranim granicama.

Invarijantni zahtjevi služe za eliminaciju a priori neprikladnih materijala u fazama predizbora. Na temelju varijantnih zahtjeva traže se, vrednuju i odabiru optimalne varijante.

U fazi razrade varijantnih rješenja – pri koncipiranju, projektiranju i konstrukcijskoj razradi svakoj se varijanti pridružuju oni materijali koji najbolje zadovoljavaju posebne zahtjeve vezane uz dotično rješenje – funkcionalne, proizvodne, eksploatacijske i ekonomske. Svako varijanti pridružuju se i konkretni proizvodni postupci pa je izbor materijala često određen ili bar usmjeren kriterijima tehnoložičnosti i troškova.

Važne aktivnosti unutar procesa izbora materijala [1]:

- postavljanje zahtjeva i kriterija izbora
- definiranje traženih svojstava i karakteristika
- metode odlučivanja i optimiranja

Kod ponovnog izbora materijala za postojeći proizvod put do uštede vodi preko četiri moguće vrste analize [1]:

1. ponovno proučavanje oblika, dimenzija i mase dijela
2. ponovno proučavanje načina izrade i montaže
3. ponovno biranje materijala
4. ponovno projektiranje zbog postizanja optimalne kombinacije traženih svojstava

Razlozi za preispitivanjem vrste primijenjenog materijala i načina proizvodnje sa svrhom podizanja proizvoda na višu kvalitetu i/ili snižavanja troškova [1]:

1. pojava novih materijala
2. promijenjeni uvjeti rada u uporabi
3. poboljšanje uporabnih karakteristika proizvoda
4. otežana nabava definiranog materijala – vrsta, oblik, dimenzije, nezadovoljavajuća kvaliteta
5. nezadovoljavajuće ponašanje u proizvodnji
6. kvarovi u uporabi uzrokovani materijalom – deformacije, lomovi, prekomjerno trošenje ili korozija
7. pojava novih zakona, normi, propisa i uputa
8. novi zahtjevi za recikličnost i općenito utjecaj materijala na okoliš
9. smanjenje troškova i postizanje bolje konkurentnosti

Spoznaje o potražnji rezervnih dijelova, analize pogrešaka i oštećenja, spoznaje o razlozima nesreća i propusta od velike su važnosti za razvoj i usavršavanje konstrukcije. Situacije u primjeni koje traže opis uzroka jesu: lomovi, prekomjerno trošenje ili korozijska oštećenja.

3. KVANTITATIVNE METODE

S ciljem objektivnijeg i računalno podržanog odlučivanja razvijen je veći broj metoda izbora materijala. Većina metoda koristi se i za vrednovanje konstrukcijskih varijanti cijelog proizvoda i u tom se slučaju u modele uključuju drugi kriteriji i svojstva.

Pretpostavka uporabe kvantitativnih metoda je raspolaganje bročano iskazanim vrijednostima svojstava materijala u obliku mjerenih ili procijenjenih vrijednosti (ocjene). Primjena kvantitativnih metoda odlučivanja dolazi u obzir kod velikog broja traženih svojstava, zato što se može očekivati i veći broj prihvatljivih materijala.

U literaturi se mogu pronaći primjene različitih kvantitativnih metoda izbora materijala. Prema [1] i [2] opisane su neke od metoda s primjerima primjene:

- karte svojstava materijala
- pokazatelji vrednovanja
- metoda cijene svojstava
- metoda najmanjih odstupanja svojstava od traženih
- metoda utjecajnosti svojstava
- metoda graničnih vrijednosti
- Pahl – Beitzova metoda ocjena
- faktor uporabne vrijednosti sveden na troškove

Kvantitativne metode ne zamjenjuju procjenu i iskustvo, nego pomažu inženjerima da ne zanemare ni jednu od mnogih mogućnosti ili da brzo i subjektivno odlučuju.

4. METODA UTJECAJNOSTI SVOJSTAVA

Metodu utjecajnosti svojstava uputno je primijeniti u slučajevima kada treba ocijeniti veći broj svojstava. Razmatraju se svojstva koja su bitna za promatrani slučaj. Bročana vrijednost u skaliranom obliku množi se s odgovarajućim faktorom važnosti (B_i). Faktorom važnosti određuje se relativna važnost svakog pojedinog svojstva u odnosu na neko drugo. Zbrajanjem tako vrednovanih svojstava dobiva se pokazatelj radne karakteristike (V_r) koji kasnije služi kao usporedna veličina. Materijal s najvećim pokazateljem radne karakteristike smatra se optimalnim izborom za definirane uvjete. Pojam skalirane vrijednosti uvodi se zbog relativno velikog broja svojstava s različitim mjernim jedinicama, jer omogućuje pretvorbu dimenzijskih u bezdimenzijske vrijednosti.

Skaliranu vrijednost (S_v) se računa tako da najbolja vrijednost dobiva ocjenu 100, a ostale se rangiraju proporcionalno toj vrijednosti [1]. Ta najbolja vrijednost može biti minimalna ili maksimalna vrijednost u listi, prema tome kako je usmjeren zahtjev koji je vezan uz svojstvo koje vrednujemo. Minimalna vrijednost trebala bi biti kod npr. troškova, utjecaja korozije, povećanja mase zbog oksidacije, a maksimalnoj vrijednosti se teži npr. kod čvrstoće i žilavosti. Računanje skalirane vrijednosti [1]:

U slučaju kada je najniža vrijednost najbolja, izraz za skaliranu vrijednost glasi:

$$S_v = \frac{\text{minimum vrijednosti svojstva u listi}}{\text{brojčana vrijednost svojstva u listi}} \cdot 100 \quad (1)$$

U slučaju kada se od svojstva traži maksimum vrijednosti izraz za skaliranu vrijednost glasi:

$$S_v = \frac{\text{brojčana vrijednost svojstva u listi}}{\text{maksimalna vrijednost svojstva u listi}} \cdot 100 \quad (2)$$

Za materijale kod kojih nema brojčanih podataka o svojstvima, svojstva se ocjenjuju procjenom ponašanja materijala (izvršno, vrlo dobro, dobro, zadovoljavajuće, nezadovoljavajuće) i pridružuju im se odgovarajuće brojčane vrijednosti (5, 4, 3, 2, 1). Daljnji postupak je isti kao i kod razmatranja svojstava s poznatim brojčanim vrijednostima. Sljedeći korak je računanje pokazatelja radne karakteristike (V_r):

$$V_r = \sum_{i=1}^n B_i \cdot S_{vi} \rightarrow \text{maks.} \quad (3)$$

Pokazatelj radne karakteristike osnova je za računanje pokazatelja vrednovanja (M) koji je osnovna veličina za rangiranje materijala. Pokazatelj vrednovanja izračunava se izrazom [1]:

$$M = \frac{V_r}{C \cdot \rho} \rightarrow \text{maks.} \quad (4)$$

gdje su: C – ukupna cijena materijala po jedinici mase
 ρ – gustoća materijala.

Za materijale koji trebaju izdržati neko opterećenje bolje je razmatrati cijenu po jedinici svojstva, ovisno o načinu i vrsti opterećenja. U tom slučaju pokazatelj vrednovanja računamo na sljedeći način [1]:

$$M = \frac{V_r}{C' \cdot \rho} \quad (5)$$

gdje je C' – cijena po jedinici svojstva.

Ovom metodom mogu se analizirati i uspoređivati zamjenski materijali i to izračunavanjem relativnih vrijednosti stavljanjem u odnose cijene po jedinici svojstva zamjenskog i postojećeg materijala.

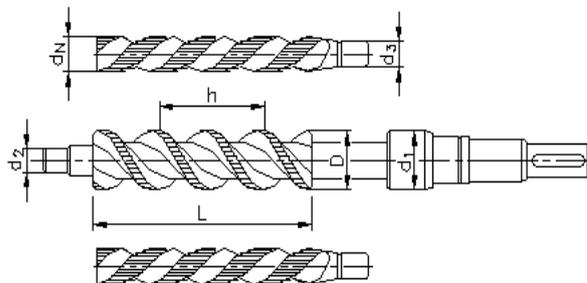
5. IZBOR MATERIJALA ZA DIJELOVE VIJČANIH PUMPI

Na primjeru izbora materijala za funkcionalne dijelove trovretenih vijčanih pumpi bit će prikazana primjena kvantitativne metode utjecajnosti svojstava [3].

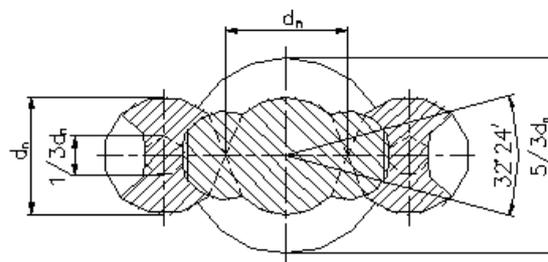
5.1. Opis vijčanih pumpi

Funkcionalni elementi trovretenih vijčanih pumpi su tri vijka i košuljica (tijelo) u kojoj vijci rotiraju i čine transportne komore. Prilikom rotiranja vijaka, zavojnice zatvaraju komore, zahvaćaju medij u usisnoj komori, kontinuirano pomiču medij uzdužno uz os vijaka i na kraju istiskuju medij u tlačnu komoru kućišta pumpe, odnosno u cjevovod hidrauličkog sustava u kojem pumpa radi. Vijčane pumpe daju kontinuiranu dobavu. Radni tlak pumpe jednak je protutlaku sustava u kojem pumpa

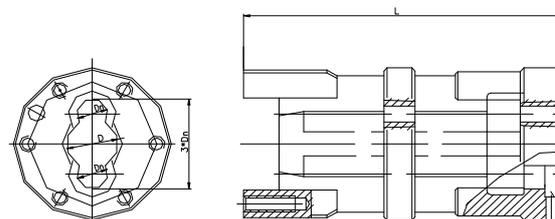
radi. Površine zavojnice vijaka projektirane su tako da postoji fino brtvljenje između samih vijaka i između vijaka i košuljice. Zavojnice vijaka su dvohodne, s konstantnim korakom, a broj okretaja vodećeg i vođenih vijaka je jednak. Vodeći vijak prenosi osnovno opterećenje u radnom procesu, dok vođeni vijci služe za brtvljenje unutar pumpe i sprečavaju povratak tekućine iz tlačne u usisnu komoru.



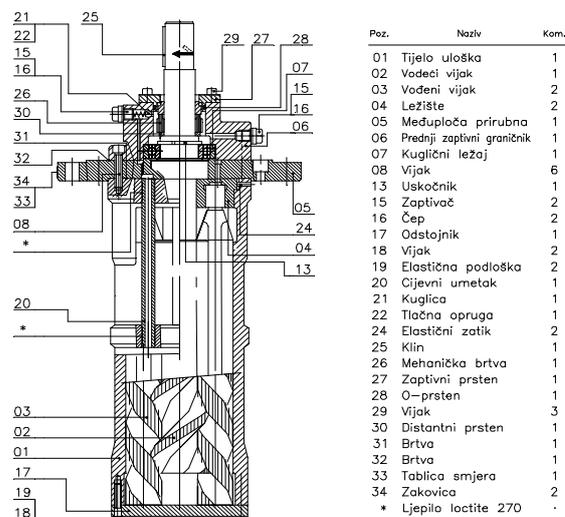
Slika 2. Vijci vijčane pumpe [4]



Slika 3. Dimenzionalni odnos vijaka vijčane pumpe [4]



Slika 4. Košuljica (tijelo) vijčane pumpe [5]



Slika 5. Poprečni presjek funkcionalnog podsklopa vijčane pumpe [5]

Vijčane pumpe se primjenjuju u transportu i doziranju medija i u hidrauličkim sustavima. Primjenjuju se u

mnogim granama gospodarstva za namjene kao što su: transportne pumpe goriva, dozirne pumpe goriva, pumpe ulja glavnih i pomoćnih motora na brodovima, pumpe separatora ulja i goriva i pumpe hidrauličkih sustava do 12 MPa. Tijekom rada dolazi do izravnog kontakta između vođenih vijaka i košuljice, slično kao kod klasičnog kliznog ležaja.

5.2. Primjena metode utjecajnosti svojstava

Metoda utjecajnosti svojstava primijenjena je i za izbor materijala košuljice i vijaka vijčane pumpe. U odnosu na prije prikazani način računanja pokazatelja vrednovanja materijala, u ovome primjeru napravljena je jedna modifikacija jer su u pregledu relevantnih svojstava dani podaci za troškove obrade koji su obuhvatili i troškove materijala [3].

Pokazatelj vrednovanja u ovome slučaju računa se pomoću izraza:

$$M = \sum_{i=1}^n B_i \cdot S_{vi} \rightarrow \text{maks.} \quad (6)$$

Od materijala za izradu košuljice vijčanih pumpi traže se sljedeća svojstva: što veća tlačna čvrstoća (R_{et}) – procjenjuje se na osnovu granice tečenja (R_e); što veća otpornost na trošenje (OT); što veća tvrdoća; što manja toplinska rastezljivost (α); što veća krutost (izražena preko modula elastičnosti E); kemijska postojanost na djelovanje transportiranog medija; tribološka kompatibilnost s materijalom vijaka; što bolja rezljivost (REZ); što niža cijena materijala i što niži troškovi obrade (T).

Na temelju dosadašnjih rješenja za košuljicu pumpe analizirani su sljedeći materijali [3]: EN-GJL250S (SL-25); EN-GJS-400-12S (NL 400-12); P.AICu10Mg; AlCu5PbBi; P.CuSn10; CuNi2Be. Svi ovi materijali su kemijski postojani u svim medijima koji se transportiraju.

U katalogima proizvođača materijala i u literaturi nisu jednoznačno određena i brožčano spomenuta sva relevantna svojstva materijala, pa je bilo nužno procijeniti otpornost na trošenje, a na temelju podataka proizvođača pumpi odrediti rezljivost i troškove.

Tabela 1. Pregled relevantnih svojstava materijala za košuljicu vijčane pumpe

Svojstvo Materijal	$R_e(R_{et})$ N/mm ²	α^* 10 ⁻⁶ K ⁻¹	E N/mm ²	OT^1 (relat.)	REZ (1-5) ²	T rel. ³
EN-GJL250S	250 (~750)	10,4	120000	4	4	100
EN-GJS-400-12S	280 (~840)	10,4	170000	4	4	105
P.AICu10Mg	185	23,0	72000	3	5	92
AlCu5PbBi	240	23,0	72000	2	5	130
P.CuSn10	135	18,0	98500	5	5	204
CuNi2Be	180	18,0	98500	4	5	217

*srednja vrijednost; ¹procjena; ²na osnovi sile rezanja; ³na osnovi vremena izrade

Faktori važnosti za svako pojedino svojstvo izračunati su digitalno–logičkom metodom. Za 6 analiziranih svojstava ukupan broj pitanja iznosi

$$\frac{N \cdot (N - 1)}{2} = \frac{6 \cdot (6 - 1)}{2} = 15.$$

Kod postavljanja pitanja svako svojstvo uspoređuje se sa svakim i pri tome se važnijem svojstvu dodijeli broj 1, a manje važnom 0. Faktor važnosti jednak je omjeru pozitivnih odluka za promatrano svojstvo i ukupnog broja pitanja.

U tabeli 2. prikazano je računanje faktora važnosti svojstava materijala za košuljicu vijčane pumpe.

Tabela 2. Izračunavanje faktora važnosti svojstava materijala za košuljicu vijčane pumpe

Svojstvo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Poz. odluke	B_i
R_e	1	1	0	0	1											3	0,200
α	0					0	0	1	0							1	0,067
E		0				1				0	0	0				1	0,067
OT			1				1			1			1	1		5	0,333
REZ				1				0			1		0		0	2	0,133
T					0				1			1		0	1	3	0,200

Skalirane vrijednosti pojedinih svojstava računamo uspoređujući isto svojstvo različitih materijala tako da najboljim svojstvima dajemo vrijednost 100, a ostale vrijednosti rangiraju se u odnosu na najveću (najpovoljniju) vrijednost.

Tabela 3. Skalirane vrijednosti svojstava materijala za košuljicu vijčane pumpe

Materijal	R_e	α	E	OT	REZ	T
EN-GJL250S	89	100	70	80	80	92
EN-GJS-400-12S	100	100	100	80	80	88
P.AICu10Mg	66	45	42	60	100	100
AlCu5PbBi	86	45	42	40	100	71
P.CuSn10	48	58	58	100	100	45
CuNi2Be	64	58	58	80	100	42

Tabela 4. Parametri vrednovanja materijala za košuljicu vijčane pumpe

Materijal	R_e	α	E	OT	REZ	T	M (Rang)
EN-GJL250S	17,8	6,7	4,7	26,6	10,6	18,4	84,8(2)
EN-GJS-400-12S	20,0	6,7	6,7	26,6	10,6	17,6	88,2(1)
P.AICu10Mg	13,2	3,0	2,8	20,0	13,3	20,0	72,3(4)
AlCu5PbBi	17,2	3,0	2,8	13,3	13,3	14,2	63,8(6)
P.CuSn10	9,6	3,9	3,9	33,3	13,3	9,0	73,0(3)
CuNi2Be	12,8	3,9	3,9	26,6	13,3	8,4	68,9(5)

Dobivene vrijednosti pokazuju da je optimalni materijal za košuljicu vijčane pumpe nodularni lijev, a iza njega slijedi sivi lijev.

Materijali za izradu vijaka vijčane pumpe analizirani su na osnovi svojstava: granice tečenja (R_e), otpornosti na trošenje (OT), toplinske rastezljivosti (α), rezljivosti (REZ), cijene materijala i troškova izrade (T).

Tabela 5. Prikaz relevantnih svojstava materijala za vijke vijčanih pumpi

Svojstvo Materijal	R_e^* N/mm ²	OT (1-2,2)	α^* 10 ⁻⁶ K ⁻¹	REZ ¹⁾ N	T ²⁾
C45E žaren	435	1,1	11,7	1400	585
C45E nitriran	435	1,9	11,7	1400	897
45S20 žaren	330	1,0	11,7	600	396
45S20 nitriran	330	1,9	11,7	600	414
11SMn30 nitriran	225	1,9	11,7	580	391
11SMn20 pouglj. + vanadiran	225	2,2	11,7	580	421
42CrMo4 poboljšan	735	1,3	11,5	2200	602
42CrMo4 nitriran	600	2,0	11,5	2200	902
34CrAlNi7 nitriran	590	2,1	11,5	2400	920
EN-GJS-400-12S	280	1,8	10,4	550	430

*srednja vrijednost; ¹⁾sila otpora pri rezanju; ²⁾ prema podacima proizvođača pumpi (MPD Daruvar)

Na sličan način kao i za košuljicu vijčane pumpe izračunati su digitalno-logičkom metodom faktori važnosti za svojstva predizabranih materijala za izradu vijaka vijčanih pumpi. Za pet svojstava materijala za vijke vijčanih pumpi računanjem su dobivene vrijednosti faktora važnosti koji su prikazani u tabeli 6.

Tabela 6. Faktori važnosti svojstava materijala za vijke vijčane pumpe

Svojstvo	R_e	OT	α	REZ	T
Faktor važnosti	0,10	0,40	0,10	0,20	0,20

Skalirane vrijednosti svojstava materijala i pokazatelj vrednovanja izračunati su na sličan način kao i za košuljicu vijčane pumpe. Podaci za skalirane vrijednosti prikazani su u tabeli 7, a parametri vrednovanja materijala za vijke vijčane pumpe prikazani su u tabeli 8.

Tabela 7. Skalirane vrijednosti svojstava materijala za vijke vijčane pumpe

Svojstvo Materijal	R_e	OT	α	REZ	T
C45E žaren	59	50	89	39	67
C45E nitriran	59	86	89	39	44
45S20 žaren	45	45	89	92	99
45S20 nitriran	45	86	89	92	94
11SMn30 nitriran	31	86	89	95	100
11SMn20 pouglj. + vanadiran	31	100	89	95	93
42CrMo4 poboljšan	100	59	90	25	65
42CrMo4 nitriran	82	91	90	25	43
34CrAlNi7 nitriran	80	95	90	23	42
EN-GJS-400-12S	38	82	100	100	91

Tabela 8. Parametri vrednovanja materijala za vijke vijčane pumpe

Svojstvo Materijal	R_e	OT	α	REZ	T	M (Rang)
C45E žaren	5,9	20	8,9	7,8	13,4	56 (10)
C45E nitriran	5,9	34,4	8,9	7,8	8,8	65,8 (8)
45S20 žaren	4,5	18	8,9	18,4	19,8	69,6 (5)
45S20 nitriran	4,5	34,4	8,9	18,4	18,8	85 (3)
11SMn30 nitriran	3,1	34,4	8,9	19	20	85,4 (2)
11SMn20 pouglj. + vanadiran	3,1	40	8,9	19	18,6	89,6 (1)
42CrMo4 poboljšan	10	23,6	9,0	5	13	60,6 (9)
42CrMo4 nitriran	8,2	36,4	9,0	5	8,6	67,2 (7)
34CrAlNi7 nitriran	8,0	38	9,0	4,6	8,4	68 (6)
EN-GJS-400-12S	3,8	32,8	10	20	18,2	84,8 (4)

Analiza dobivenih vrijednosti prikazanih u tabeli 8. pokazuje da gotovo svi nitrirani čelici zadovoljavaju normalne i srednje teške uvjete rada bolje nego žareni ili poboljšani čelici. Pougljičen i vanadiran čelik vjerojatno bi zadovoljio i u najtežim uvjetima rada (medij s abrazivnim česticama) čak i kada bi faktor važnosti za otpornost na trošenje bio niži od 0,40.

Potvrdu za ovakve zaključke dao je i proizvođač pumpi nakon praćenja rada pumpi u eksploataciji.

6. ZAKLJUČAK

Kvantitativne metode omogućuju vrednovanje materijala kod usvajanja novih proizvoda te omogućuju traženje zamjenskih materijala za postojeće proizvode. Primjer analize materijala i postupaka modificiranja površina za

izradu košuljice i vijaka vijčane pumpe pokazuje da se dobivaju logična rješenja u skladu s iskustvom.

Na rezultate izbora materijala vrlo bitno utječu definirani faktori važnosti za svojstva. Definiranje faktora važnosti za svojstva proizlazi iz analize uvjeta rada. Tako npr. za više radne tlakove raste važnost čvrstoće, dok u slučaju kada transportirani medij sadrži abrazivne čestice raste važnost otpornosti na trošenje.

Problem u primjeni kvantitativnih metoda izbora materijala nastaje kada nema pouzdanih brojčanih pokazatelja. Za dobivanje potrebnih podataka ponekad treba obaviti odgovarajuća laboratorijska i (ili) eksploatacijska ispitivanja.

7. LITERATURA

- [1] Filetin T., (2006), *Izbor materijala pri razvoju proizvoda*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [2] Golubić S., (2004), *Primjena triboloških prevlaka na dijelovima vijčanih pumpi*, magistarski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
- [3] Golubić S., Filetin T., (2002), Izbor materijala za dijelove vijčastih pumpi, Ćurković L., Grilec K. (Ur.), *Zbornik radova s Savjetovanja „MATRIB 2002“*, Vela Luka, Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, Zagreb, 51-56
- [4] ЖМУДЬ А.Е., (1963), *ВИНТОВЫЕ НАСОСЫ С ЦИКЛОДАЛЬНЫМ ЭЦЕПЛЕНИЕМ*, Izdanje 2-e, Moskva
- [5] ... Interni podaci tvrtke MPD d.d. Daruvar (2004.)

IZRADA 3D MODELA VRCALJKE ZA MED

3D MODEL CONSTRUCTION OF A HONEY EXTRACTOR

Hršak B.¹, Čikić A.¹, Brišić T.¹

¹Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvatska

Sažetak: Prikazana je izrada 3D modela proizvoda - Vrcaljke za med, uključivo i slijed izrade složenijih dijelova i montažnih sklopova. Predložena su moguća poboljšanja primjenom prozirnih materijala i pogona vrcaljke. Izradom 3D modela i generiranjem 2D tehničke dokumentacije, stvoreni su svi preduvjeti za izradu prototipa i funkcionalnu provjeru u stvarnim uvjetima primjene.

Ključne riječi: vrcaljka za med, okvir za med, pčelarstvo, 3D modeliranje, CAD, SolidWorks ST0, reverzni inženjering, brza izrada prototipa

Abstract: 3D model construction of a product (honey extractor), including the sequence of complex parts and mounting assemblies' construction, is shown. By implementing transparent materials and the extractor's drive some possible improvements are proposed. By constructing 3D models and generating 2D technical documentation, all the preconditions necessary for prototyping and functional testing under real conditions of the application were created.

Key words: honey extractor, honey frame, beekeeping, 3D modeling, CAD, SolidWorks ST0, reverse engineering, rapid prototyping

1. UVOD

Suvremena industrija okrenuta proizvodnji roba i usluga susreće se s velikim zahtjevima tržišta. Trendovi u izradi proizvoda zahtijevaju brzu i dobru izradu, te plasiranje na tržište u što kraćem vremenu. Za ovakav način izrade potreban je brži razvoj proizvoda pa se treba usmjeriti izradi prototipova proizvoda pomoću računalnog konstruiranja potpomognuto CAD (Computer-Aided Design) programima. Učinkovitija proizvodnja, u kraćem vremenu, poticana je stalnim inovacijama i tržišnim natjecanjem u cilju što jeftinijeg razvoja proizvoda. Sve su to razlozi koji utječu na brzi razvoj 3D tehnologije izrade virtualnih proizvoda.

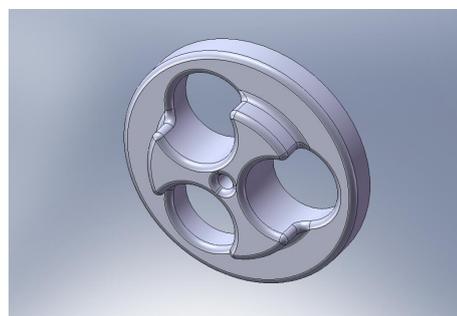
Na temelju spomenutog prikazana je izrada 3D modela vrcaljke za med, a na osnovi fotografija i mjernih skica ručno izrađenog uređaja.

Kao hobisti ili profesionalci, pčelari su više okrenuti prema agronomskoj strani jer je briga i zdravlje za pčele uvijek bila na prvom mjestu. Tehnika pčelarenja i danas

se provodi iskustveno. Alati i uređaji su skupe izrade i nepouzdanosti. U literaturi su oskudni navodi o tehnologiji izrade i primjenjivim oblicima alata i uređaja.

2. 3D TEHNOLOGIJA MODELIRANJA

3D modeliranje je postupak kreiranja matematičke prezentacije nekog trodimenzionalnog objekta. Kroz postupak 3D renderiranja dobiva se 2D slika 3D modela iz jedne perspektive, ili kao alternativa 3D model se može koristiti kao resurs u realtime grafičkoj simulaciji [1]. Ovakva vrsta grafičke tehnologije nastaje uz pomoć računala, a bavi se manipulacijom i kreiranjem vizualnog sadržaja (slika 1.).



Slika 1. Jednostavan 3D model [2]

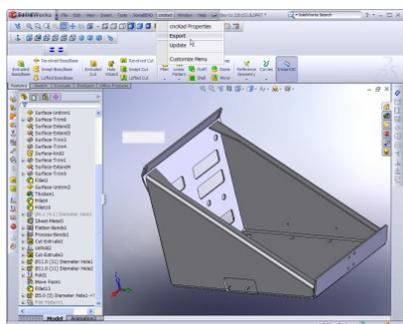
Višegodišnjim brzim razvojem računalne tehnike (hardware), razvijaju se i 3D programi za modeliranje. Programi omogućavaju korisniku manipulaciju, kreiranje i korištenje 3D modela, kao i prenošenje 3D modela iz jednog programa u drugi i slično. Razvojem složenih softvera 3D modeliranje računalom postaje preciznije, a razlog tomu su naprednija računala i bolje aplikacije za 3D modeliranje.

2.1. 3D tehnologija u industriji

Većina tvrtki se služi 3D modeliranjem i vizualizacijom da bi što brže izradile prototipove proizvoda u cilju ostvarenja visoke preciznosti i fleksibilnosti, te učinkovitog kreiranja i modifikacije 3D modela. 3D modeliranje je zapravo prva faza kreiranja svakog cjelovitog projekta. Za kreiranje 3D modela inženjeri se služe programima koji pripadaju skupini CAD

(Computer-aided design). Ti alati su osmišljeni za oblikovanje virtualnog objekta i sadrže mnogo dodatnih informacija o dimenzijama, materijalima i sl. CAD programski alati podržavaju različite načine modeliranja i oblikovanja objekta. Neke od poznatih metoda za prikaz modela su: 2D vektori, 3D površine i krivulje, poligoni te oblikovanje uz pomoć matematičkih izraza CADD (Computer-aided design and drafting).

Središte CAD-a predstavlja jezgru geometrijskog modeliranja koja preko grafičkog sučelja omogućava interakciju korisnika i objekta (slika 2.). S obzirom na to da se radi o vrlo zahtjevnim grafičkim alatima, preporuča se korištenje višejezgrenih procesora i velike količine radne memorije kako bi se procesi odvijali u što kraćem vremenskom periodu. Najpoznatiji programski alati za 3D modeliranje su CATIA, SOLID EDGE, AUTOCAD, SOLIDWORKS i drugi.



Slika 2. Sučelje CAD programa *SolidWorks* [3]

3. VRCALJKE ZA MED

Vrcaljke za med su uređaji koji rotacijom uz djelovanje centrifugalne sile odvajaju med od voska bez oštećenja ili manje kakvoće voska. Unutarnji rotirajući sklop za držanje okvira u kojem se nalazi vosak i med prilikom vrcanja rotira unutar posude u lijevu ili desnu stranu. Njegovom vrtnjom unutar posude i centrifugalnom silom odvaja se med od voska. Odvojeni med udara o unutarnju stranu posude i pomoću gravitacijske sile se spušta na dno posude. Pri dnu posude, s vanjske strane nalazi se otvor s ventilom za ispuštanje nakupljenog meda (slika 3.).



Slika 3. Jednostavna vrcaljka za med s ručnim pogonom [4]

Vrcaljke za med se razlikuju po dimenzijama, načinu pogona te po broju i položaju okvira smještenog unutar kućišta vrcaljke.

Položaj okvira prilikom vrcanja meda može biti tangencijalni i radijalni.

Tangencijalnim položajem se postavlja okvir tako da se bočne strane okvira ili vosak s medom postavlja prema vanjskom obodu konstrukcije (slika 4.).



Slika 4. Tangencijalna izvedba [5]

Tangencijalna konstrukcija može biti izvedena s fiksnim ili zakretnim košarama. Fiksni način zahtijeva ručno okretanje okvira. Drugi način je brži i jednostavniji jer se okretanje okvira provodi zakretanjem cijele košare. Ova vrsta vrcaljki koristi se za manje pčelinjake zato što se vrcaljke izrađuju prema dimenzijama tako da u njih stane desetak okvira.

Pri radijalnom položaju gornji dio okvira okrenut je prema vanjskom obodu konstrukcije. Ovaj položaj zahtijeva vrtnju u samo jednu stranu pa nije potrebno okretanje okvira (slika 5.).



Slika 5. Radijalna izvedba [5]

Ove vrcaljke koriste se za velike pčelinjake. Njihov kapacitet se kreće od desetak do stotinu okvira u jednom vrcanju.

Dijelovi koji su u kontaktu s medom moraju biti izrađeni od nehrđajućih ili tvrdih PVC materijala.

Za variranje (najčešće smanjenje) broja okretaja pogonskog elektromotora vrcaljke koriste se pužni prijenosnici. Zupci puža namataju se kao zavojnice oko

kinematskog tijela. Bokovi puža dodiruju zupce kola u liniji, za razliku od vijčanika s kosim zupcima. Rad pužnih prijenosnika mirniji je od rada vijčanika i manje se troše. Najčešće se izvode za velike prijenosne omjere [6].

4. IZRADA 3D MODELA VRCALJKE ZA MED

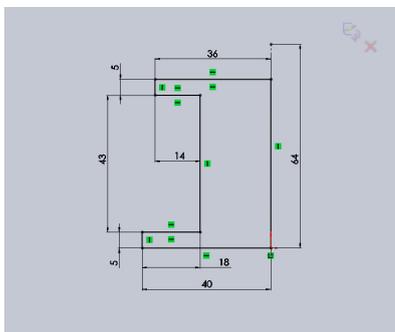
Prikupljeni podaci postojeće vrcaljke (mjerjenja, fotografije, skice) osnova su za izradu 3D modela vrcaljke za med.



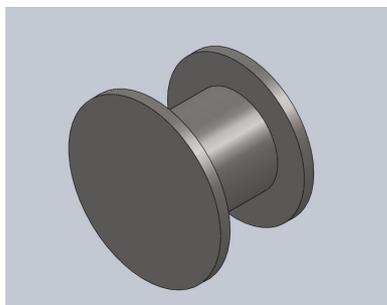
Slika 6. Osnovni izgled vrcaljke [7]

4.1. Izrada izlaza za med

3D modeliranjem izrađeni su pojedini dijelovi vrcaljke kao podsklopovi, a zatim su objedinjeni u glavni sklop. Izlaz za med je modeliran izradom skice - *sketch* profila (slika 7.), a zatim kružnim "dodavanje materijala" na skicu pomoću naredbe *Revolved-Boss/Base* (slika 8.).

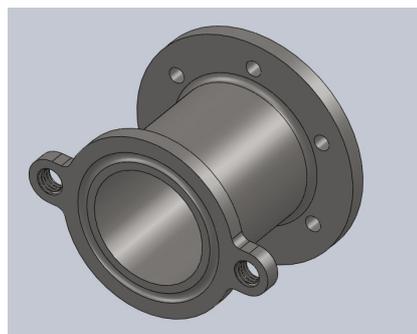


Slika 7. Skica profila izlaza za med [8]



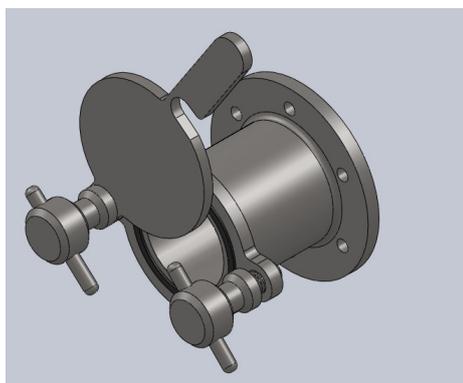
Slika 8. Kružno dodavanje materijala na skicu [8]

Pomoću raspoloživih alata za modeliranje oblikovan je osnovni trodimenzionalni model s promjenjivim izgledom (slika 9a.).



Slika 9a. 3D model kućišta izlaza za med [8]

Modeliranjem ostalih dijelova povezuju se podsklopovi u virtualni glavni sklop izlaza za med (slika 9b.).



Slika 9b. 3D sklop za izlaz meda [8]

4.2. Izrada unutarnje konstrukcije

4.2.1. 3D modeliranje kućišta za okvire

Ubrzanje modeliranja provedeno je izradom samo jedne strane konstrukcije i njenim zrcaljenjem (*Mirror*) (slika 10.).



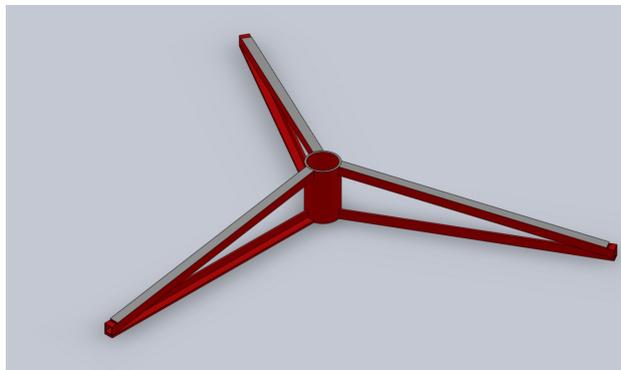
Slika 10. 3D model unutarnje konstrukcije [8]

Unutarnja konstrukcija sastavljena je od istih dijelova podijeljenih na tri dijela i povezanih rastavljivim veznim elementima (vijci, matice – *ToolBox*).

4.3. Izrada vanjske donje i gornje konstrukcije

4.3.1. Donja konstrukcija

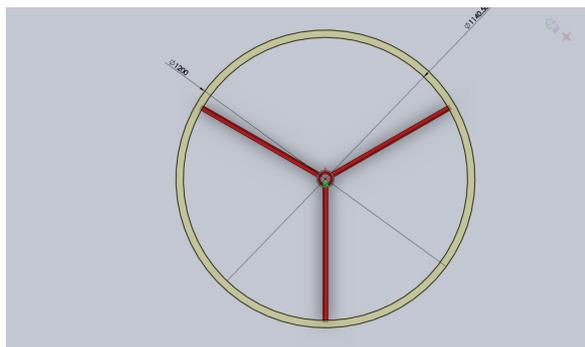
Zbog vizualne nepreglednosti s gornje strane posebno je „montiran“ donji dio kućišta vrcaljke (slika 11.).



Slika 11. Donja konstrukcija [8]

Donju konstrukciju povezuju donji dijelovi vrcaljke: noge, donji obruč, bačva i osovina.

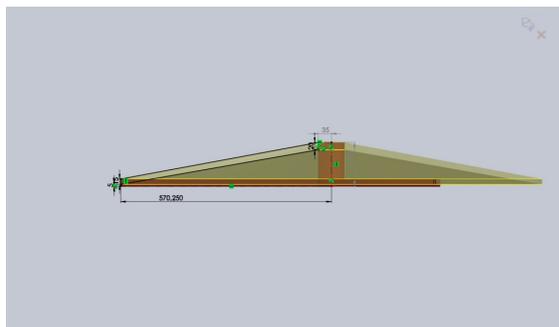
4.3.2. Kućište za ležaj



Slika 12a. Oduzimanje materijala [8]

Da bi se osigurala optimalna montaža, izvršeno je oduzimanje materijala kao na slici 12a.

Oduzimanjem materijala na vanjskim rubovima izbjegnuto je neprepoznavanje površina na ostalim dijelovima koji prate radijus cilindra (bačve).



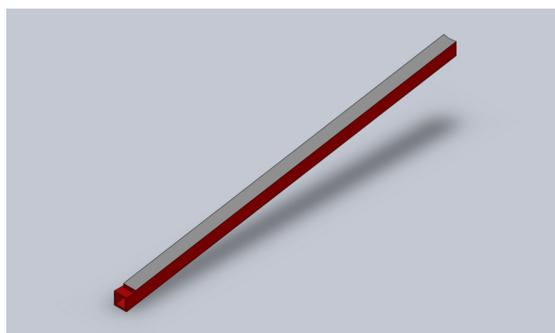
Slika 12b. Oduzimanje materijala [8]

Prilikom "montaže" potrebno je osigurati dobro spajanje gornjeg nosača izradom 2D crteža identičnim gornjem

nosaču. Pomoću 2D crteža i oduzimanjem materijala definiramo kutove za gornji nosač (slika 12b.). Kotiranjem svih kutova omogućena je lakša izrada gornjeg nosača.

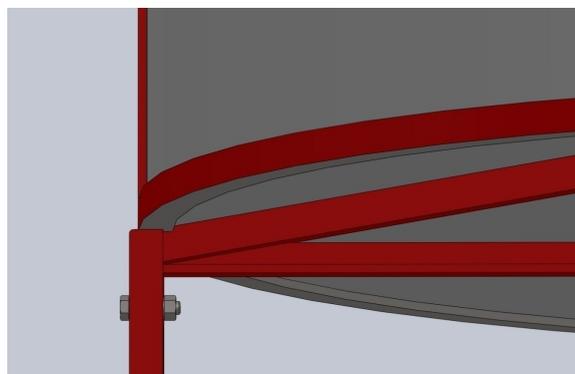
4.3.3. Izrada nosača donje konstrukcije

Prije izrade nosača koriste se veličine (kutovi i dužine) upotrijebljene prilikom izrade kućišta za ležaj. Pomoću tih veličina izrađena je točna skica za izradu nosača (slika 13.).



Slika 13. Nosač [8]

Nakon dodavanja slijedi "oduzimanje" materijala na krajevima nosača zbog prilagodbe prema drugim dijelovima. Unutarnje odstranjivanje materijala prati vanjski promjer kućišta ležaja, a vanjsko odstranjivanje prati vanjski promjer donjeg obruča. Gornje odstranjivanje materijala spaja se s donjim obručem i cilindrom (bačvom).

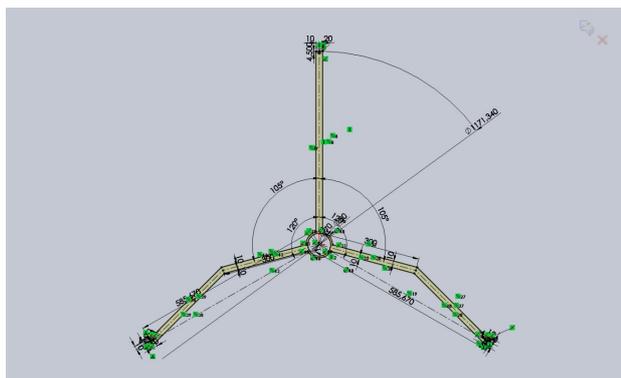


Slika 14. Glavni spoj vrcaljke [8]

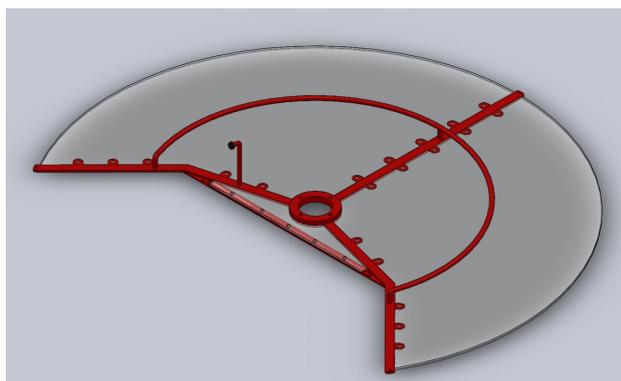
Nakon uspješne prilagodbe radi se montaža dijelova čime je dobiven idealni spoj donje konstrukcije s ostalim dijelovima (slika 14.).

4.3.4. Gornja konstrukcija

Složeno oblikovanje gornje konstrukcije prikazano je na slici 15., a na slici 16. je montirani podsklop.



Slika 15. Crtež gornje konstrukcije [8]



Slika 16. 3D model gornje konstrukcije [8]

Nakon 3D modeliranja svih dijelova vrcaljke za med obavlja se njihovo spajanje i definiranje pokretnih i nepokretnih dijelova, te renderiranje pojedinih dijelova u programu *PhotoView 360* (slika 17.).



Slika 17. 3D model vrcaljke za med (sklop) [8]

5. GENERIRANJE 2D TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

Pomoću 3D modela sklopa (vrcaljke za med) veoma brzo se izrađuje polazna odgovarajuća 2D prototipna dokumentacija namijenjena izradi novog uređaja.

Odabirom projekcija i ispravnim rasporedom na odgovarajući format crteža omogućujemo automatsko kotiranje 2D crteža.

Generirani 2D crtež je kompatibilan s njegovim 3D modelom, a promjenom dimenzija u 2D crtežu automatski se mijenja i oblik 3D modela.

6. ZAKLJUČAK

Izrada 3D modela proizvoda primjenom CAD tehnologije smanjuje troškove razvoja, ubrzava rad na stvarnoj izvedbi prototipa, smanjuje vrijeme pripreme proizvodnje pomoću CAM tehnologije te vrijeme izrade "marketinških dokumenata" (katalozi rezervnih dijelova, prospektni materijali i sl.).

Prikazani su postupci izrade pojedinačnih dijelova i montažnih sklopova. Zbog mnogo pojedinačnih dijelova nije prikazan postupak modeliranja svih elemenata. Izdvojeni su složeniji dijelovi i montažni sklopovi za 3D modeliranje. Izrađeni 3D model doprinosi poboljšanju izrade vrcaljke za med. Značajno poboljšanje je izvedeno na gornjem dijelu 3D modela proizvoda korištenjem prozirnih materijala s prilagodljivim pogonom. Poboljšanje je vanjski izgled i pregled unutrašnjosti vrcaljke. 3D model vrcaljke za med može se upotrebljavati za daljnju analizu, poboljšanja i za izradu prototipa.

7. LITERATURA

- [1] http://hr.wikipedia.org/wiki/3D_modeliranje
- [2] http://wikis.swarthmore.edu/ENGR005_2008/index.php/User:Jnicolul
- [3] <http://www.qkshare.org/thread218467.html?language=hr>
- [4] <http://www.radionicamedena.com/ser/04005.htm>
- [5] <http://iamjacky.xanga.com/727269665/taiwan-bizniz-trip>
- [6] Decker, K.H. Elementi strojeva : pužni prijenosnici. Zagreb : Golden marketing, Tehnička knjiga, 2008.
- [7] Brišić, T. Fotografije slikane fotoaparatom. Bjelovar, 2011.
- [8] Brišić, T. Fotografije slikane pomoću Print Screen. Bjelovar, 2011.

UTJECAJ RAZVOJA MATERIJALA NA RAZVOJ PROIZVODA

INFLUENCE OF MATERIAL DEVELOPMENT ON THE PRODUCT DEVELOPMENT

Veseli D.¹, Golubić S.²

¹HEP – Toplinarstvo d.o.o., Zagreb, Hrvatska

²Visoka tehnička škola, Bjelovar, Hrvatska

Sažetak: Kroz povijest možemo pratiti razvoj materijala i njihovu važnost u svagdanjoj upotrebi. U početku je čovjek uzimao materijale iz prirode, a tek u novijoj povijesti, koristeći kvantitativna znanja iz matematike, fizike, itd. otkrivaju se postupci za dobivanje suvremenijih materijala.

Broj novih materijala u upotrebi eksponencijalno raste, posebno posljednjih nekoliko godina. Neki primjeri revolucionarnih primjena materijala zasnovanih na znanstvenim istraživanjima jesu poluvodiči i silicijev čip u računalu, te optička vlakna za prijenos informacija.

Primjena novih materijala doista je široka i koncentrirana je na utjecaj u sportu, i to u Formuli 1 i u tenisu. Dok u tenisu izbor materijala utječe na rezultate i zdravlje sportaša, u Formuli 1 on je jedan od vitalnih čimbenika koji vozaču mogu spasiti život.

Glavne riječi: tehnički materijali, Formula 1, karoserija, ugljična vlakna, tenis, reket

Abstract: Through the course of history it is possible to trace back the development of materials and their significance in everyday use. In earlier times man simply took materials from nature and it was only later that, by the use of quantitative knowledge from mathematics, physics and the like, he found procedures for getting more modern materials.

The number of our materials in use is constantly increasing, particularly in the last several years. Some cases of revolutionary implementations of materials based on scientific research are semi transmitters and silica chip in the computer as well as optical fibres.

They have quite wide range of usage therefore we have concentrated on their role in sports especially Formula 1 and tennis. While in tennis that choice of materials has influence on health and performance of player, in Formula 1 it can play significant role in saving the life of the driver.

Key words: technical materials, Formula 1 (Formula one), chassis, carbon fibres, tennis, racket

1. UVOD

Čovjek u životu obično ne razmišlja o tome da su svi predmeti u njegovoj okolini načinjeni od nekog materijala. Čovjekov život, gledajući kroz povijest,

određen je postojanjem, razvojem i istraživanjem te proizvodnjom, preradom i primjenom različitih materijala.

Napredak civilizacije od njenih početaka usko je povezan s otkrivanjem, dobivanjem, preradom i oblikovanjem materijala u tvorevine koje mogu zadovoljiti neku ljudsku potrebu. Rana su razdoblja povijesti poistovječena s vrstom otkrivenog materijala ili s najčešće korištenim materijalima – za oružja, alate, posude, ukrase, nakit i slične predmete za svagdanju upotrebu. Od samih početaka život čovjeka bio je obilježen drvom, kamenom, kostima, kožom, dlakom i drugim materijalima izravno dobivenim iz prirode. Mnoga su razdoblja u ranoj povijesti čovječanstva upravo nazvana po "proizvodnim" materijalima koji su u njima dominirali, npr. kameno doba, bakreno doba, brončano doba, željezno doba. Današnje razdoblje otkrivanja, dobivanja i prerade materijala obilježava visok udio znanja, znanstvenih pristupa i metoda, kao i suvremenih postupaka.

Kvaliteta materijala i proizvoda sve manje ovisi neposredno o čovjeku, iako su iskustvo i vještine pojedinaca i dalje potrebni i nezamjenjivi. Broj, raznovrsnost i količina materijala stalno rastu – od masovne količine manjeg broja vrsta do današnjih vrlo velikih količina mnogobrojnih kombinacija tipova. Danas se procjenjuje da raspoložemo s više od sedamdeset tisuća vrsta tehničkih materijala [1].

Znanost i inženjerstvo materijala smatra se, uz genetiku, informatiku i telekomunikacije, generičkom vrstom znanosti. To znači da se rezultati istraživanja materijala i pripadnih tehnologija prenose u druge grane znanosti i tehnike – elektroniku, strojarstvo, itd., te dovode do razvoja novih proizvoda boljih svojstava.

Na primjeru sportova, automobilizma i tenisa bit će prikazano da su upravo razvoj materijala i njihov pomni odabir u izradi opreme jedan od ključnih čimbenika zbog kojih je sportašima kroz povijest omogućeno postizanje sve boljih rezultata te sigurnije bavljenje sportom.

2. KRITERIJI I SVOJSTVA MATERIJALA U AUTOMOBILIZMU I TENISU

Poznato je da su za dobre rezultate u sportu važni talent i rad u profesionalnom okruženju. Ako pratimo rezultate tijekom više godina, možemo uočiti da su rezultati u

prosjeku sve bolji. Osim usavršavanja tehnike izvođenja određenoga udarca ili pokreta (ovisno o sportu), za to su jako zaslužni i materijali od kojih se izrađuju predmeti koje upotrebljavamo.

U nekim ekstremnim sportovima više ne govorimo samo o važnosti materijala radi boljeg rezultata, već su oni presudni za sigurnost sportaša te im mogu sačuvati zdravlje ili život.



Slika 1. Sudar bolida na trkačkoj stazi [2]

Ojačan i bolje proračunat kokpit uveden je 1981. godine, a četiri godine poslije obavezni "crash-test". Sedam godina poslije određeno je da prednja osovina ne smije biti iznad vozačevih nogu [3].

2.1. Kriteriji izbora materijala

2.1.1. Funkcionalnost i eksploabilnost

Najvažniji zahtjevi koji se postavljaju pri izboru materijala za proizvodnju sportske opreme vezani su uz **funkcioniranje** opreme ili od njenog dijela. Kada je riječ o automobilima za utrke, prilikom konstruiranja vrlo je važno uzeti u obzir zahtjeve u pogledu funkcioniranja cijele konstrukcije bolida i svakog pojedinog sklopa i dijela.

Zahtjev **eksploabilnosti** upućuje na ponašanje materijala u upotrebi gdje posebno treba brinuti o [4]:

- a) održavanju definiranih dimenzija i oblika konstrukcije – bitna su mehanička svojstva materijala
- b) održavanju cjelovitosti konstrukcije – otpornost za lom za koju su bitna mehanička svojstva materijala
- c) sprječavanju oštećenja površine zbog trošenja, korozije i sličnih procesa dotrajavanja

d) zadržavanju ostalih fizikalnih svojstava bitnih za održavanje funkcije proizvoda u vremenu njegove upotrebe

Ovi se zahtjevi izražavaju kroz traženu nosivost, trajnost, prikladnost za održavanje, a prije svega kroz sigurnost i pouzdanost. Osnovna svojstva materijala koja opisuju ove zahtjeve i kriterije izbora jesu: fizikalno-kemijska svojstva, mehanička otpornost (važno kod teniskih reketa), otpornost na trošenje i otpornost na djelovanje agresivnih medija, što je naročito važno kod trkaćih automobila.

2.1.2. Tehnologičnost

Ovdje se radi o sposobnosti materijala za obradu ili oblikovanje nekim tehnološkim postupkom.

Opća prikladnost za obradu obično se izražava preko tehnoloških svojstava kao što su: livljivost, rezljivost, oblikovljivost deformiranjem (na toplo ili hladno), spojivost: zavarljivost, lemljivost, prikladnost za lijepljenje; prikladnost za prevlačenje i zaštitu površine [4].

2.1.3. Standardiziranost – normiranost

Kriterij standardiziranosti odnosi se na potrebu primjene onih materijala koji su propisani normama. U opasnim sportovima kao što su utrke automobilima polazi se od nužnosti ispunjenja nekih zakona, propisa, normi i preporuka što se tiče obavezne primjene određenih vrsta materijala ili zadovoljenja specifičnih svojstava.

2.1.4. Recikličnost i uništivost materijala

Recikličnost i uništivost materijala općenito se odnosi na zahtjev izbora obnovljivih materijala gdje god je to moguće. Dakle, treba analizirati mogućnost prirodne razgradnje, tehnološku složenost prikupljanja, razdvajanja i recikliranja. Troškovi uništenja ili recikliranja su vezani uz pojedini materijal, odnosno proizvod ili dio proizvoda.

2.1.5. Estetičnost

Tržišno konkurentni proizvodi često se razlikuju i prema privlačnom izgledu koji uključuje boju, prozirnost, sjajnost, mogućnost jednostavnog i lijepog oblikovanja (zapravo predstavlja dio tehnologičnosti), željeno stanje površine (hrapavost ili tolerancija) itd.

2.2. Svojstva materijala potrebnih za izbor

Najpotpunija i najdostupnija skupina podataka o svojstvima materijala za proizvodnju sportske opreme proizlazi iz normiranih laboratorijskih ispitivanja tijela izvađenih iz gotovih dijelova. Time se dobivaju podaci koji imaju najveću važnost pri proračunu konstrukcija i izboru materijala. Ostali podaci dolaze iz praćenja u izradi i upotrebi u obliku povratnih informacija, te upotpunjuju sliku svojstava i naročito mogućeg ponašanja materijala za pojedine vrste sportskih proizvoda.

3. REZULTAT RAZVOJA PROIZVODA S RAZVOJEM MATERIJALA U BOLIDU FORMULE 1

Formula 1, skraćeno F1, smatra se najvišim rangom jednosjeda u utrkama motornih vozila. Temelji se na serijama utrka koje se održavaju na umjetno sagrađenim stazama (pistama) u tu svrhu, ili na zatvorenim gradskim ulicama. Svake godine rezultati utrka određuju dvije ljestvice pobjednika: ljestvicu najboljih vozača i ljestvicu najboljih konstruktora.

Za vrijeme utrka u Formuli 1 bolidi jure velikim brzinama po zakrčenim stazama i sudare je nemoguće izbjeći. Napredak u tehnologiji i stroga pravila sigurnosti doveli su do znatnog smanjenja ozljeda i smrtnih slučajeva u ovakvim nesrećama. Naravno, treba zapamtiti da primjenjivost rješenja za otpornost vozila u sudaru razvijenih u Formuli 1 nije manja ni u drugim oblicima prijevoza, kao što su vlakovi koji se kreću velikim brzinama, kamioni i putnički zrakoplovi.



Slika 2. Bolidi Formule 1 na stazi [5]

3.1. Sigurnost i mogućnost preživljavanja u utrkama Formule 1

Prijelazom s aluminijskih na karoserije od ugljičnih vlakana u utrkama Formule 1 povećan je interes za ponašanje materijala tijekom sudara. Ali kompozitni materijali pokazali su se mnogo sigurnijima od njihovih metalnih prethodnika.

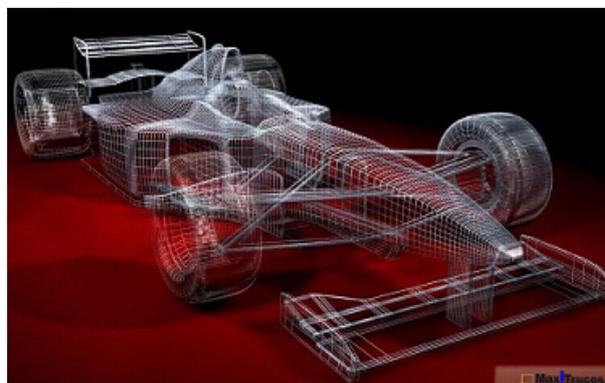
Da se poveća sigurnost, uvedeni su novi propisi u utrke Formule 1. Kao rezultat toga publika može vidjeti vozače kako izlaze neozlijeđeni iz „sudara s velikim mehaničkim oštećenjima svih vitalnih i nosivih dijelova konstrukcije automobila“ do razine neupotrebljivosti i prepoznatljivosti, koji bi prije nekoliko godina bili sigurno smrtonosni. Višestruko su uvećani naponi u cilju veće sigurnosti vozača u ovom sportu.

Poboljšanja sigurnosti u utrkama Formule 1 u posljednjih nekoliko godina izravna su posljedica visoke tehnologije primijenjene u konstrukciji bolida, kao i strogih propisa koje je nametnula međunarodna federacija za automobilizam.

3.2. Kompozitni materijali u bolidu Formule 1

Otpornost u sudaru modernog bolida Formule 1 posljedica je široke primjene pojačanih kompozitnih materijala od ugljičnih vlakana u konstrukciji samog bolida. Tehnologiju kompozitnih materijala u Formulu 1 uveo je 1980. godine McLarenov tim u suradnji s američkom korporacijom Hercules Aerospace Corporation [6].

Najnoviji tekstovi o motosportu sugeriraju da su kompozitni materijali u utrke Formule 1 uvedeni kao neizbježna posljedica razvoja tehnologija u proizvodnji zrakoplova.



Slika 3. Konstrukcija bolida Formule 1 [7]

Od raznih dijelova bolida zahtijeva se čvrstoća, dijelovi poput krilaca i šasije trebaju prenositi, a ne apsorbirati razne aerodinamičke i druge sile koje se javljaju. Treba reći da su naprezanja koja djeluju na bolid pri sudaru vrlo različita od onih koje se javljaju kod zrakoplova. U tom smislu McLarenov se prvi trkački bolid sa šasijom od ugljičnih vlakana pokazao vrlo uspješnim u odnosu na prethodna rješenja. Sposobnost popravka manjih oštećenja vrlo je dobra osobina kompozitnih materijala od ugljičnih vlakana. Bolidi izrađeni od ugljičnih vlakana osiguravaju visoki stupanj sigurnosti vozača i kod velikih mehaničkih oštećenja bolida, iako su ugljična vlakna krhka i pucaju pri vrlo malim istezanjima.

3.3. Apsorpcija energije

Pri projektiranju trkaćeg auta sposobnog da zaštiti vozača postavlja se zadatak osmisлити disipaciju deformativne energije sudara na takav način da ona što manje utječe na vozača.

Brzine sudara zanimljive pri proučavanju disipacije energije možemo podijeliti u tri odvojene grupe:

- brzine od 1 do 150 m/s

- ponašanje u sudaru određeno je ponašanjem materijala, ali i cjelokupnih struktura te uključuje sudare vozila koje je moguće preživjeti. Ovoj grupi pripadaju i brzine sudara bolida Formule 1;
- brzine od 150 do 1500 m/s
 - u sklopu proučavanja granične balistike vojne artiljerije, ponašanje u sudarima pri ovim brzinama većinom je određeno ponašanjem materijala i obično je ograničeno na okolinu udara;
- brzine veće od 1500 m/s
 - materijali isparavaju i krute tvari teku poput tekućina. Ovo je stanje poznato kao hiperbrzinski sudar i tiče se probijanja teških oklopa pomoću usmjerenih eksplozivnih naboja.

3.4. Utjecaj strukture kompozita

Svojstva apsorpcije energije (otpornost u sudaru) vozila načinjenih od kompozitnih materijala možemo pripisati proturječju "rad loma", koji proizlazi iz mehanizama koji se javljaju tijekom katastrofalnog loma. Svojstvena krhkost kompozitnih materijala osigurava da oni ne podlegnu procesima popuštanja karakterističnim za elastične metale, već se kao posljedice opterećenja elastično deformiraju do točke loma. Kompozitno tijelo se tijekom sudara raspada, i strukturalno i mikroskopski. Jedno od najatraktivnijih svojstava kompozitnih materijala u inženjerskom dizajnu mogućnost je oblikovanja njihovih mehaničkih svojstava prema specifičnoj primjeni. Ovo omogućuje velik stupanj iskorištenja primjene materijala, koji proizlazi iz veće snage i čvrstoće materijala.

3.5. Oblikovanje bolida u cilju veće sigurnosti vozača

Dijelovi raznih podsustava koji čine automobil moraju posebnim oblikovanjem osigurati maksimalnu krutost u normalnim radnim uvjetima i moraju biti dizajnirani tako da uvećaju otpornost na udarce, što se postiže povećanjem rada loma. Prilikom sudara poželjno je da materijali od kojih je načinjen bolid posjeduju sljedeća svojstva:

1. otpornost na oštećenja (što manje izobličenje materijala prilikom udara)
2. toleranciju prilikom oštećenja (mogućnost funkcioniranja pojedinog dijela bolida unatoč izobličenju)
3. apsorpciju energije (otpornost u sudaru)

Otpornost na oštećenja odnosi se na kapacitet materijala ili strukture da podnese udarac bez oštećenja. Tolerancija oštećenja opisuje sposobnost materijala da izdrži zadani specifični iznos oštećenja. Ukupna apsorbirana energija važan je parametar za otpornost u sudaru i odnosi se na sposobnost materijala da pretvori kinetičku energiju u energiju loma. Ugljična vlakna velike krutosti (HM –

vlakna) potrebna su samo u onim smjerovima u kojima je nužna torzijska krutost ($\pm 45^\circ$ od osi torzije). Vlakna srednje krutosti (IM – vlakna) mogu izdržati mnogo veća razvlačenja, a formiranje mješovite (hibridne) slojevite strukture može biti u svim smjerovima. Uz pomoć instrumenata za snimanje udarca na ispitnim uzorcima i optičkoga mikroskopa može se dobiti povezanost komponenti materijala uz najveću apsorpciju energije. Mehanika loma bavi se energijom potrebnom da raširi oštećenja u obliku pukotina unutar materijala. Žilavi materijali su oni u kojima je širenje pukotina teško, dok se u krhkim materijalima pucanje lako širi.

Dinamička testiranja koja koriste servo hidrauličku opremu nadasve su korisna budući da dopuštaju onome tko eksperimentira da procijeni jesu li udarne komponente sposobne izdržati utrku. Kada se kompletiraju analize u laboratoriju na malim uzorcima dizajniranim tako da možemo razumjeti obuhvaćene principe, tada ih možemo primijeniti na reprezentativnim strukturalnim komponentama. Tumačenju takvih rezultata treba pristupiti vrlo pažljivo budući da posljedice mogu biti vrlo složene.

3.6. Sigurnosni propisi

U Formulu 1 uvedeno je mnoštvo propisa koji se odnose kako na obavezu opremu vozača, tako i na njen način upotrebe, a sve u cilju povećanja sigurnosti. Vozači nose višeslojna odijela za zaštitu od požara i kacigu za sprječavanje ozljeda glave. Aparati za gašenje požara, neprobojni rezervoari za gorivo i vodovi goriva i ulja, stražnja svjetla za loše vremenske uvjete i električni izolacijski prekidači – svi zajedno služe da bi se povećale šanse za preživljavanje u slučaju sudara najvažnijeg dijela bolida – vozača. Sudari bolida u utrkama ili na treninzima rijetko se događaju s nepokretnim objektima. Većina nezgoda sadrži i stupanj rotacije i udarce kod odskakanja, tako da se energija rasipa i na druge načine, a ne samo u strukturi materijala.

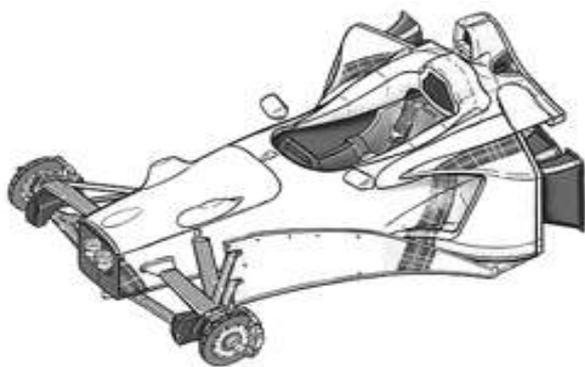
Mehanički odziv materijala i struktura pod velikim opterećenjima drukčiji su od odziva na statička opterećenja. U testiranju mogu postojati nedostaci, dakle moguće je da bolid zadovolji sve određene testove, a da još uvijek bude iznimno opasan pri sudaru.

3.7. Formula 1 kao tipičan primjer *monocoque* konstrukcije

Monocoque - francuska riječ za vrstu karoserije. Radi se o sigurnosnoj karoseriji izrađenoj od smjese ugljičnog vlakna koja tvori zaštitnu školjku oko vozača. Okružena je strukturama koje se mogu deformirati i koje apsorbiraju energiju u slučaju nesreće.

Monocoque konstrukcija uvedena je u "predkarbonsko" doba. Ovakva je (uvjetno rečeno) šasija postavila nove standarde u smanjenju ukupne težine bolida, podižući čak i čvrstoću cijele konstrukcije, a time i sigurnost vozača koja je u tim vremenima bila prilično krhka. Prve *monocoque* konstrukcije bolida Formule 1 bile su izrađene od aluminijskih limova, ali u osamdesetim su ih godinama zamijenili umjetni materijali (kevlar i karbon – ugljična vlakna). Put do "civilnih" automobila

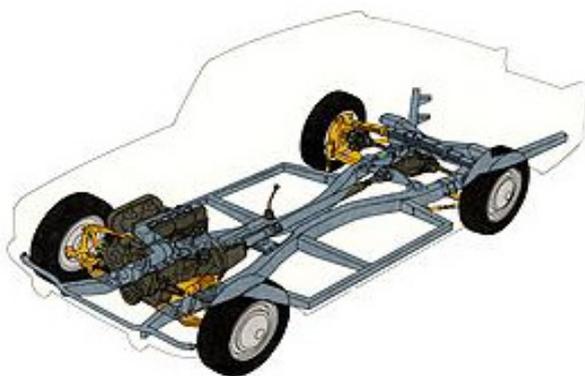
monocoque konstrukcijama još je uvijek veoma ograničen, prije svega zbog visoke cijene materijala i izrade. Doduše, još se veliki Colin Chapman (nekadašnji šef Lotusa F1) okušao prije tridesetak godina u izradi modela Elan sa staklo-plastičnom *monocoque* konstrukcijom. "Sreću" da budu ovako konstruirani imaju danas tek rijetki automobili poput Bugattija EB 110 i Ferrarija F 50 [8].



Slika 4. *Monocoque* od ugljičnih vlakana [9]

3.8. Upotreba određenih materijala za pojedine dijelove automobila

METAL – Od metalnih cijevi i šina nekada su se izrađivale šasije.

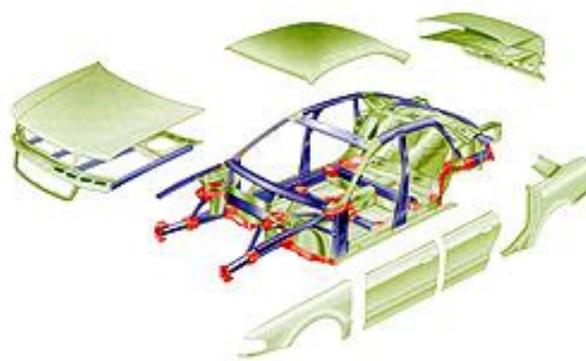


Slika 5. Osnova nekadašnjih automobila – šasija [9]

ALUMINIJ – Danas se šasije izrađuju od aluminija u kombinaciji s njegovim legurama. Aluminij se može do kraja iskoristiti za izradu cijelog automobila.

Pokušaj uvođenja aluminijske karoserije u masovnu proizvodnju nije potpuno završio. Ovaj materijal jamči jednostavno postavljanje različitih karoserija na istu platformu, čime je, bez mnogo zadiranja u proizvodni proces, moguće na zajedničkoj platformi načiniti nekoliko različitih modela automobila.

Ako su aluminijski limovi oblikovani zagrijavanjem i prešanjem uljem ili plinom pod pritiskom, dobiva se površina bolje kvalitete od one načinjene klasičnim načinom prešanja.



Slika 6. Prostorni okvir od aluminija (Audi A8) [9]

KEVLAR - Kevlar je aramid, skraćeni naziv za aromatični poliamid. Kemijski naziv za kevlar je poliparafenileneretefalamid, poznatiji kao paraaramid. Aramidni prsten pruža kevlaru termičku stabilnost, a parastruktura mu pruža veliku čvrstoću i modul. Kevlar je danas jedno od najvažnijih organskih vlakana koje je čovjek uspio proizvesti. Pet puta je jači od čelika s jednakom težinom. Upotrebljava se u različitim oblicima i u bezbroj aplikacija – od neprobojnih pancirskih košulja do podvodnih kablova, padobrana, svemirskih letjelica i suvremenih automobila [10].

NORYL - Plastika čija je prednost što se nakon lakših udaraca vraća u početni oblik. Od njega se rade blatobrani koji su lakši od metalnih te su potpuno otporni na koroziju.

UGLJIČNA VLAKNA - Korištenjem automatiziranih procesa razvijenih u industriji tekstila od njih se rade konusni elementi, tj. elementi koji služe kao primarna zona apsorpcije energije u slučaju sudara. Prva šasija od ugljičnih vlakana za F1 bolid načinjena je 1982. godine.

Ugljična vlakna su materijal bez kojega je posve nezamisliva moderna Formula 1, a koji je s vremenom postao i sastavnim dijelom vrhunskih sportskih automobila. Zbog svoje čvrstoće i male specifične mase postaje svakim danom sve zanimljiviji i proizvođačima velikoserijskih automobila. Bogato iskustvo na ovom polju posjeduju posebno Talijani, čije su tvrtke Ferrari i Lamborghini već odavno usvojile tehnologiju upotrebe ugljičnih vlakana.



Slika 7. Sofisticirane tehnologije u proizvodnji karoserije [11]

Zanimljivo je reći koliko karbonski materijal u kočnicama bolida ima važnu ulogu u brzom i relativno sigurnom zaustavljanju vozila.

Vrijeme koje je potrebno za potpuno zaustavljanje s brzine od 300 km/h iznosi 4 sekunde. S 300 km/h bolidu je potrebno samo 2,9 sekundi do potpunog zaustavljanja, i to se obavi na relaciji od 65 metara. Sa 100 km/h podaci su još impresivniji: za potpuno zaustavljanje potrebno je samo 1,4 sekunde, a bolid se zaustavi za cijelih 17 metara [12]. Jedini materijal u kombinaciji kočioni diskovi/kočiona klijesta, koji omogućuje ovakve performanse jesu karbonska vlakna. Njegove sirove performanse omogućuju snažne deakceleracije, dok njegova težina omogućuje da kočioni diskovi imaju težinu oko 1,4 kg svaki (za usporedbu, čelični diskovi teže 3 kg). Kapacitet karbona da troši toplinu omogućuje nenadmašnu trajnost. Početkom korištenja karbonskih vlakana performanse kočenja podigle su se na znatno višu razinu, što je ubrzo bacilo u zaborav čelik koji se kao materijal koristio sve do 80-tih godina prošlog stoljeća. Iako su prednosti karbonskih kočnica izrazite (vrlo visoke performanse, dobra disperzija i upijanje topline te niska težina), ni čelične kočnice nisu zanemarive - pri kočenju na čeličnom sustavu povratne su informacije znatno bolje [12]. Kada u utrci prelazi preko grba i rubnika terena, bolid ne smije previše odskakati. Smirivanje bolida pri takvim prijelazima zadatak je ovjesa pa se zbog težine i čvrstoće kod proizvodnje dijelova ovjesa također upotrebljavaju karbonska vlakna.

TITAN - Titan se ubraja u vrlo raširene elemente. U prirodi se nalazi kao rutil i ilmenit. Industrijska je proizvodnja počela nakon 2. svjetskog rata, kada se spoznalo da je titan zbog svoje male gustoće, visokog tališta i dobrih mehaničkih svojstava metal suvremenog doba. Zbog tih se svojstava upotrebljava kao materijal za izradu motora bolida F1. Gustoća titana iznosi 4500 kg/m³, za razliku od sivog lijeva koji se koristi za motore osobnih automobila, a ima gustoću 7250 kg/m³. S relativno malom gustoćom dobiva se i manja masa po kubičnom metru, što čini jedno od glavnih obilježja motora bolida Formule 1 – lagani motor. Titan je vrlo postojan materijal u svim uvjetima rada, a područje primjene mu je od -200 do 1000 Celzijevih stupnjeva. Unatoč tako velikom rasponu temperature, promjene mikrostrukture titana vrlo su male. Kao glavna primjesa upotrebljava se aluminij koji također ima svojstvo male gustoće (2700 kg/m³) i manji modul elastičnosti. Zato dobro podnosi udarna opterećenja, ima dobru žilavost te omogućuje titanu smanjenje sveukupne težine. S visokim stupnjem čvrstoće i tvrdoće aluminij povećava žilavost i na visokim temperaturama koje može razviti motor bolida F1 [13].

Najpovoljnija za motor Formule 1 je legura titana sa 6 % aluminija i 4 % vanadija, koja sadrži (alfa + beta) kristalnu strukturu. Međutim, proizvodnja takvih materijala vrlo je skupa. Za izradu jednog motora bolida potrebna su gotovo dva tjedna proizvodnje, nakon čega se pristupa testiranju. Svaki proizvođač motora bolida ima spremno bar deset motora za svaku momčad prije početka natjecateljske sezone, koji se konstruiraju i testiraju preko zimske stanke [13].

3.9. Bolidi nekada i danas



Slika 8. Mercedes – Benz W 154 Silver Arrow iz 1938. godine [14, 15]

Tablica 1. Usporedba bolida [4, 16, 17, 18]

Dio bolida	Materijal	Svojstva materijala
Mercedes – Benz W 154 Silver Arrov – 1938.g.		
- šasija	nikal – molibden – krom (Hastelloy)	- vlačna čvrstoća 755 N/mm ² - gustoća 9270 kg/m ³ - talište 1453 °C - modul elastičnosti 210000 N/mm ²
- karoserija	aluminij	- vlačna čvrstoća 40 – 180 N/mm ² - gustoća 2700 kg/m ³ - talište 660 °C - modul elastičnosti 69000 N/mm ² - granica razvlačenja 20 – 120 N/mm ²
- elementi podvozja	čelik	- vlačna čvrstoća 330 – 700 N/mm ² - gustoća 7850 kg/m ³ - talište 1600 °C - modul elastičnosti 210000 N/mm ² - granica razvlačenja 190 – 370 N/mm ²
Maks. brzina: 330 km/h		Masa bolida: 980 kg
Ferrari F 150 – 2011.g.		
- šasija	ugljična vlakna	- vlačna čvrstoća 1500 – 4800 N/mm ² - gustoća 1780 – 2150 kg/m ³ - modul elastičnosti 22800 – 72400 N/mm ²
- kočnice		
- karoserija	kevlar	- vlačna čvrstoća 3600 – 4100 N/mm ² - gustoća 1440 kg/m ³ - modul elastičnosti 131000 N/mm ²
- elementi podvozja		
Maks. brzina: 310 km/h		Masa bolida: 640 kg



Slika 9. Ferrari F 150 iz 2011. godine [19]

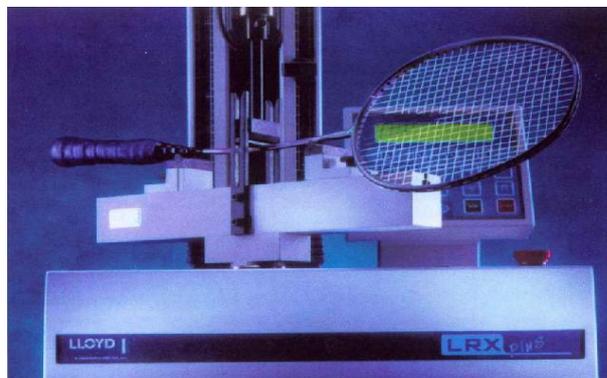
4. REZULTAT RAZVOJA PROIZVODA S RAZVOJEM MATERIJALA U TENISU

Najvažniji dio opreme tenisača je reket. Stoga je vrlo važno obratiti pozornost na vrstu i kvalitetu materijala koji je upotrijebljen za njegovu izradu. Od osiguravanja kvalitete proizvoda do objašnjavanja što u biti reket čini pogodnim za igru, tehnika testiranja materijala vrlo je značajna. U prošlih dvadeset godina dimenzije reketa su se povećale, a okviri su postali znatno lakši. Mjere, kao što su jačina udarca, izdržljivost, zamor, sposobnost uvijanja, naprezanje i standardno ispitivanje težine i ravnoteže, prepoznali su vodeći proizvođači teniskih i badminton reketa kao važna ispitivanja za uvjerenje o kvaliteti. Žice, bilo da su od prirodnih ili umjetnih materijala, s jednostrukim ili višestrukim punjenjem, mogu se lako ispitati i u tlačnom i u vlačnom načinu rada. Pomoću Lloydovih instrumenata proučavali smo žice, drške od vlakana i konca koje mogu biti korištene na univerzalnim LRX materijalima za ispitivanje instrumentima da podnesu različite zadane napore.



Slika 10. Teniski reketi [20]

Sve do 1970. godine svatko tko je bio uključen u sportove koji se igraju s reketom koristio je drvene rekete s kožnim drškama i prirodnim nitima. Uvođenje aluminijskih i željeznih okvira otvorilo je put za vrlo lagane i izdržljive materijale. Danas je većina okvira napravljena od laganih grafita ili grafita s kombinacijama pripojenih materijala kao što su titan, kevlar ili staklene niti, koji daju reketu dodatne razine elastičnosti s još uvijek konkurentnom cijenom [20].



Slika 11. Testiranje sportskog reketa na LRX plus [21]

Uvođenjem elastičnih okvira omogućen je precizniji udarac, dok kruti reketi proizvode više snage održavajući glavu krutom i spremnom za dolazeći udarac. Vibracije koje pritom nastaju ne mogu nestati i zbog njih trpi igračevo rame.

Brojni specijalizirani uređaji za mjerenje elastičnosti okvira reketa koriste "indeks krutosti". To obuhvaća stavljanje tereta na okvir i dodjeljivanje vrijednosti flexa (indeks krutosti) nakon odbijanja tereta. Što je viša vrijednost flexa, to znači da je okvir krući. Ovakvo statičko mjerenje može se ponoviti u vlačnim i tlačnim uvjetima na instrumentima kao što je Lloydov LRX ispitni instrument. S LRX Nexygen softverom imamo povećanu fleksibilnost u izvođenju detaljnih ispitivanja materijala za izradu reketa.

Čak i ispitivanje za malu silu može pomoći proizvođačima da shvate mehaniku svakog djelića reketa i pomoći im prilikom oblikovanja budućih. Lloyds Instruments su razvili paletu ispitne opreme, dodatka i softvera za ispitivanje materijala da bi proizvođačima omogućili izvedu ovih i drugih ispitivanja.

4.1. Najsuvremenija tehnologija izrade reketa

Revolucionarna tehnologija 03 omogućuje dvostruko veću mogućnost igraču da postigne najbolji udarac. 03 se odnosi na nov način držanja i zatezanja žica na reketu pomoću O-otvora koji su veliki, a u kombinaciji s aerodinamičnim okvirom reketa su dvostruko bolji nego dosadašnji. Pritom nije povećana glava reketa, reket nije dulji ni teži [22]. Jedna od glavnih karakteristika vrhunskih reketa – Prince 03 – je suvremena GraphitExtreme tehnologija izrade okvira, koja uključuje kombinaciju titana, bakra i ugljika što ih čini čvrstim i otpornim, a istodobno vrlo laganima u ruci. Na većini modela ovih reketa žice su trostruko

pletene. Postignuta je visoka tehnologija ublažavanja vibracija, poput ShockBlock sustava.



Slika 12. Reket Prince 03 [22]

4.2. Utjecaj različitih materijala na prenošenje vibracija pri udarcu

Tehnologije materijala odigrale su vitalnu ulogu u povijesti ove igre, naročito tijekom suvremenog doba s nastajanjem snažnih kompozitnih reketa.

Prvi su reketi izrađeni od krutih komada drveta kao što su jasen, javor i okume. Međutim, anizotropna priroda ovih materijala zahtijevala je promjenu u građi reketa u listićavu (pločastu) strukturu, koja je omogućila povećanje čvrstoće i snage reketa i u paralelnom i u okomitom smjeru na njegovu glavnu os. Premda su se karakteristike reketa značajno povećale usvajanjem listićave (pločaste) strukture, problem upijanja (apsorpcije) vode je ostao, što je rezultiralo naglašenim izvijanjem strukture, a time i promjenjivim karakteristikama.

U 70-tim godinama aluminijski su okviri uživali u kratkom razdoblju uspjeha ponudivši veću čvrstoću i manju masu. Ipak, prema kraju desetljeća uvedeni su novi kompozitni materijali od kontinuiranih vlakana koji su ubrzo nadmašili aluminij kao materijal za okvir. Prvi od ovih kompozitnih materijala bili su sastavljeni od staklenih vlakana smještenih u kalup od poliesterske smole, a kasnije su reketi bili sastavljeni od različitih stupnjeva ugljikovih vlakana smještenih u kalupe od epoksi smole.

Kratkotrajnom usponu aluminija pridonijeli su brojni činitelji. Kompozitni materijali i od staklenih i od ugljikovih vlakana imaju veću čvrstoću od aluminija, tako da reketi napravljeni od kompozitnih materijala mogu biti puno lakši, osobito u slučaju ugljikovih vlakana. Kontinuirana vlakna mogu se istkati raznim načinima u različita tkanja, dajući povećanu kontrolu nad svojstvima reketa. Npr., jednosmjerna vlakna ugrađena su duž glavne osi reketa za visoku čvrstoću kod savijanja, a 0/90° vlakna su pravilno složena na 45° za visoku jakost smicanja i čvrstoću.



Slika 13. Teniski lakat nastaje zbog refleksa stiska u šaci, kada se vibracije prenesu kroz reket [23].

Testovi s aluminijskim reketima pokazali su da se pojavljuje značajan pad čvrstoće na oko 6000 udaraca, uspoređeno s promjenom u čvrstoći reketa od ugljikovih vlakana oko 4 % nakon 50.000 udaraca [24]. Drugi važan činitelj za odbacivanje aluminija bilo je uspoređivanje svojstava prigušenja materijala za okvire – aluminij ima manju sposobnost prigušenja od kompozitnih, što je vrlo važno za zdravlje igrača.

Svojstva prigušenja kod okvira teniskog reketa jako su važna. Kada loptica udari reket, dolazi do vrste rezonancijskih valova unutar okvira i žica, a igrač tu rezonanciju osjeti kao vibraciju kroz dršku. Razina vibracija koje će igrač osjetiti ovisi o tome gdje je na reketu došlo do udarca. Ako se previše vibracija s drške prenese na šaku i ruku igrača, to često rezultira stanjem koje je poznato kao "lateral epiondylitis" ili "teniski lakat". Teniski lakat pogađa oko 45 % ljudi koji redovito igraju i osobit je problem za početnike kojima je često teško pogoditi lopticu s mekanom točkom reketa. Dok previše vibracija uzrokuje teniski lakat, bitno je da igrač može osjetiti udarac loptice. Potpuno uklanjanje vibracija rezultiralo bi nedostatkom informacije o udaru i pratećem smanjenju igračeve percepcije svojstva udarca.

Veliku važnost u evoluciji teniskog reketa imalo je korištenje piezoelektričnih materijala koji mogu kontrolirati vibriranje okvira. Potkraj 90-tih godina „Head“ je iskoristio *intelifiber*, materijal korišten u zrakoplovnoj industriji, kao osnovni element u stvaranju „inteligentnog“ reketa. Ovaj piezoelektrik (materijal koji vibriranjem proizvodi struju) ugrađivan je u vrat i glavu reketa pa je vibracija stvorena kontaktom reketa i loptice pri izvođenju udaraca proizvodila preko ovog materijala struju koja je učvršćivala okvir reketa i povećavala njegovu odbojnu snagu [25].

U budućnosti može doći do pretvaranja pasivne konfiguracije u aktivnu formu u kojoj se vibracije u okviru mogu osjetiti i onda poništiti invertiranjem električnog signala priključenog na piezoelektrične aktivatore koji se nalaze u dršci. Moglo bi se čak dogoditi da ova tehnologija konačno dovede do nestanka teniskog lakta.



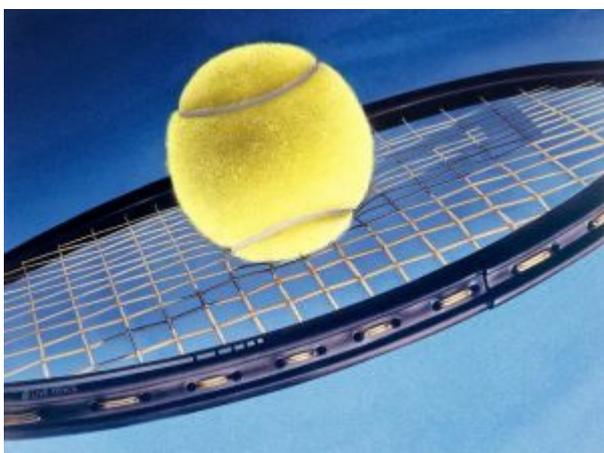
Slika 14. „Inteligentni“ reket [25]

4.3. Teniske loptice

Sam reket bez teniske loptice bio bi nevažan.

Teniske se loptice ne mijenjaju već godinama, a standardi su vrlo strogi i jasni. U 99 % slučajeva one su žute boje, točnije fluorescentno žute (ili svjetlo-zelene boje), jer je ustanovljeno da ima najbolju vidljivost za igrače, gledatelje i za potrebe televizijskih prijenosa. Nekada je loptica cijela bila od kože, a vanjska joj je strana bila obložena dlakom ili ovčjom vunom. Takva su rješenja potpuno napuštena [21].

Moderne su loptice napravljene od gume kojoj se dodaju određene kemikalije da dobije tražene karakteristike – propisanu skočnost, brzinu, težinu itd. Vanjski dio loptice načinjen je od posebnog filca od umjetnih vlakana, koji je ujedno i najskuplji dio lopte. Upravo je taj dio presudan kod određivanja karakteristika lopte. Njena preciznost, aerodinamika, skočnost i nezaobilazno trenje ponajviše ovise upravo o vanjskom materijalu. Stoga je izbor vanjskog materijala vrlo važan za dobivanje (ne) željenih značajki pojedine lopte [21]. Jači, duži i bogatiji vanjski dio loptice povećava otpor zraka, no isto tako povećava i kontrolu prilikom igre. Kod loptice s malo „dužom dlakom“ povećava se osjećaj upravljivosti, stoga su takve loptice i pogodnije za *spin* ili *slice* udarce kod kojih nije presudna brzina loptice već njena što veća rotacija.



Slika 15. Teniska loptica [26]

Skočnost je iznimno važan čimbenik i ona se osim odabirom vanjskog i unutarnjeg materijala regulira i

pritiskom zraka unutar loptice. Željeni tlak iznosi 2 bara, a testiranje skočnosti ispituje se u posebnim uvjetima i na posebnim materijalima.

Teniske se loptice najviše proizvode u Južnoj Africi, na koju otpada oko 90 % ukupne svjetske proizvodnje lopti. Svake se godine proizvede oko 300 milijuna loptica, za što je potrebno oko 15.000 četvornih metara gume. Ovaj podatak stvara i velike ekološke probleme budući da materijali od kojih je lopta napravljena nisu lako biološki razgradivi. Stoga su svjetski poznati turniri, poput Wimbledona, osigurali ekološki prihvatljivu reciklažu loptica koje se koriste za vrijeme igranja turnira [26].

5. ZAKLJUČAK

Slijedom razvoja materijala možemo pratiti njegov utjecaj na kvalitetu života i rada čovjeka u svim segmentima. Područja primjene različitih materijala mnogobrojna su i vrlo raznolika, pa smo se u ovom radu ograničili na područje sporta. To je jedno od područja gdje je utjecaj razvoja materijala najviše izražen.

Područje istraživanja suzili smo na Formulu 1 i tenis jer su to sportovi u kojima se potpuno može vidjeti širina utjecaja razvoja materijala, kako na postignute rezultate, zdravlje sportaša, tako i na očuvanje njihova života. U Formuli 1 interes za ponašanje materijala povećao se prijelazom s aluminijskih na karoserije od ugljičnih vlakana, ali kompozitni materijali su se pokazali sigurniji od metalnih prethodnika. U povijesti razvoja bolida važnu ulogu imali su kompozitni materijali, apsorpcija energije i oblikovanje.

Tehnologija materijala u Formuli 1 poprimila je ogromno značenje u posljednjem desetljeću. Tako se javljaju nova pravila koja ograničavaju ili čak zabranjuju upotrebu određenih materijala s namjerom da se zaštite sudionici i da se zadrže troškovi na prihvatljivoj razini.

Što se tiče tenisa, ključni momenti u razvoju materijala bili su uvođenje aluminijskih i željeznih okvira, laganih grafita i grafita s kombinacijama pripojenih materijala. Možemo zaključiti da je razvoj materijala imao revolucionarno značenje u tolikoj mjeri da je, konkretno utrke Formule 1, pretvorio u sport s minimalnom mogućnošću smrtnog ishoda. U tenisu pak očekujemo da razvoj tehnologije konačno dovede do nestanka "teniskog lakta" kao najučestalije ozljede u tom sportu.

6. LITERATURA

- [1] Ashby M.F., (2001), *Materials Selection in Mechanical Design*, Butterworth-Heinemann, Oxford
- [2] www.vidiauto.com/05sport/index.php?id=pitanja.php, 12.06.2011.
- [3] www.autonet.hr/default.asp?id=1971, 03.05.2011.
- [4] Filetin T., Kovačićek F., Indof J., (2007), *Svojstva i primjena materijala*, Fakultet strojarstva i brodogradnja, Zagreb
- [5] Slanjanić A., (2011), *Nova sezona, nova pravila*, www.dw-world.de/dw/article/0,,6479836,00.html, 13.06.2011.
- [6] Preston M., (2010), *Composite Material Substitution in Formula 1 – Implications for Industry*,

- <http://www.formtech-composites.co.uk/compositesUKcompositesubstituti on.html>, 05.04.2012.
- [7] <http://ferrari-f1-wallpaper-bolid.jpg&imgrefurl=http://stareslike.com/download -besplatno/tag/bolidi/&usg=598>, 12.06.2011.
- [8] www.tip-top.hr/modules/news/article.php?storyid=54, 06.05.2011.
- [9] <http://saobraćajni.blogspot.com/2009/01/>, 12.06.2011.
- [10] www.dunlop.eu/dunlop_hrhr/news/news_article.jsp?id=36413, 05.05.2011.
- [11] Brambilla E., (2011), Šasije od karbona više neće biti rezervirane za borbene avione, *Auto-klub*, Vol.No. 639, 78-79
- [12] <http://forum.f1-hr.com/viewtopic.php?t=1652>, 05.05.2011.
- [13] Filetin T., Indof J., Kovačićek F., (2002), *Svojstva i primjena materijala*, FSB, Zagreb
- [14] <http://www.research-racing.de/w154-a.htm>, 12.09.2011.
- [15] <http://www.sportscardigest.com/mercedes-benz-w154-silver-arrow-car-profile>, 12.09.2011.
- [16] Skupina autora, (1998), *Inženjerski priručnik, Proizvodno strojarstvo*, Školska knjiga, Zagreb
- [17] <http://en.wikipedia.org/wiki/Ferrari> 150%C2%B0 Italia, 13.09.2011.
- [18] [http://en.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Bez W154](http://en.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Bez_W154), 15.09.2011.
- [19] <http://scarbsf1.wordpress.com/category/ferrari-f150/> 15.09.2011.
- [20] http://winner.ba/bs/index.php?option=com_content&task=view&id=49&Itemid=, 05.05.2011.
- [21] www.fia.com/homepage/selection-a.html, 18.5.2011.
- [22] www.e-tennis.org/2011/02/izbor-teniskog-reketa.html, 05.05.2011.
- [23] http://www.google.hr/search?q=slike+za+teniski+lakat&hl=hr&prmd=imvns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=EUMoT6z3BYmj-gb1n_CWBQ&ved=0CCwQsAQ&biw=1280&bih=798, 20.05.2011.
- [24] www.hr-tenis.com/oprema/clanak/teniski-reketi?id=20881, 05.05.2011.
- [25] Matić L., (2006), *Sve o reketu*, <http://tenissrbija.blogspot.com/2006/12/sve-o-reketu-2.html>, 17.05.2011.
- [26] www.hr-tenis.com/oprema/clanak/teniske-loptice?id=21129, 19.5.2011.

IZRADA 3D MODELA KUĆIŠTA RAVNOG VENTILA DN 50

3D MODEL CONSTRUCTION OF THE STRAIGHT VALVE HOUSING DN 50

Hršak B.¹, Golubić S.¹, Bošnjak M.¹

¹Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvatska

Sažetak: Prikazana je izrada 3D modela kućišta centrifugalne pumpe na temelju postojećeg 2D nacrtu gotovog proizvoda primjenom sinkrone tehnologije 3D modeliranja, i reverzibilnog inženjeringa. Na temelju kreiranog 3D modela, predložene su moguće modifikacije postojeće izvedbe proizvoda. Provedene su analize zakrivljenosti površina, Bézierove krivulje modela i 3D geometrije. Prikazana je i mogućnost vizualizacije gotovog 3D modela na Web stranicama u cilju prezentiranja proizvoda budućim kupcima primjenom Web3D tehnologije.

Ključne riječi: centrifugalna pumpa, 3D modeliranje, Bézierove krivulje, CAD, Solid Edge ST2, brza izrada prototipa, reverzibilni inženjering

Abstract: The paper presents the creation of a 3D model of the pump housing on the basis of an existing 2D drafting of the final product using synchronous technology, 3D modeling, and reverse engineering. Based on the created 3D model, possible modifications to the existing product design have been proposed. The analyses of the surface curvature, Bézier curves of the model, and 3D geometry were performed. The possibility of visualization of the finished 3D model on a web site is shown so as to present the product to prospective customers by using Web3D technology.

Key words: centrifugal pump, 3D modeling, Bézier curves, CAD, Solid Edge ST2, rapid prototyping, reverse engineering

1. UVOD

Suvremeno projektiranje ne može se zamisliti bez upotrebe računala i (Computer-Aided Design) CAD programskih alata [1]. Projektiranje i konstruiranje pomoću računala obuhvaća sljedeće aktivnosti:

- izradu koncepta projekta
- konstruiranje 3D modela
- analizu 3D modela
- modificiranje dijelova 3D modela
- izradu 2D projektne dokumentacije

Na temelju spomenutih činjenica, prikazana je izrada 3D modela i 2D tehničke dokumentacije kućišta ravnog ventila DN 50 na osnovi postojećih 2D nacrtu (podloga). Za izradu 3D modela odabran je programski alat *SolidWorks 2011 Premium* zbog zahtjevnosti izrade modela i primjene naprednih tehnika modeliranja i analiza.

2. RAVNI ZAPORNI VENTILI

Ravni zaporni ventili (slika 1.) mogu se primijeniti na svim cjevovodima i uređajima koji nisu agresivni (voda, morska voda, goriva, ulja, para, stlačeni zrak i tehnički plinovi) na temperaturama od -20 ° do +450 °C [2].



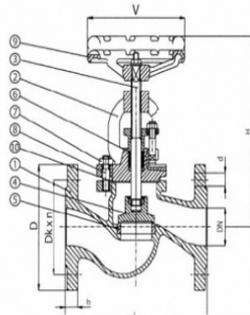
Slika 1. Ravni zaporni ventil [2]

Kućište ventila je ravno s priрубnicama na kraju, izrađeno od kvalitetnog sivog lijeva, s ugradbenom dužinom prema standardu EN 558-1, Red 1. Priključne mjere priрубnica su prema EN 1092-1, Tip B1. Zatvarač ventila se radi kao poseban dio, veza s vretenom je sigurna i čvrsta, ali omogućuje malo podešavanje položaja. Vreteno je izrađeno od nehrđajućeg čelika, kao i brtvena površina koja je izrađena od nehrđajućeg materijala direktno zavarenog na kućište. Brtvljenje vretena direktno se radi brtvenim paketom izrađenim od kvadratne pletenice na bazi čistog grafita koja ima otpornost na pritisak i temperaturu, kao i na kemijski agresivne fluide.

Konstrukcija je u skladu s EN 13709, maksimalni dopušteni diferencijalni pritisak donje strane zatvarača je prema traženom standardu, ali se može dopustiti i

diferencijalni pritisak jednak nazivnom pritisku ako se primijeni rasteretni zatvarač i protok s gornje strane preko zatvarača. Materijali su specificirani prema europskim standardima i za njih važi odnos radni pritisak/ temperatura, prema standardu EN 12561-1 (slika 2.) [2].

Prz.	Naziv	Materijal PN16/16	Materijal PN 25/40
1	Kućište	SI 250	ČI 1330
2	Poklopac	SI 250	ČI 1330
3	Vreteno	Č 4172	Č 4172
4	Zatvarač	Č 4172	Č 4172
5	Sedilite	Č 4172	navojna čaura MS
6	Zaprtivač vretena	grafitni azbest	grafitni azbest
7	Navrtka	JUS M.B1.601.5	JUS M.B1.601.5
8	Svorni vijak	JUS M.B1.601.5.6	JUS M.B1.601.5.6
9	Ručni točak	SI 250 - al	SI 250 - al
10	Zaprtivač	Jugelit 200	Jugelit 300



Slika 2. Popis dijelova ravnog zapornog ventila [2]

3. PROGRAMSKI ALAT SOLIDWORKS 2011 PREMIUM



Slika 3. Logo programa SolidWorks 2011 Premium [3]

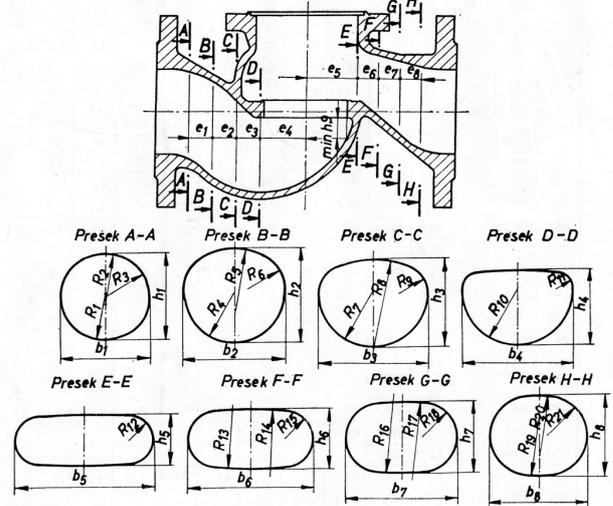
Programski alat *SolidWorks* (slika 3.) skraćuje vrijeme izrade 3D modela. Komunikacija preko sučelja programa omogućuje vizualno fokusiranje na sam rad, te podešavanje vizualnih funkcija i kontrola. Jasna alatna traka s podesivim "karticama" menija skraćuje korištenje "miša" na minimum (slika 4.). Brzo traženje datotečnih podataka bilo gdje pohranjenih radi se pomoću ugrađene tražilice s podesivim mogućnostima traženja. *SolidWorks* omogućuje oblikovanje i detaljiziranje velikih sklopova, kao i testiranje proizvoda već u ranoj fazi razvoja proizvoda. Time bi se poboljšala kvaliteta i produktivnost, skratilo bi se vrijeme izlaska proizvoda na tržište te bi se smanjili troškovi i potrošnja materijala. [4].



Slika 4. Osnovna traka s alatima [5]

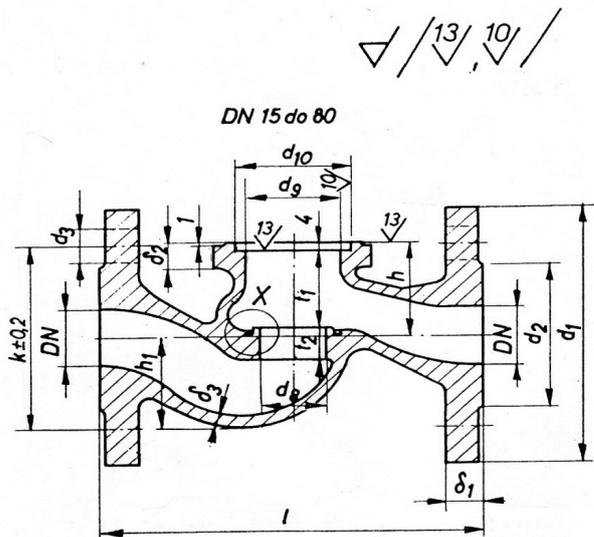
4. IZRADA 3D MODELA KUĆIŠTA RAVNOG VENTILA

Postojeći 2D nacrti sastoje se od poprečnih i uzdužnog presjeka kućišta ravnog ventila (slika 5. i 6.).



Slika 5. Poprečni presjeci kućišta ravnog ventila [6]

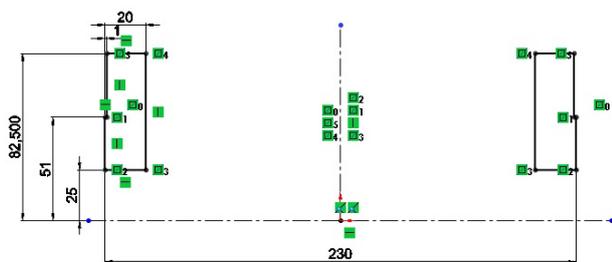
Svi poprečni presjeci koji su prikazani na slici 5. određuju promjene unutarnjeg promjera ulaznog i izlaznog voda ventila.



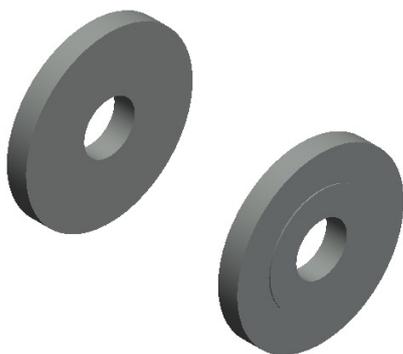
Slika 6. Uzdužni presjek kućišta ravnog ventila [6]

Slika 6. prikazuje osnovne dimenzijske parametre za oblikovanje kućišta ventila.

Postupak 3D modeliranja počinje modeliranjem lijeve i desne prirubnice ventila izradom skice i kružnim "dodavanjem materijala" na skicu. (slika 7. i 8.).

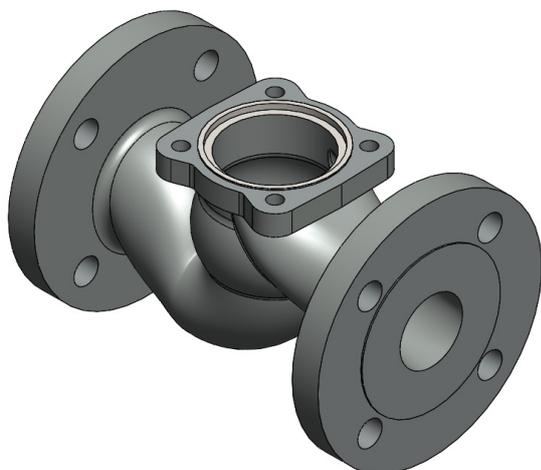


Slika 7. Skica profila prirubnice



Slika 8. Kružno dodavanje materijala na skicu profila

Pomoću raspoloživih alata za napredno (advanced) modeliranje izraden je 3D model kućišta ventila s promjenjivom geometrijom (slika 9.).



Slika 9. 3D model kućišta ravnog ventila DN 50

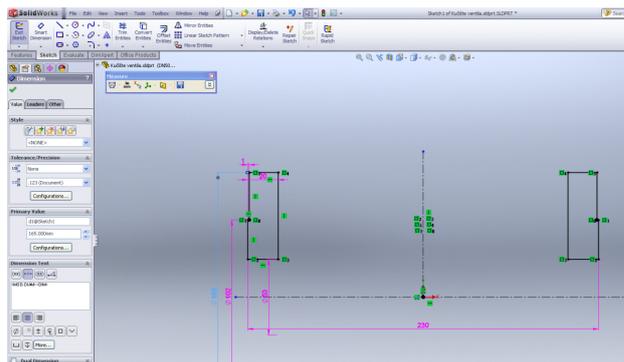
5. VARIJANTNO KONSTRUIRANJE-DESIGN TABLES

Design Tables je alat kojim se na jednostavan način pomoću definiranih ulaznih parametara geometrije ventila modeliraju slični ili isti 3D modeli različitih značajki (veličina) korištenjem *Excel* tablica. Kreiranje *Design Tablea* se može ostvariti na 3 načina:

- ubacivanjem novog praznog *Design Tablea* u 3D model te unošenjem informacija, odnosno parametara geometrije ventila direktno na radni list *Worksheet*, pa se nove konfiguracije automatski kreiraju u 3D modelu

- programski alat *SolidWorks* sam učitava parametre u *Design Table*
- kreiranjem posebnog radnog lista *Worksheetsa* u *Excelu*, spremanjem istog te ubacivanjem ili povlačenjem istog u 3D CAD model kako bi se kreirale konfiguracije

Unutar 3D modela, *Design Tableom* se mogu kontrolirati značajke modela, odnosno *feature*, te skice - *sketch*evi unutar značajki. Kontrolira se na taj način da se svakoj pojedinoj dimenziji - koti dodaje ime pa time ta kota postaje parametar. Imena parametara mogu biti velika i mala slova, slova grčkog alfabeta, latinična slova, brojke i sl. (slika 10.).

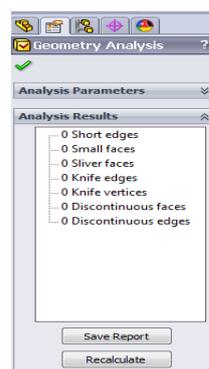


Slika 10. Primjer imenovanja kota za kontrolu značajki 3D modela

6. ANALIZE 3D MODELA

6.1. Analiza geometrije Geometry Analysis

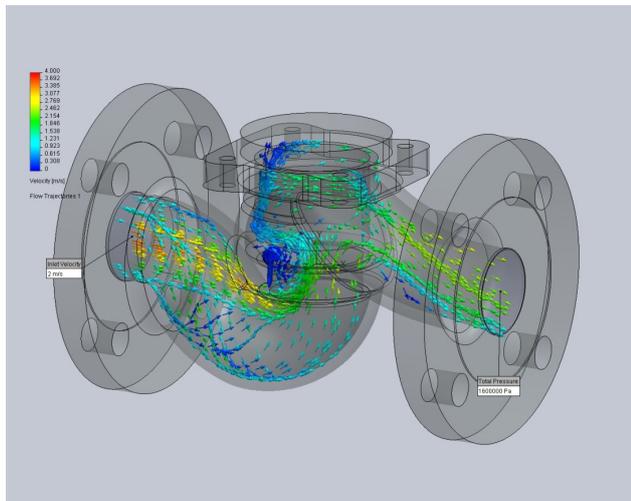
Geometry Analysis je alat za analizu 3D geometrije modela. Nakon provedene analize nije pronađena ni jedna pogreška na 3D modelu kućišta ravnog ventila (slika 11.).

Slika 11. Rezultati analize geometrije - *Geometry Analysis*

6.2. Analiza strujanja fluida *Flow Simulation*

Za razliku od drugih programa računalne dinamike fluida, *SolidWorks Flow Simulation* kombinira visoku razinu funkcionalnosti i točnosti s lakoćom uporabe. Programski alat je namijenjen za analizu toka i računalnu dinamiku fluida *CFD Computational Fluid Dynamics*, a

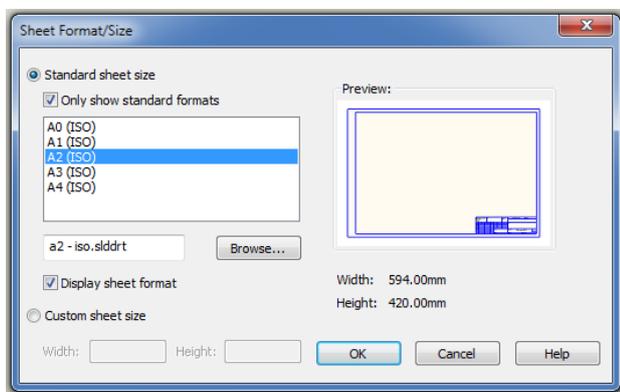
koristi "čarobnjak" sučelje za postavku analiza. Alatne trake i dijaloški okviri vrlo su slični *SolidWorks* sučelju. 3D simulacija toka strujanja medija kroz kućište ravnog ventila prikazana je na slici 12.



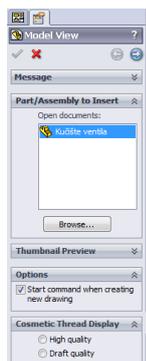
Slika 12. 3D simulacija toka strujanja medija kroz kućište ravnog ventila

7. GENERIRANJE 2D TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

Generiranje 2D dokumentacije iz 3D modela počinje podešavanjem i odabirom formata stranice za radionički crtež (slika 13.), uz odabir 3D modela-*Model View* (slika 14.).



Slika 13. Odabir formata stranice



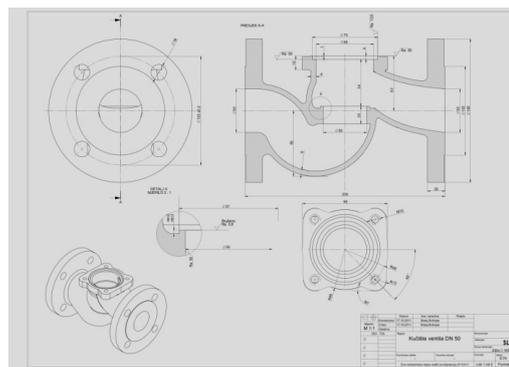
Slika 14. Odabir 3D modela

Zatim slijedi određivanje orijentacije projekcija 3D modela (slika 15.)



Slika 15. Određivanje orijentacije projekcija

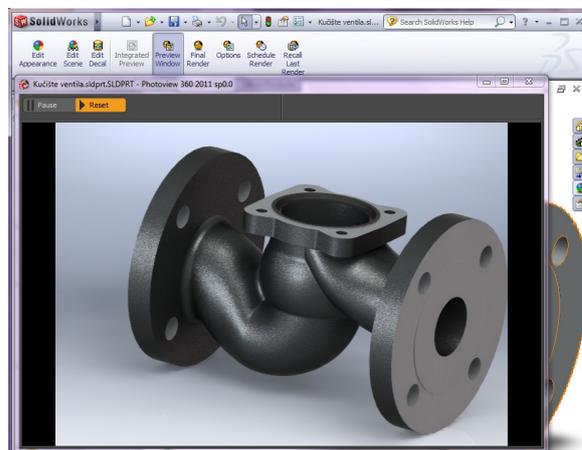
Nakon odabrane orijentacije projekcija na pripremljenom formatu papira pojavi se pravokutnik ispod kojeg se nalazi odabrana projekcija. Povlačenjem miša, projekcije 2D crteža se automatski generiraju prema odabranom pogledu (slika 16.).



Slika 16. 2D dokumentacija kućišta ravnog ventila

8. VIZUALIZACIJA 3D MODELA

U programskom alatu *SolidWorksu PhotoView 360* izrađen je fotorealistični prikaz kućišta ravnog ventila (slika 17.).



Slika 17. 3D model kućišta ravnog ventila u programskom alatu *SolidWorks PhotoView 360*

9. ZAKLJUČAK

Izradom virtualnog 3D modela proizvoda upotrebom CAD tehnologije značajno skraćujemo vrijeme razvoja proizvoda i smanjujemo troškove projektiranja. U radu je prikazana izrada 3D modela kućišta ravnog ventila DN 50 na temelju postojećih 2D nacrti (podloga). Nakon izrade 3D modela, tehnologijom "varijantnog konstruiranja" prezentiran je postupak interaktivne izrade "familije proizvoda" kućišta ravnog ventila. Analizirana je geometrije 3D modela i 3D simulacija toka strujanja fluida. Prikazan je i postupak izrade 2D tehničke dokumentacije, kao i fotorealistična 3D vizualizacija modela. Na temelju sveg spomenutog stvoreni su preduvjeti za izradu prototipa i provjeru njegove funkcionalnosti u stvarnim uvjetima rada.

10. LITERATURA

- [1] http://download.tutoriali.org/Tutorials/3D_Grafika/Solid_Works.pdf
- [2] <http://www.grejanje-expont.rs>
- [3] <http://blog.alignex.com/mechanical-technical-blog-0/>
- [4] <http://www.3dportal.info/>
- [5] Programski alat SolidWorks 2011 Premium
- [6] Matt Lombard, SolidWorks 2009 – Do kraja, Kompjuter biblioteka, 2009.

MODELIRANJE I SIMULIRANJE VIRTUALNOG 3D MODELA NA PRIMJERU ELEKTROMOBILA S TRI KOTAČA U OPEN DYNAMICS ENGINE-U

MODELING AND SIMULATION OF VIRTUAL 3D MODEL ON THE EXAMPLE OF A THREE-WHEEL ELECTRIC VEHICLE DESIGNED IN OPEN DYNAMICS ENGINE

Vrhovski Z.¹, Purković D.¹, Jurković I.¹

¹Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvatska

Sažetak: U ovom radu opisan je virtualni model elektromobila s tri kotača izrađenog u Open Dynamics Engine-u. Model vozila sadrži mnoga fizikalna svojstva stvarnog elektromobila te se s toga ovaj model može primijeniti za analizu i sintezu sustava upravljanja elektromobilom. Virtualno okruženje vozila modelirano je sa različitim podlogama (suhi asfalt, trava, led) na kojima se može pokazati različito vladanje elektromobila u raznim uvjetima. Elektromobil je opremljen s tri istosmjerna motora koji pokreću pojedine kotače. Motori su upravljani PI regulatorom.

Ključne riječi: Open Dynamics Engine, elektromobil, istosmjerni motor, PI regulator

Abstract: This paper describes a virtual model of a three-wheel electric vehicle designed in Open Dynamics Engine. The vehicle model includes many physical properties of a real electric vehicle. Thus, this model may be applied in analyzing and synthesizing the electric vehicle control system. The vehicle's virtual environment was modeled with various surfaces (dry asphalt, grass, ice), on which it may be shown how the electric vehicle behaves under various conditions. The electric vehicle is equipped with three DC motors that drive individual wheels. The motors are controlled by a PI controller.

Key words: Open Dynamics Engine, electric vehicle, DC motor, PI controller

1. UVOD

U današnje vrijeme razvoj i proizvodnja komercijalnih proizvoda mora se odvijati jako brzo. Treba izraditi prototip s obzirom na to da često ne možemo napraviti krajnji proizvod i testirati algoritme upravljanja na samom proizvodu. Prototipovi se mogu naći u raznim izvedbama. U ovom radu zanimljiv je virtualni fizikalni prototip elektromobila. Unutar virtualnog prototipa opisane su važne fizikalne pojave koje su često dovoljne da bi se razvio algoritam upravljanja za takav prototip. Za izradu virtualnog prototipa koristit će se Open Dynamics Engine. Virtuani modeli izrađuju se programiranjem u C++ programskom jeziku, a simulacija je izvedena korištenjem Matlab&SIMULINK- a.

2. MODELIRANJE VIRTUALNOG 3D MODELA ELEKTROMOBILA (TRICIKLA) U OPEN DYNAMICS ENGINE-U

Open Dynamics Engine (ODE) je besplatna biblioteka funkcija koja se koristi za modeliranje i simuliranje dinamike zglobnih krutih tijela. Tako je npr. ODE pogodan za simuliranje vozila, hodača te pokretnih objekata u Virtual Reality okruženju. Prednosti ODE-a su brzina, fleksibilnost, robusnost te ugrađene funkcije za detekciju sudara između pokretnog objekta i prostora u kojem se objekt kreće. Zbog brzine izvođenja ODE omogućuje simuliranje pokretnih objekata u stvarnom vremenu.

Kreiranje virtualnog modela elektromobila opisan je sljedećim koracima [1], [2]:

- 1) Stvaranje dinamičnog virtualnog svijeta
- 2) Stvaranje fizikalnog modela elektromobila u virtualnom svijetu
- 3) Postaviti položaj pojedinih dijelova tijela elektromobila u virtualnom svijetu
- 4) Stvaranje zglobova u virtualnom svijetu
- 5) Vezati zglobove s tijelom elektromobila
- 6) Postaviti parametre svih zglobova
- 7) Stvaranje virtualnog okruženja fizikalnog modela elektromobila
- 8) Stvaranje grupe zglobova elektromobila za koje se računaju točke kolizije
- 9) Simulacijska petlja
 - a) narinuti moment na kotače elektromobila
 - b) promijeniti/unijeti parametre zglobova ako je potrebno
 - c) pozvati funkciju detekcije sudara
 - d) proračunati točke kolizije pojedinih zglobova
 - e) pročitati vrijeme koraka simulacije i odrediti nova stanja elektromobila
 - f) uništiti trenutne točke kolizije
- 10) Uništiti stvorene objekte u virtualnom svijetu i sami svijet

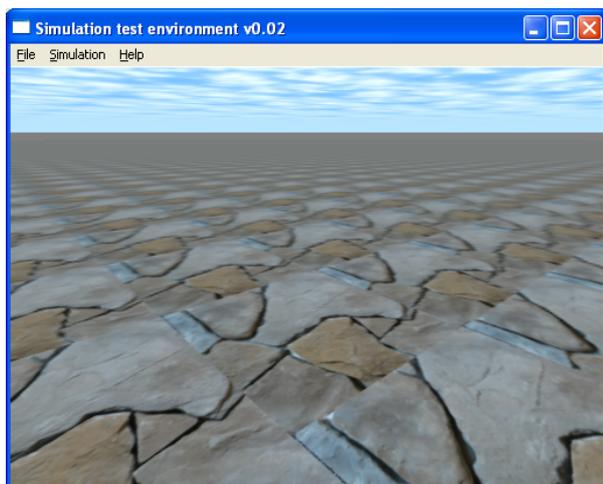
2.1. Stvaranje dinamičkog svijeta

Stvoreni virtualni svijet sadrži kruta tijela i zglobove. Objekti iz različitih virtualnih svjetova ne mogu stupiti u interakciju, odnosno ne kolidiraju. Najčešće aplikacije sadrže samo jedan svijet kao na primjeru svijeta elektromobila koji će biti opisan u nastavku.

Stvaranje svijeta odvija se sljedećim nizom naredbi:

```
static dWorldID world; // deklariranje
world-a
world = dWorldCreate(); // stvaranje world-
a
dWorldSetGravity(world, 0,0,-9.81); //
postavljenje gravitacije Zemlje
dWorldSetERP(world,0.5); //error reduction
parametar
dWorldSetCFM(world,0.00001); //constraint
force mixing
ground =
dCreatePlane(space,0,0,1,0); //ravnina u
kojoj leži podloga (x,y)
```

Nakon korištenja prethodnog slijeda naredbi dobiven je virtualni svijet prikazan na slici 1. Gravitacijska konstanta postavljena je u negativnom smjeru z-osi i ima iznos Zemljine gravitacijske konstante. Time vrijede svi fizikalni zakoni za kruta tijela na Zemlji.



Slika 1. Virtualni svijet u ODE-u

2.2. Stvaranje fizikalnog modela elektromobila u virtualnom svijetu

Stvaranje fizikalnog modela u virtualnom svijetu odvija se nizom naredaba:

```
// tijelo automobila; donji dio
body[0] = dBodyCreate (world); //
stvaranje tijela
dQuaternion q;
dQFromAxisAndAngle (q,1,0,0,0); //
orijentacija tijela
dBodySetQuaternion (body[0],q);
dBodySetPosition (body[0],0,0,STARTZ); //
pozicija tijela
dMassSetBox (&m,1,LENGTH,WIDTH,HEIGHT); //
definiranje volumena tijela
```

```
dMassAdjust (&m,CMASS); // definiranje
mase tijela
dBodySetMass (body[0],&m); // postavljanje
mase tijela
```

```
box[0]=dCreateBox(0,LENGTH,WIDTH,HEIGHT);
// geometrijski oblik tijela
dGeomSetBody (box[0],body[0]);
```

```
// tijelo automobila; gornji dio
body[4] = dBodyCreate (world);
dBodySetPosition (body[4],0,0,STARTZ +
3*HEIGHT/4);
dMassSetBox
(&m,1,LENGTH/2,WIDTH/2,HEIGHT/2);
dMassAdjust (&m,CMASS/100);
dBodySetMass (body[4],&m);
ground_box[9] = dCreateBox
(0,LENGTH/2,WIDTH/2,HEIGHT/2);
dGeomSetBody (ground_box[9],body[4]);
// tijelo automobila; kotači
for (i=1; i<=3; i++) {
body[i] = dBodyCreate (world);
dQuaternion q;
dQFromAxisAndAngle (q,1,0,0,M_PI*0.5);
dBodySetQuaternion (body[i],q);
dMassSetSphere (&m,1,RADIUS);
dMassAdjust (&m,WMASS);
dBodySetMass (body[i],&m);
cylinder[i-1] = dCreateCylinder
(0,RADIUS,0.2);
dGeomSetBody (cylinder[i-1],body[i]);
}
```

Prethodnim nizom naredbi definiran je fizikalni model tijela elektromobila. Definirane su dimenzije elektromobila, polumjer kotača, masa pojedinih dijelova elektromobila te orijentacija pojedinih dijelova elektromobila.

2.3. Postavljanje pozicije pojedinih kotača elektromobila

Postavljanje pozicije pojedinih kotača u odnosu na tijelo elektromobila dano je naredbama:

```
dBodySetPosition
(body[1],0.5*LENGTH,0,STARTZ-HEIGHT*0.5);
```

```
dBodySetPosition (body[2],0.5*LENGTH,
WIDTH*0.5,STARTZ-HEIGHT*0.5);
```

```
dBodySetPosition (body[3],0.5*LENGTH,-
WIDTH*0.5,STARTZ-HEIGHT*0.5);
```

Spomenute naredbe postavljaju kotače s obzirom na dimenziju tijela elektromobila. Postavljanje pozicija svih dijelova tijela elektromobila obavlja se u globalnom koordinatnom sustavu virtualnog svijeta. Kasnije, tijekom simulacije, lokalni koordinatni sustav elektromobila giba se zajedno s elektromobilom te se uvijek ostvaruje fiksna pozicija kotača u odnosu na tijelo elektromobila. Pozicija je fiksna. Uvođenjem parametara ERP (*error reduction parametar*) i CFM (*constraint*)

force mixing) tijekom simulacije dolazi do promjene pozicije zglobova kotača u odnosu na tijelo elektromobila, čime je na jednostavan način modeliran ovjes elektromobila. Rezultat stvaranja fizikalnog modela elektromobila prikazan je na slici 2.



Slika 2. Elektromobil u ODE-u

2.4. Stvaranje zglobova elektromobila, povezivanje zglobova i podešavanje postavki zglobova

Stvaranje zglobova elektromobila te postavljanje parametara zglobova i povezivanje s tijelom elektromobila navedeno je sljedećim naredbama:

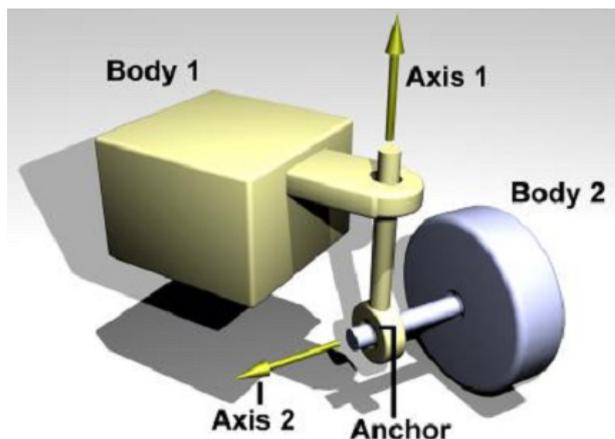
```
// kreiranje zglobova
for (i=0; i<3; i++) {
  joint[i] = dJointCreateHinge2 (world,0);
  dJointAttach (joint[i],body[0],body[i+1]);
  // kreiranje zgloba
  const dReal *a = dBodyGetPosition
  (body[i+1]);
  dJointSetHinge2Anchor
  (joint[i],a[0],a[1],a[2]); // postavljanje
  //pozicije zgloba u odnosu na tijelo
  elektromobila
  dJointSetHinge2Axis1 (joint[i],0,0,1); //
  os rotacije 1. zgloba
  dJointSetHinge2Axis2 (joint[i],0,1,0); //
  os rotacije 2. zgloba
}

// fiksni zglob; gornji dio automobila
joint[3] = dJointCreateFixed(world,0);
dJointAttach (joint[3],body[0],body[4]);
dJointSetFixed(joint[3]);

// postavljanje parametara zgloba
for (i=0; i<3; i++) {
  dJointSetHinge2Param
  (joint[i],dParamSuspensionERP,0.8);
  dJointSetHinge2Param
  (joint[i],dParamSuspensionCFM,0.001);
  dJointSetHinge2Param
  (joint[i],dParamLoStop,0);
```

```
dJointSetHinge2Param
(joint[i],dParamHiStop,0);
}
```

Na slici 3. prikazan je zglob tipa *Hinge-2*. Prvi zglob omogućuje skretanje kotača, a drugi zglob okretanje kotača. S obzirom na to da se kut zakreta kotača mora ograničiti, treba podesiti parametre zgloba tako da se definiira najmanji i najveći kut zakreta. Na pojedini zglob moguće je narinuti kutnu brzinu zakreta u zglobu. Pošto se prvim zglobom želi postići određeni zakret, dovoljno je napraviti P regulator zakreta unutar ODE-a te se tako može modelirati skretanje volanom.

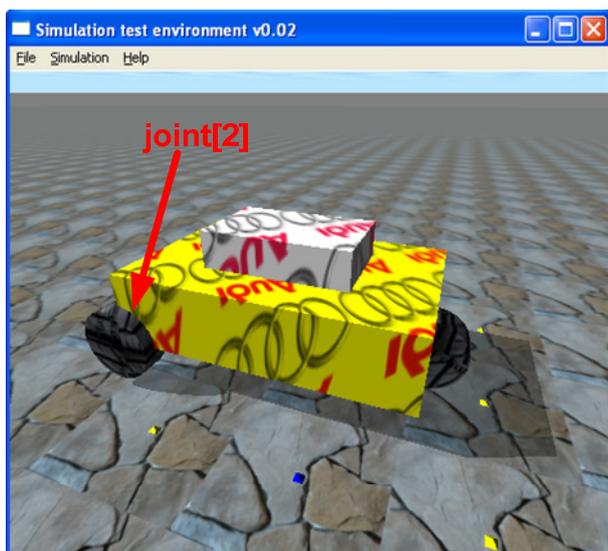


Slika 3. *Hinge-2* zglob

Zglobovi pojedinih kotača prikazani su na slikama 4. i 5. Na drugi zglob moguće je također narinuti brzinu vrtnje, ali s obzirom da su kotači pogonjeni elektromotorima, zanimljivo je modelirati drugi zglob tako da mu se u zglobu narine moment. Na taj način se moment proizveden istosmjernim motorom unutar simulacije može direktno priključiti na drugi zglob virtualnog modela.



Slika 4. Prikaz zglobova na virtualnom modelu elektromobila (1)



Slika 5. Prikaz zglobova na virtualnom modelu elektromobila (2)



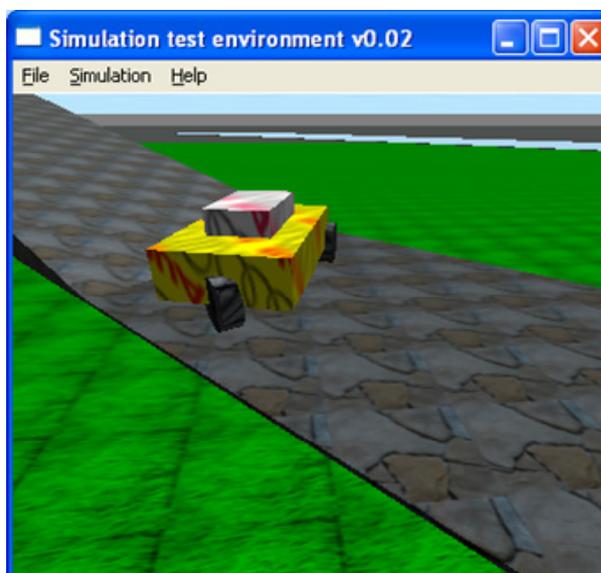
Slika 7. Virtualno okruženje elektromobila (2)

2.5. Stvaranje virtualnog okruženja elektromobila

Da bi se moglo ispitati vladanje elektromobila na kosini, ledu i raznim drugim podlogama potrebno je stvoriti željeno virtualno okruženje. Na slikama 6., 7. i 8. prikazano je okruženje automobila koje može biti na cesti, travi, na ledenoj podlozi, na nizbrdici i uzbrdici. Pojedrinim područjima (podlogama) može se postaviti različiti koeficijent trenja čime je omogućeno modeliranje asfalta, leda i ostalih podloga.



Slika 6. Virtualno okruženje elektromobila (1)



Slika 8. Virtualno okruženje elektromobila (3)

2.6. Izvođenje simulacije

Simulacija u ODE-u izvodi se diskretno. U svrhu simuliranja modela elektromobila koristi se vrijeme diskretizacije od 0.01 s. Unutar jednog ciklusa izvođenja postavljaju se vrijednosti momenata u zglobovima i zakreti kotača, te se proračunava kolizija elektromobila s virtualnim okruženjem. Nakon toga se, koristeći vrijeme diskretizacije i informacije o koliziji, proračunava nova vrijednost brzine vozila u svim smjerovima, kutna brzina kotača, pozicije vozila i orijentacija vozila. Moment kotača zadaje se sljedećim nizom naredbi:

```
dJointAddHinge2Torques(joint[0],0,-
CarVariable.ReferentTorque[0]);
```

```
dJointAddHinge2Torques(joint[1],0,-
CarVariable.ReferentTorque[1]);
```

```
dJointAddHinge2Torques(joint[2],0,-
CarVariable.ReferentTorque[2]);
```

Momente na kotače stvaraju elektromotori koji će biti modelirani u Matlab&SIMULINK-u. Nova stanja vozila računaju se interno u ODE-u u kojem je ostvarena i kinematika i dinamika vozila.

3. MODELIRANJE I SIMULIRANJE SUSTAVA UPRAVLJANJA DC MOTORIMA ELEKTROMOBILA MODELIRANOG U OPEN DYNAMICS ENGINE-U

Virtualni model izveden u ODE-u potrebno je iskoristiti u svrhu simulacije i sinteze sustava upravljanja elektromobilom. Da bi to bilo izvedivo treba uspostaviti vezu između ODE-a i Matlab SIMULINKA (jedno od mogućih rješenja). Ova veza zapravo se svodi na komunikaciju između C++ modela i Matlab SIMULINKA [2]. Simulacijska shema prikazana je na slici 9. U svrhu simulacije, za pogon pojedinog kotača automobila koristi se istosmjerni motor s nezavisnom uzbudom. Diferencijalne jednačbe koje opisuju istosmjerni motor dane su relacijama, [2], [4], [6]:

$$U_a(t) = L_a \frac{di_a(t)}{dt} + i_a(t)R_a + k_m \omega_w(t) \quad (1)$$

$$\tau_e(t) = k_m i_a(t) \quad (2)$$

gdje su:

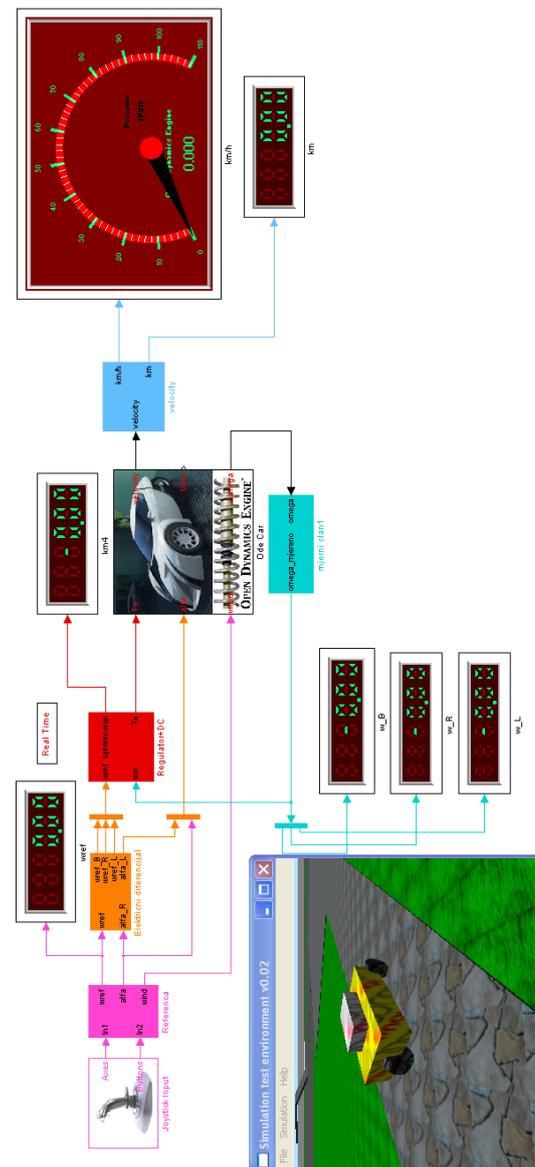
- U_a – napon armature istosmjernog motora, [V]
- I_a – struja armature istosmjernog motora, [A]
- L_a – induktivitet armature istosmjernog motora, [H]
- R_a – otpor armature istosmjernog motora, [Ω]
- k_m – koeficijent elektromagnetskog momenta, [Nm/A]
- ω_w – brzina vrtnje rotora istosmjernog motora (kotača automobila), [rad/s]
- τ_e – elektromagnetski moment, [Nm]

Za upravljanje brzinom vrtnje korišten je PI regulator [7]. Parametri PI regulatora određeni su prema simetričnom optimumu [3], [5]. Upravljački algoritam PI regulatora dan je relacijom:

$$U_a = K_r e(t) + \frac{K_r}{T_I} \int_0^t e(t) dt \quad (3)$$

gdje su:

- K_r – proporcionalno pojačanje PI regulatora, [Vs/rad]
- T_I – integralna vremenska konstanta PI regulatora, [s]
- e – pogreška brzine vrtnje, [rad/s]



Slika 9. Simulacijska shema sustava upravljanja virtualnog modela elektromobila

3.1. Simuliranje virtualnog modela elektromobila u Matlab SIMULINKU

U tablicama 1. i 2. nalazi se popis parametara korištenih u simulaciji.

Tablica 1. Parametri matematičkog modela automobila

$r_w = 0.2593$ m	$M_w = 651$ kg	$L_w = 2.05$ m	$d_w = 1.3$ m
------------------	----------------	----------------	---------------

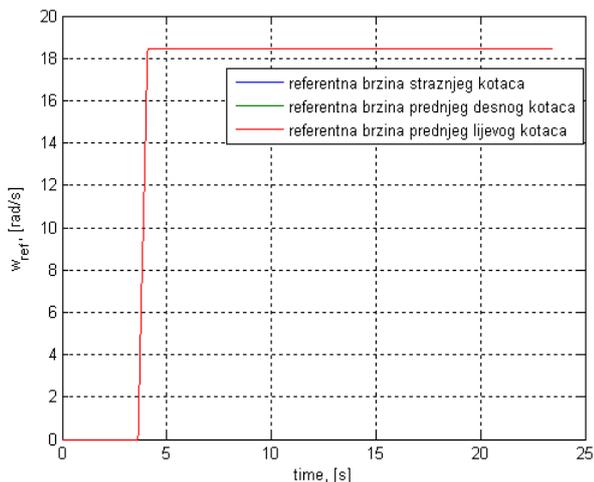
gdje su :

- r_w – radijus kotača, [m]
- M_w – masa elektromobila, [kg]
- L_w – razmak između prednjih i stražnjih kotača, [m]
- d_w – razmak između prednjih kotača, [m]

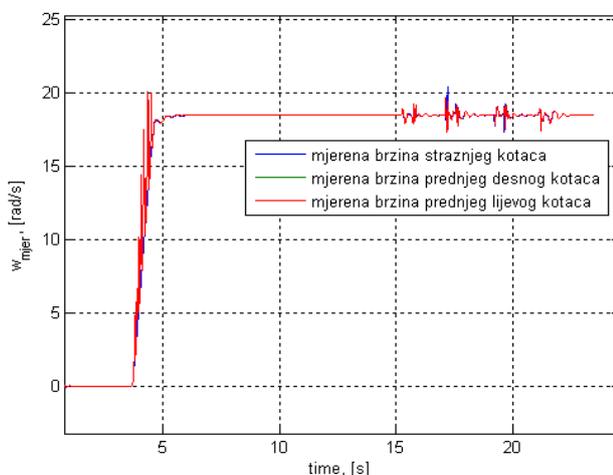
Tablica 2. Parametri DC motora i PI regulatora

$R_a = 0.5 \Omega$	$L_a = 1 \text{ mH}$	$U_{an} = 96 \text{ V}$	$M_n = 60 \text{ Nm}$
$k_m = 0.8122 \text{ Nm/A}$	$\omega_n = 100 \text{ rad/s}$	$K_r = 150 \text{ Vs/rad}$	$T_I = 0.3 \text{ s}$

Primjenom simetričnog optimuma [3] dobiveni su parametri regulatora $K_r = 110.8 \text{ Vs/rad}$ i $T_I = 0.02 \text{ s}$. Zbog nadvišenja u sustavu, parametri su modificirani na vrijednosti u tablici 2.

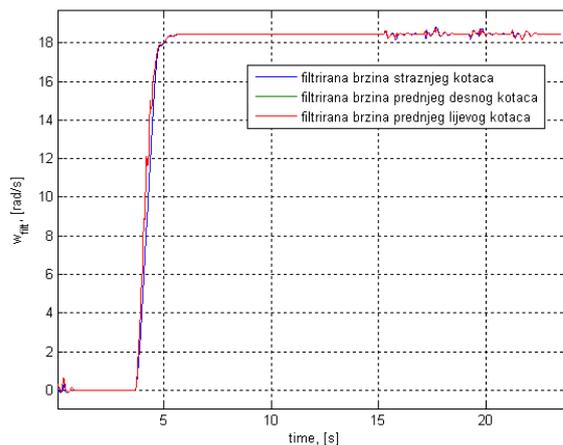


Slika 10. Referentna brzina kotača

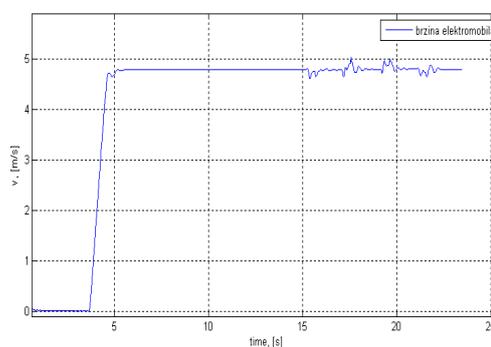


Slika 11. Mjerena brzina vrtnje kotača

Na slikama 10. - 13. prikazan je odziv nekih fizikalnih veličina elektromobila. Na slici 10. prikazana je referentna brzina vrtnje kotača. Kako se auto giba pravocrtno, referentne brzine vrtnje svih kotača su jednake. S obzirom na to da je mjerena brzina vrtnje kotača (slika 11.) zašumljana, koristi se filtar prvog reda da bi se filtrirao signal povratne veze (slika 12.). Brzina elektromobila prikazana je na slici 13.



Slika 12. Filtrirana brzina vrtnje kotača



Slika 13. Brzina elektromobila

4. ZAKLJUČAK

Korištenje prototipa smanjuje troškove razvoja konačnog proizvoda, ali i sami razvoj proizvoda. Bitno je naglasiti da se promjene dimenzija elektromobila ili nekih drugih parametara izvedu samo promjenom parametra unutar simulacije, što je velika prednost naspram korištenja prototipa koji je krajnju proizvod. Prototip izveden u ODE-u ima neke nedostatke s obzirom da je to *Open Source* koji se koristi isključivo za igre. Kako je riječ o *Open Source-u*, moguće je riješiti pojedine nedostatke. Komunikacijom virtualnog modela izrađenog u C++ programskom jeziku s Matlab&SIMULINK-om omogućena je sinteza sustava upravljanja. *Open Dynamics Engine* može se koristiti za simulaciju drugih krutih tijela. U radu nije pridana pozornost izgledu samog elektromobila, već samo dinamici i kinematici elektromobila.

5. LITERATURA

- [1] Smith, Russell. OPEN DYNAMICS ENGINE v5.0 USER GUIDE. 23. 2. 2006.
- [2] Vrhovski, Z. Analiza stabilnosti i upravljivosti vozila s elektroničkim diferencijalom : diplomski rad br. 96. FER, 2010.
- [3] Umland, J.W.; Safiuddin, M. Magnitude and symmetric optimum criterion for the design of linearcontrol systems. New York, 1990.

- [4] Vrhovski, Z. Upravljanje elektroničkim diferencijalom. Zagreb : FER, 2009.
- [5] Flores, A. Antiwindup Control Scheme.
- [6] MathWork, <http://www.mathworks.com/>.
- [7] Vukić, Z. ; Kuljača, Lj. Automatsko upravljanje – analiza linearnih sustava. Zagreb : Kigen, 2005.

Kontakt:

Zoran Vrhovski, mag. ing. eit.
Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Trg Eugena Kvaternika 4,
43000 Bjelovar
mob: 0917842199
tel: 043/241-185

mail:

zvrhovski@vtsbj.hr

dpurkovic@vtsbj.hr

bhrsak@vtsbj.hr

IZRADA 3D MODELA KUĆIŠTA CENTRIFUGALNE PUMPE

3D MODEL CONSTRUCTION OF THE CENTRIFUGAL PUMP HOUSING

Hršak B.¹, Golubić S.¹, Carek D.¹

¹Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvatska

Sažetak: Prikazana je izrada 3D modela kućišta centrifugalne pumpe na temelju postojećeg 2D nacrtu gotovog proizvoda primjenom sinkrone tehnologije 3D modeliranja, i reverzibilnog inženjeringa. Na temelju kreiranog 3D modela, predložene su moguće modifikacije postojeće izvedbe proizvoda. Provedene su analize zakrivljenosti površina, Bézierove krivulje modela i 3D geometrije. Prikazana je i mogućnost vizualizacije gotovog 3D modela na Web stranicama u cilju prezentiranja proizvoda budućim kupcima primjenom Web3D tehnologije.

Ključne riječi: centrifugalna pumpa, 3D modeliranje, Bézierove krivulje, CAD, Solid Edge ST2, brza izrada prototipa, reverzibilni inženjering

Abstract: The paper presents the creation of a 3D model of the pump housing on the basis of an existing 2D drafting of the final product using synchronous technology, 3D modeling, and reverse engineering. Based on the created 3D model, possible modifications to the existing product design have been proposed. The analyses of the surface curvature, Bézier curves of the model, and 3D geometry were performed. The possibility of visualization of the finished 3D model on a web site is shown so as to present the product to prospective customers by using Web3D technology.

Key words: centrifugal pump, 3D modeling, Bézier curves, CAD, Solid Edge ST2, rapid prototyping, reverse engineering

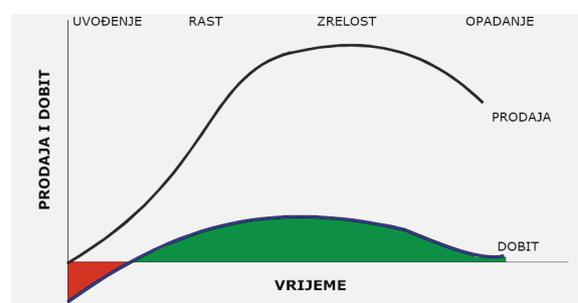
1. UVOD

Svaki proizvod ima životni ciklus na temelju kojeg se određuje strategija koja se primjenjuje u svakoj od faza [1]. Faze životnog ciklusa proizvoda:

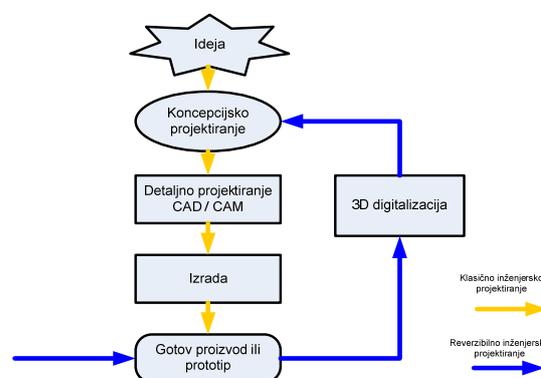
- uvođenje proizvoda na tržište
- rast proizvoda
- zrelost proizvoda
- odumiranje (opadanje) proizvoda

U fazi zrelosti prodaja proizvoda nastavlja rasti, ali samo u prvom dijelu te faze. U drugom dijelu dolazi do opadanja prodaje zbog zasićenja tržišta (slika 1.). Novi konkurenti, kojih je sve više, kopiranjem vodećeg proizvoda i nižim cijenama osvajaju dio tržišta. Stoga je

potrebno redizajnirati proizvod – napraviti reverzibilni inženjering (slika 2.).



Slika 1. Životni ciklus proizvoda [1]



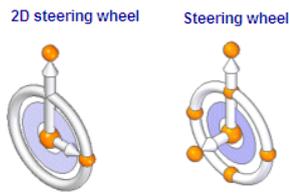
Slika 2. Klasično i RE (reverzibilno) projektiranje [2]

Na temelju spomenutih činjenica prikazana je izrada 3D modela kućišta centrifugalne pumpe na temelju 2D nacrtu poprečnih presjeka postojećeg proizvoda.

2. SINKRONA TEHNOLOGIJA MODELIRANJA

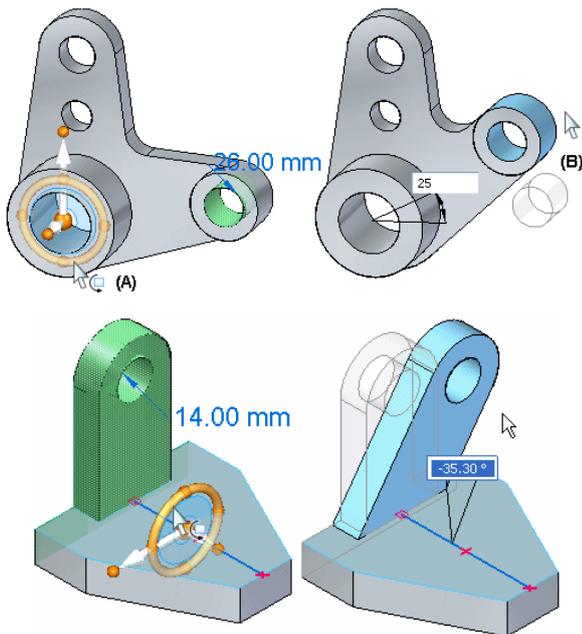
Za izradu 3D modela korišten je programski alat Solid Edge ST2 (sinkrona tehnologija).

Sinkrona tehnologija kombinira brzinu i fleksibilnost izravnog modeliranja uz preciznu kontrolu dimenzija i zadržavanje parametarskih odnosa kojima je opisan kreirani model. Na slici 3. prikazan je upravljač izravnog modeliranja - Steering Wheel, karakterističan upravo za sinkronu (ST) tehnologiju.



Slika 3. Upravljač izravnog modeliranja [3]

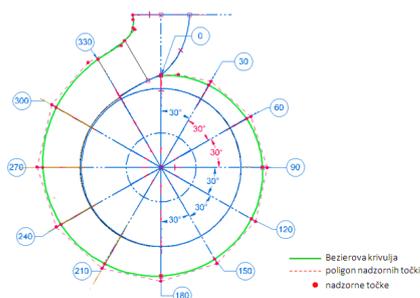
Ovaj proces 3D modeliranja omogućuje da se određene CAD dizajnerske aktivnosti mogu odraditi i do 100 puta brže od klasičnog pristupa, baziranog na kronološkom (povijesnom) zapisu faza i postupaka izrade modela (slika 4.).



Slika 4. Mogućnosti direktnog modifikiranja modela [3]

3. IZRADA 3D MODELA KUĆIŠTA CENTRIFUGALNE PUMPE

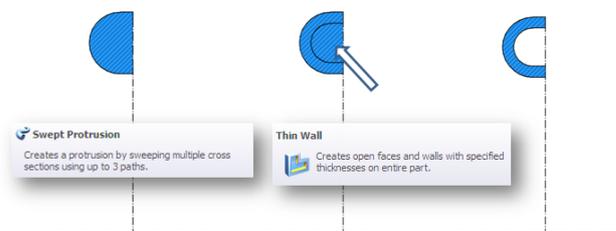
Postojeći 2D nacrt sastoji se od poprečnog presjeka kućišta pumpe na kojem su označeni i kotirani radijalni presjeci svakih 30 stupnjeva. Ravnine presjeka definirane su prema kutu koji zatvaraju s ravninom YZ referentnog koordinatnog sustava (slika 5.).



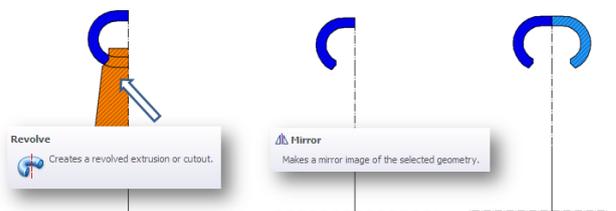
Slika 5. Osnovna skica za početak modeliranja
Svaki presjek ima zajedničko obilježje – presjek kružnog prstena (smanjuje zazor između kućišta pumpe i rotora,

te dijeli ulazni dio od izlaznog) koji se nastavlja na polilinije. Polilinije se sastoje od kružnih lukova na koje se tangencijalno nastavljaju ravne linije, tvoreći tako površinu koja se sa svakim presjekom povećava, krenuvši od 0° do 360°. Svi presjeci su povezani Bèzierovom krivuljom koja će se koristiti kao putanja za dodavanje materijala.

Zbog složenosti rješenja i boljeg objašnjenja opisan je postupak nastajanja 3D modela u jednoj presječnoj ravnini. Za skicu presjeka koja će služiti za "dodavanje materijala" optimalnim se pokazao poluprofil pumpe (puni, bez detalja). Bitno je da skica ima barem 2 oštra brida zbog ispravnog mapiranja profila. Nakon "dodavanja materijala" po putanji slijedi izrada ljsuke (slika 6.) i oduzimanje materijala rotacijom profila i zrcaljenje svih kreiranih značajki modela (slika 7.).

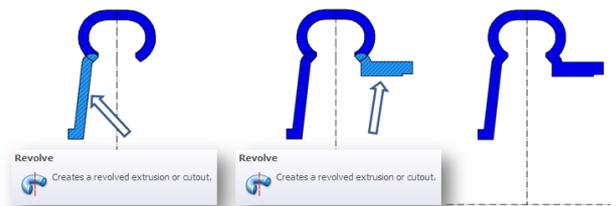


Slika 6. "Dodavanje materijala" po putanji i izrada ljsuke

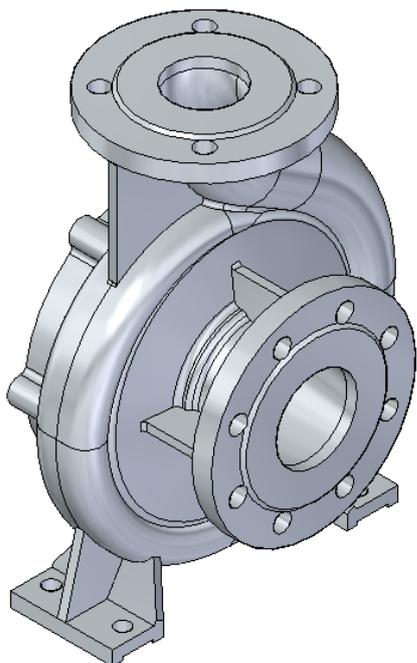


Slika 7. "Oduzimanje materijala" rotacijom i zrcaljenjem 3D modela

Zatim slijedi dodavanje materijala rotacijom - različiti profil za prednju i zadnju stranu (slika 8.). Ovim postupkom izrađen je 3D model koji potpuno odgovara zadanim i kotiranim poprečnim presjecima. Time je riješen glavni problem 3D modeliranja kućišta centrifugalne pumpe. Ostatak modeliranja bi se mogao svrstati pod nadogradnju detalja klasičnim postupcima.



Slika 8. Dodavanje materijala rotacijom

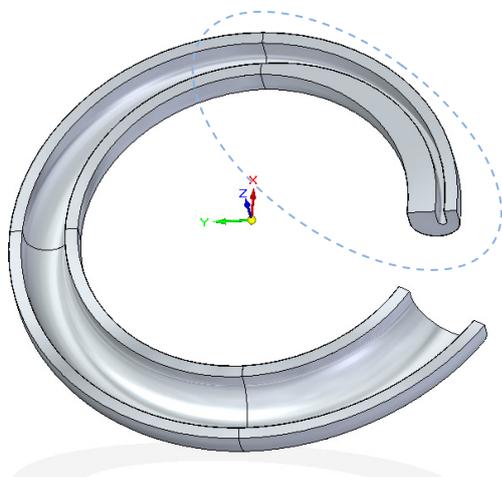


Slika 9. 3D model kućišta centrifugalne pumpe

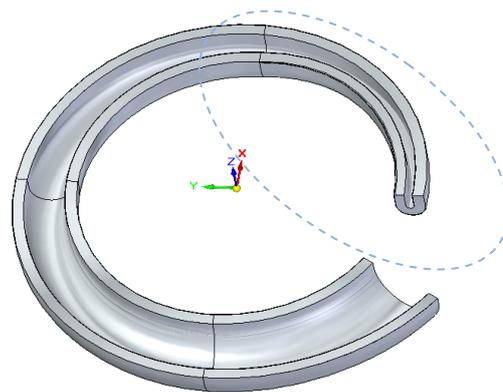
4. ANALIZE 3D MODELA

4.1. Promjena profila poprečnog presjeka 0° - 90°

Tijekom 3D modeliranja uočeno je odstupanje u debljini stijenke kućišta na baznom spiralnom dijelu od 0° do 90°, što otežava izradu 3D modela (slika 10.). Kako je za pumpu važan unutarnji profil, potrebno je da vanjski profil prati unutarnji s konstantnom debljinom stijenke od 8 mm, te bi se i taj dio tada mogao oblikovati "dodavanjem materijala" (punog profila) po putanji i zatim izradom ljuske. Time bi se ubrzalo 3D modeliranje, smanjila bi se veličina datoteke i postigla uniformnost prilikom modeliranja. Na taj način bi se upotrebom Bèzierove krivulje kao putanje i poprečnih presjeka profila osnovni spiralni dio mogao oblikovati u jednom potezu, što bi olakšalo parametrisiranje modela (slika 11.).



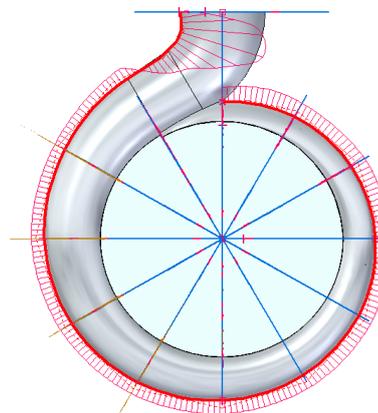
Slika 10. Postojeći 3D model



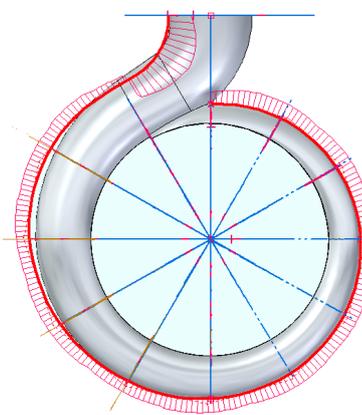
Slika 11. Prijedlog modifikacije 3D modela

4.2. Analiza zakrivljenosti krivulje

Prilikom modificiranja Bèzierove krivulje moguće je prikazati zakrivljenost direktno na krivulji u obliku zraka normalnih na krivulju čija veličina (duljina zrake) predstavlja zakrivljenost u nekom mjerilu [4]. Primjer takvog prikaza zakrivljenosti je prikazan na slici 12. Ne ulazeći u promjenu površine poprečnog presjeka spiralnog dijela kućišta, već samo u modificiranje oblika profila, kao "vodilja" može biti novo kreirana krivulja na slici 13.



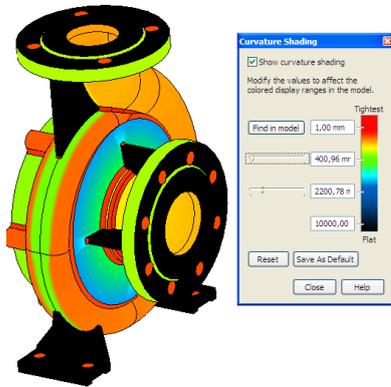
Slika 12. Analiza zakrivljenosti Bèzierove krivulje postojećeg modela



Slika 13. Analiza zakrivljenosti modificirane Bèzierove krivulje

4.3. Analiza zakrivljenosti površina

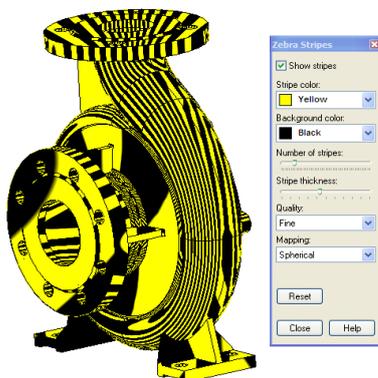
Prilikom rada sa zakrivljenim površinama, za analizu i redizajn 3D modela korisno je upotrijebiti alat za sjenčanje u ovisnosti o zakrivljenosti površine da bi se uočili diskontinuiteti i infleksije (slika 14.).



Slika 14. Sjenčanje 3D modela

4.4. Analiza zakrivljenosti "zebra" uzorkom

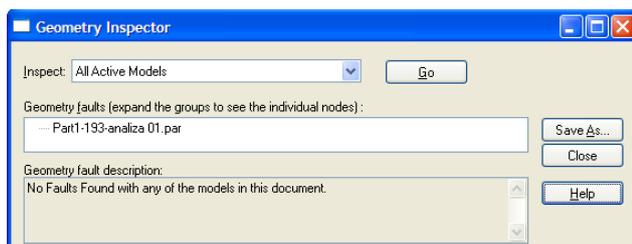
Tehnika "zebra" uzorkom primjenjuje se za analizu složenijih 3D oblika. Način na koji šrafure prelaze preko bridova ukazuje na razinu kvalitete površina na svakoj strani brida (slika 15.).



Slika 15. Analiza površina "zebra" uzorkom

4.5. Kontrola geometrije 3D modela

Za kraj postupka 3D modeliranja "pokrenut" je alat za kontrolu geometrije - *Geometry Inspector* koji nije pronašao ni jednu pogrešku na kreiranom 3D modelu kućišta centrifugalne pumpe (slika 16.).



Slika 16. Kontrola geometrije modela

5. VIZUALIZACIJA 3D MODELA

5.1. Foto realistični prikaz

3D vizualizacija modela od velike je pomoći jer može prikazati i "oživjeti" projekt.

Kako bi se proizvod što bolje predstavio kupcima, treba izraditi fotorealistični prikaz 3D modela (renderiranje). Fotorealistični prikaz modela kućišta centrifugalne pumpe izrađen je u programu *Solid Works PhotoView 360* (slika 17.).



Slika 17. 3D model u okruženju programa Solid Works PhotoView 360

5.2. Primjena Web3D tehnologije

U globalno tržišnom okruženju vrlo važno je proizvod predstaviti i ponuditi kupcima putem internetskih stranica (web katalogi, internet prodaja itd.) u nekom interaktivnom obliku (Web3D tehnologija), čime taj proizvod postaje dostupan cijelom svijetu (slika 19.).



Slika 19. Mogućnost rotacije 3D modela u Web pregledniku

6. ZAKLJUČAK

U životnom ciklusu proizvoda, u fazi "pada" prodaje, potrebno je modificirati proizvod. Funkcionalnom modifikacijom proizvod se prilagođava novim potrebama kupaca, što je najčešće vezano uz redizajniranje proizvoda. Napretkom proizvodne tehnologije važnu

ulogu prilikom konstruiranja i redizajniranja proizvoda ima projektiranje pomoću računala. Kako bi se proces modificiranja proizvoda uklopio u aktivnosti po principu "konkurentnog inženjeringa" i tehnologije brze izrade prototipa, nužno je izraditi njegov 3D CAD model.

Odabirom programskog alata *Solid Edge ST2* sa sinkronom tehnologijom kao CAD programskog paketa za izradu 3D modela kućišta centrifugalne pumpe, primjenom Bèzierovih krivulja i reverzibilnog inženjeringa, izrađen je 3D model koji potpuno ispunjava postavljene zahtjeve:

- dimenzije modela odgovaraju kotiranim elementima postojećeg 2D nacrtu
- 3D model nema nepravilno spojenih bridova
- jako je smanjena veličina njegovog digitalnog zapisa

Time je 3D model upotrebljiv za daljnju analizu, redizajn, brzu izradu prototipa, za predstavljanje na web stranicama i fotorealistični prikaz, kako bi gotov proizvod - centrifugalna pumpa bila konkurentna i udovoljila bi zahtjevima tržišta.

7. LITERATURA

- [1] Grbac, B. Osvajanje ciljnog tržišta. Sveučilište u Rijeci, 2005.
- [2] Aleksandrović, S.: Proizvodne tehnologije.
<http://www.mfkg.kg.ac.rs/index2.php>
- [3] Programski alat Solid Edge ST2 – Help
- [4] <http://www.fsb.hr/geometrija.broda/300/310/gb317.htm>

IZRADA ALATA ZA UPREŠAVANJE DETONATORA

THE MAKING OF DETONATOR PRESSING TOOL

Ehrenreich T.¹, Pisačić K.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: U članku je objašnjen postupak uprešavanja čahure kod izrade detonatora i opisan je princip rada alata za uprešavanje. Opisan je postupak izrade cjevčice koja aktivira detonator. U uvodnom dijelu je objašnjena funkcija detonatora te je ukratko opisan razvoj detonatora.

Ključne riječi: detonator, cjevčica detonatora

Abstract: Pressing procedure of detonator sleeve production and the principle of detonator sealing process are described in this paper. The production process of detonator tube is shortly described. The function and evolution of detonators are shortly described and explained in the introduction.

Key words: detonator, detonator tube

1. UVOD

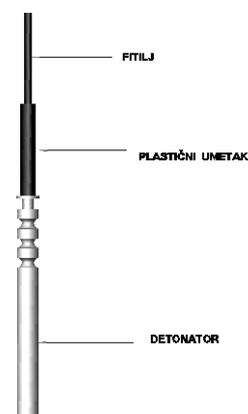
Detonatori (slika 1.) se koriste kao upaljači cjelokupnog eksplozivnog sredstva, a pune se osjetljivim inicijalnim eksplozivom. Imaju široku primjenu kod gradnje tunela, u vojnoj industriji, u rudarstvu te kod rušenja starih zgrada velikih površina.



Slika 1. Detonatori

U početku svoje upotrebe za paljenje detonatora koristio se fitilj, koji se u današnje vrijeme koristi sve rjeđe, jer ga zamjenjuju električni detonatori. Detonatori se obično dijele, s obzirom na izvor eksplozivnog naboja, na električne i neelektrične. Čahura (kućište detonatora) se izrađuje od bakra, aluminija ili polimernih materijala. U ovom slučaju čahura je izrađena iz aluminijske legure u obliku valjka i puni se eksplozivnom smjesom. Kemikalije koje se upotrebljavaju ubrajaju se u inicijalne

eksplozive i koriste se u manjim količinama kao početni sastojak složenog eksplozivnog sredstva. Iz čahure izlazi dvoslojna cjevčica sastavljena iz polietilena i surlyna (fitilj), ispunjena brzo gorećim praškom za aktiviranje detonatora, a time i aktiviranja eksploziva.

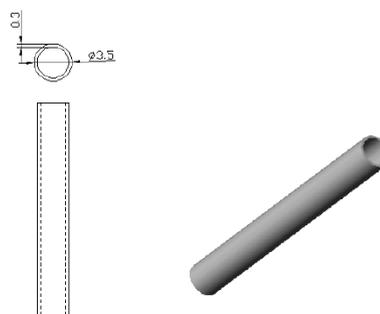


Slika 2. Detonator s cjevčicom i plastičnim umetkom

Prilikom aktiviranja alata klizači smješteni u utorima alata pritisnu čahuru izvana, tj. uprešaju gornji dio čahure s cjevčicom i umetkom u nerastavljivi spoj.

2. POSTUPAK IZRADA DETONATORA

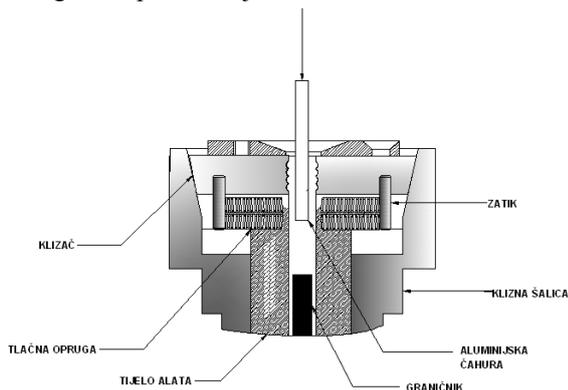
Iz aluminijskog valjka se postupkom izvlačenja dobije čahura (slika 3.).



Slika 3. Aluminijska čahura iz koje se izrađuje detonator

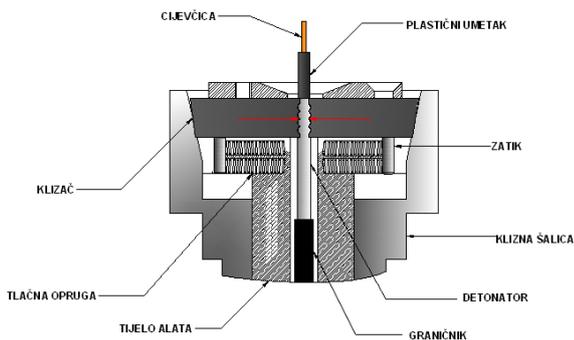
Dobivena čahura se pozicionira u alat (slika 4.) do graničnika. Veličinu otvora u alatu u koji se stavlja čahura moguće je podesiti vijkom M5 x 13 koji se nalazi

u matici alata i svojim okretanjem pomiče kliznu šalicu prema gore ili prema dolje.



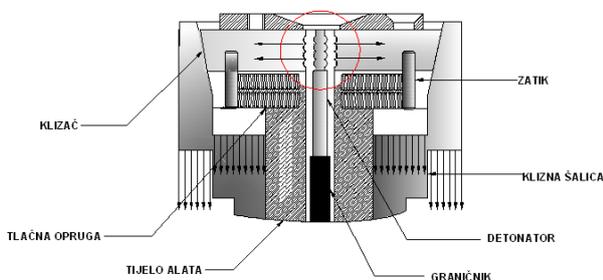
Slika 4. Pozicioniranje čahure u alat

U čahuru se nakon pozicioniranja stavlja visoko eksplozivna smjesa, dvoslojna cjevčica od polietilena i surlyena te plastični umetak koji štiti čahuru od prodora vlage ili drugih nečistoća. Pritiskom papučice na preši, poluga spojena na kliznu šalicu povuče kliznu šalicu prema gore. Osam klizača koji se nalaze u žljebovima tijela alata se zbog pomaka klizne šalice prema gore pomaknu prema sredini alata. U krajnjem gornjem položaju klizne šalice klizači su uprešali čahuru detonatora sa svih strana, zajedno s plastičnim umetkom i dijelom cjevčice (slika 5.).



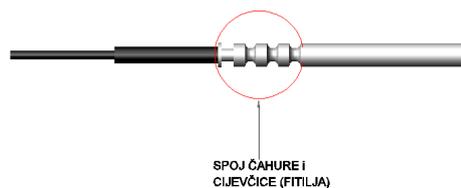
Slika 5. Prešanje čahure

Nakon pada tlaka u cilindru preše klizna šalicu se pomakne prema dolje, a tlačna opruga vraća klizače u početni položaj (slika 6.).



Slika 6. Vraćanje klizača pomoću tlačne opruge

Rezultat operacije je neraskidivi spoj između aluminijske čahure i cjevčice, tj. detonator (slika 7.).

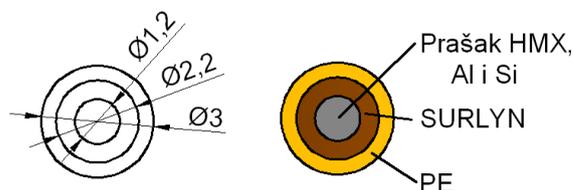


Slika 7. Spoj čahure i cjevčice nakon prešanja

Cjevčice se pune vrlo gorivim praškom. Brzina gorenja praška je oko 2000 m/s, pa je zato potrebna velika dužina cjevčice da ne dođe do ozljeđivanja ljudi prilikom eksplozije. Nakon vađenja čahure iz alata (nakon što je klizači uprešaju), cjevčica (fitalj) se više ne može izvući iz detonatora.

2.1. Cjevčica detonatora

Cjevčica detonatora izrađuje se iz dva sloja, polietilena i surlyena ekstrudiranjem (slika 8.).



Slika 8. Presjek cjevčice detonatora

Ekstrudiranje je postupak kontinuiranog praoblikovanja potiskivanjem kapljevito polimera kroz mlaznicu. Istisnuti polimer očvršćuje se u tvar, ekstrudat. Cjevčica se puni eksplozivnim praškom i uprešava zajedno s čahuram. Njena uloga je paljenje eksploziva smještenog u detonatoru, što dovodi do eksplozije detonatora. Osnovna energetska komponenta je oktogen temperature samozapaljenja 335°C (beta kristali). Ostale komponente koje ulaze u sastav homogeniziranog praška nisu bitne u smislu osjetljivosti na temperaturu.

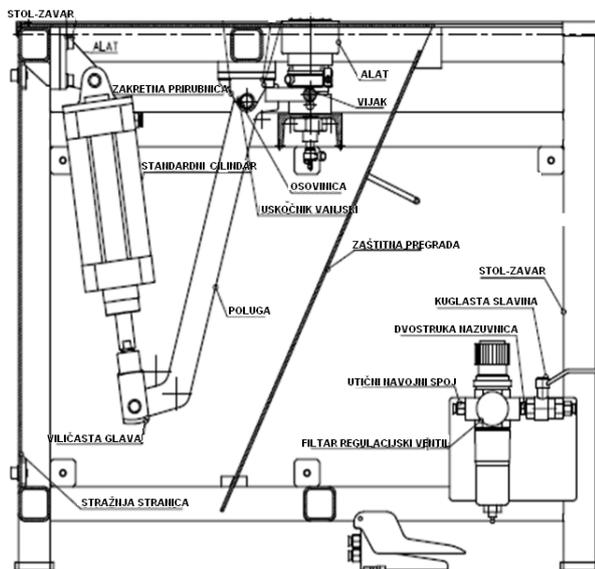
Tablica 1. Tehničke karakteristike cjevčice

Materijal	Temperatura taljenja	Potrošnja	Svojstvo	Debljina (mm)
Jezgra od surlyna	95°C	2.4 kg/h	proziran	Ø 1.2 / Ø 2.2
Vanjski plašt od PE-a	160°C	2.75 kg/h	neproziran	Ø 2.2 / Ø 3.05

3. PREŠA ZA IZRADU DETONATORA

Stol s cilindrom je preko poluge spojen s alatom (slika 9.). Pritiskom na papučicu, poluga spojena s držačem, koji je jednim dijelom zataknut u utoru klizne šalice, klizi po čahuri prema gore i povlači za sobom kliznu šalicu. Zbog konusnog suženja klizne šalice, klizači smješteni u utorima tijela alata sa svih strana prešaju čahuru detonatora u neraskidivi spoj s cjevčicom i plastičnim umetkom. Kod pada pritiska u cilindru tlačne opruge vraćaju kliznu šalicu na početni položaj, a klizači se rašire zbog konusnog proširenja (oslobađaju

aluminijску čahuru). Poluga i cilindar nalaze se na stolu. Radni pritisak u cilindru je 5 bara.



Slika 9. Preša za izradu detonatora

4. ALAT ZA IZRADU DETONATORA

Alat za izradu detonatora (slika 10.) sastoji se od tijela alata, matice, čahure, držača, pribornice, klizne šalice, graničnika, klizača, nosača graničnika, opruga, zatika te vijaka i matica. Kod izrade dijelova koriste se različite vrste čelika: legirani alatni čelik, čelici za poboljšanje, opći konstrukcijski čelik, čelici za opruge. Alat je dio preše koja uslijed pomaka poluge upreša čahuru zajedno s cjevčicom i plastičnim umetkom u čvrsti dosjed. Kod izrade pojedinih dijelova primjenjuju se toplinske obrade kaljenje i bruniranje. Tijelo alata, čahura, pribornica, klizna šalica i klizači izrađeni su od legiranog alatnog čelika i zakaljeni su na tvrdoću od 62 HRC-a, a graničnik, nosač graničnika, vijci i zatici izrađeni su od čelika za poboljšanje te su brunirani. Matice i držač izrađeni su od općeg konstrukcijskog čelika i nakon izrade brunirani, a tlačna opruga izrađena je iz čelika za opruge.

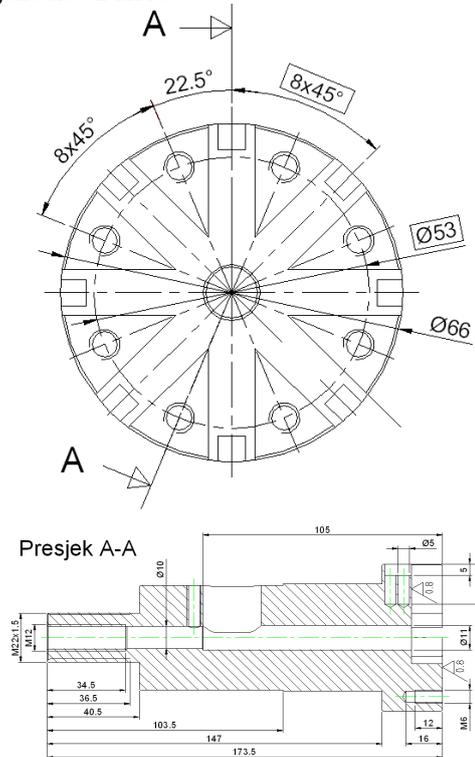


Slika 10. Alat za izradu detonatora

4.1. Tijelo alata

Tijelo alata (slika 11.) je ujedno i kućište alata. Na njega se montiraju svi ostali dijelovi alata. Na sredini tijela je izbušena rupa u koju se umeće čahura, a njegov donji dio služi za postavljanje graničnika. Na gornjem dijelu tijela alata glodanjem su izrađeni utori odgovarajuće širine u

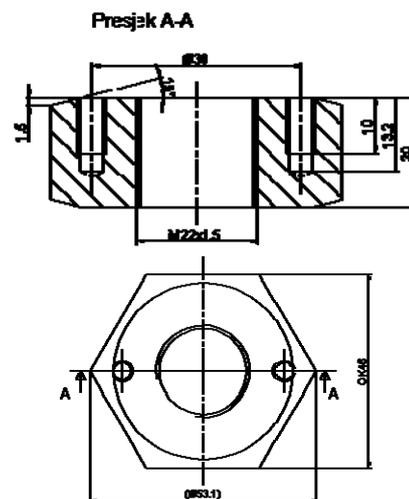
koje se umeću klizači. Nakon toga se klizači zaticima spoje s tlačnim oprugama koje ih potisnu na rubne dijelove klizne šalice. Pritiskom na papučicu preše tijelo alata s klizačima miruje, dok se klizna šalica pomiče prema gore. Nakon pada pritiska u cilindru tlačne opruge koje su zaticima pričvršćene za klizače vraćaju kliznu šalicu u početni položaj. Klizna šalica je konusnog oblika i klizači zbog djelovanja opruga vraćaju kliznu šalicu na kraj konusnog proširenja i tako oslobađaju detonator. Tijelo alata izrađeno je iz legiranog alatnog čelika i zakaljeno na 62 HRC.



Slika 11. Tijelo alata

4.2. Matica alata

Matica alata se učvršćuje zajedno s nosačem graničnika i graničnikom na tijelo alata. Matica ujedno služi za pričvršćivanje alata na stol preše.

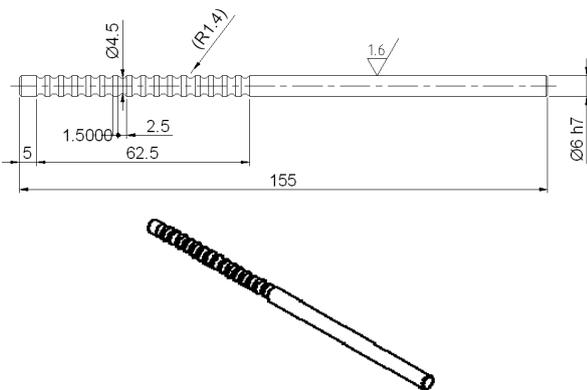


Slika 12. Matica alata

4.3. Graničnik alata

Graničnik alata (slika 13.) je dimenzija $\text{Ø}6 \times 155$ mm, izrađen iz čelika za poboljšanje, a prolazi kroz tijelo alata na kojeg je pričvršćen vijkom M5x13. Poboljšani čelik velike čvrstoće se primjenjuje kada konstrukcijski čelik povišene čvrstoće nema dovoljno veliku granicu razvlačenja. Graničnik je podesiv po visini zbog uprešavanja različitih dužina čahura, tj. postojanja različitih dužina detonatora. Čahure se postavlja u alat do graničnika koji se podešava pomoću vijka da se dobije detonator točno određene dužine. Najveća tvrdoća koja se može postići kaljenjem izračunava se pomoću formule:

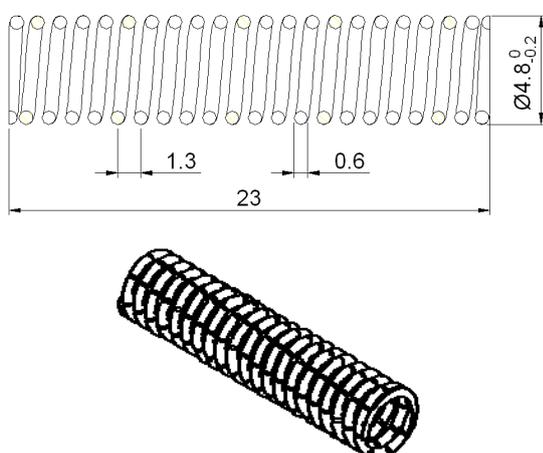
$$\text{HRC}_{\max} = 20 + 60 \cdot \sqrt{\%C} = 20 + 60 \cdot \sqrt{1.55} = 95 \quad (1)$$



Slika 13. Graničnik alata

4.4. Tlačna opruga

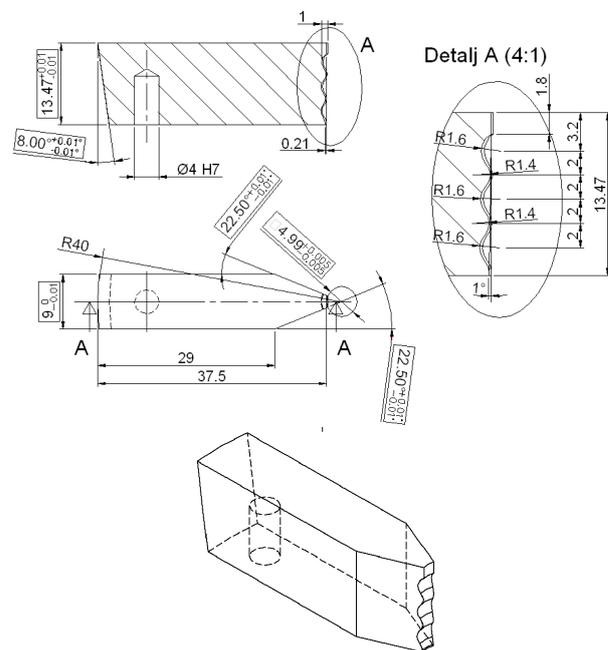
Uloga tlačne opruge (slika 14.) je vraćanje klizne šalice u početni položaj, nakon što je poluga povučena prema gore. Tlačne opruge su zaticima pričvršćene za klizače, a izrađuju se iz čelika za opruge. Opružni čelici moraju biti dovoljno elastični i moraju imati visoku granicu razvlačenja, kako bi se nakon rasterećenja potpuno vratili na početne dimenzije. To se postiže nešto povišenim sadržajem ugljika u odnosu na čelike za poboljšanje te legiranjem silicijem. Prisutnost mangana u čeliku povećava njegovu vlačnu čvrstoću i tvrdoću [2].



Slika 14. Tlačna opruga

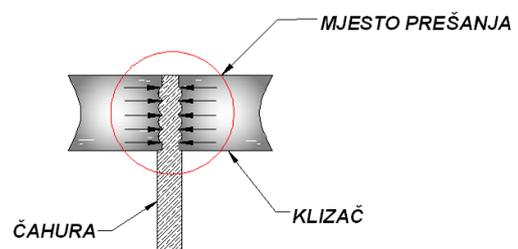
4.5. Klizač

Klizači u alatu služe za uprešavanje čahure sa svih osam strana uslijed pomicanja klizne šalice prema gore. Vrhovi klizača koji pritiskaju aluminijsku čahuru imaju ovalni izgled (slika 15. - detalj A). Suprotni kraj klizača ima kosinu od 8° i upire se u konusni dio klizne šalice koja ima jednako kosinu. Na stražnje krajeve klizača zaticima su pričvršćene tlačne opruge koje se upiru u tijelo alata. Klizači klize samo po konusnom dijelu klizne šalice, a izrađuju se iz legiranog alatnog čelika. Glavna karakteristika tih čelika je otpornost na trošenje i visoka žilavost. Nakon izrade klizači se zakale na 60 HRC-a, a smješteni su u utorima na tijelu alata. Klizači su povezani sa zaticima i oprugama koje ih nakon prešanja čahure detonatora vraćaju u početni položaj.



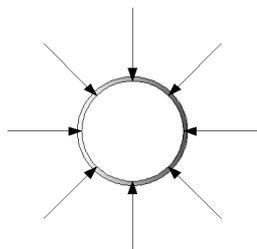
Slika 15. Klizač

Prilikom prešanja čahure od strane klizača dolazi do smičnog opterećenja na aluminijsku čahuru, nakon koje nastaje čvrsti dosjed, tj. detonator. Sila F izaziva naprezanje u aluminijskoj čahuri zbog kojeg se ona sabija (slika 16.).



Slika 16. Stiskanje aluminijske čahure

Klizači sa svih strana pritisnu čahuru (slika 17.) koja poprima izgled površine klizača, odnosno plastično se deformira.

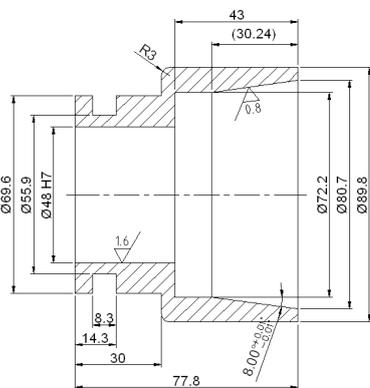


Slika 17. Opterećenje klizača na aluminijsku čahuru

Prilikom uprešavanja detonatora zahtijeva se konstantna sila odgovarajuće veličine sa svih strana. Ako je sila prevelika, može priklješiti cjevčicu i tako onemogućiti aktiviranje detonatora, a ako je premala može doći do ispadanja cjevčice i plastičnog umetka iz čahure. Lim čahure je debljine 0,3 mm i mora biti dovoljno žilav da ne bi došlo do pojave pukotina prilikom stiskanja klizača.

4.6. Klizna šalica

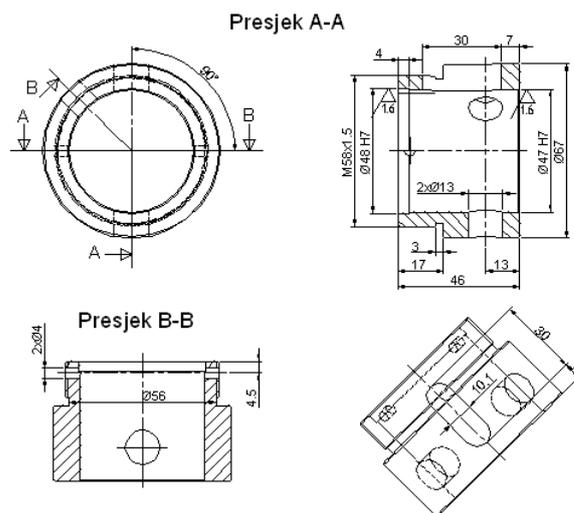
Klizna šalica (slika 18.) klizi po tijelu alata, a na njene rubove se oslanjaju klizači koji su oprugama pričvršćeni za tijelo alata. Unutarnji dio šalice je konusni kako bi šalica mogla potisnuti klizače prema sredini alata te tako uprešati čahuru detonatora. Izrađuje se iz legiranog alatnog čelika i nakon toga zakali na 62 HRC. Mora imati dobru otpornost na trošenje jer klizi po tijelu alata. Da bi se smanjilo trošenje, podmazuje se s unutarnje strane jer se time smanjuje trenje između klizne šalice i tijela alata.



Slika 18. Klizna šalica

4.7. Čahura alata

Čahura alata (slika 19.) se nalazi na tijelu alata a služi kao graničnik. Preko nje klizi držač koji ujedno povlači kliznu šalicu. Držač je spojen na polugu pomoću dva vijka. Čahura se izrađuje iz legiranog alatnog čelika i nakon toga zakali. Potrebno ju je podmazivati tijekom rada da se dodatno smanji trenje između čahure i držača.

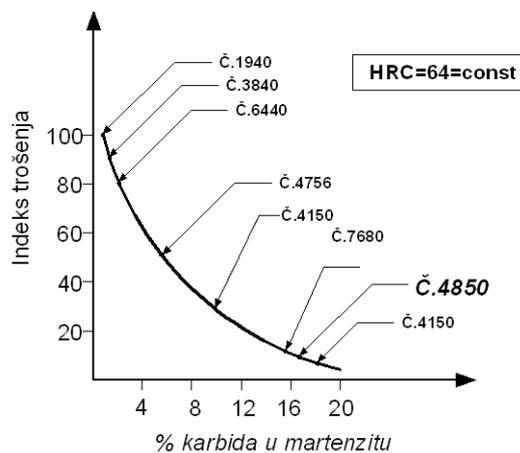


Slika 19. Čahura alata

5. IZRADA KLIZNE ŠALICE

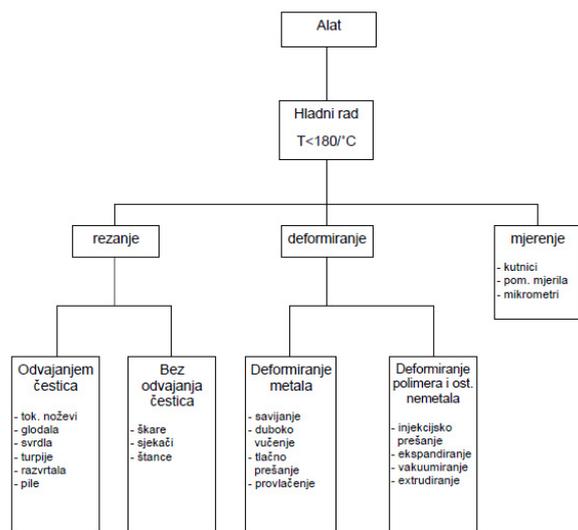
5.1. Materijal za izradu klizne šalice

Klizna šalica se izrađuje iz alatnog čelika Č.4850 nekim od postupaka obrade odvajanjem čestica. Važno svojstvo čelika Č.4850 je otpornost prema trošenju (slika 20.).



Slika 20. Indeks trošenja za pojedine vrste čelika [2]

Uz ovo osnovno potrebno svojstvo gotovo uvijek se zahtijeva i visoka otpornost alata na naprezanja udarnog karaktera, tj. žilavost. Legirani alatni čelici mogu se podijeliti u dvije glavne skupine i to na alate za rad u hladnom ($T < 180^{\circ}\text{C}$) i na alate za rad u toplom ($T > 180^{\circ}\text{C}$). Hladnim postupkom izrađuju se alati za rezanje, deformiranje i mjerenje (slika 21.), a toplim postupkom izrađuju se kalupi i alati za obradu odvajanjem čestica. Na slici 21. je prikazana podjela alata za rad u hladnom, tj. izrada alata za mjerenje, deformiranje i obradu odvajanjem čestica [2].



Slika 21. Izrada alata iz visokolegiranih alatnih čelika za hladni rad [2]

Tablica 2. Karakteristike legiranih alatnih čelika za rad u hladnom [2]

Karakteristike legiranih alatnih čelika za rad u hladnom						
HRN	Otpornost na trošenje	žilavost	prokaljivost	kaljenje		Obradivost odvajanjem čestica
				°C	Gašenje	
Visoko legirani alatni čelik za rad u hladnom						
Č.4756	6	4	S	860-890	u	7
Č.4150	8	1	V	860-890	z,u	4
Č.4650	8	1	V	920-980	z,u,tk	2
Č.4850	8	2	V	960-1000	z,u,tk	4
Č.4172	1	8	V	980-1020	z,u	8
Č.4175	3	6	V	980-1020	z,u	6
Č.4770	3	6	V	950-1020	z,u	6

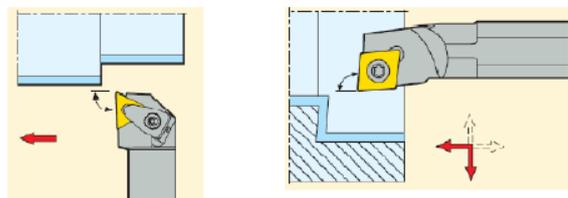
V=veliko, S=srednje, N=nisko;
Sredstva za gašenje: v=voda, u=ulje, z=zrak, TK=topla kupka
Ocjene: 1-loše, 9-dobro

Trošenje radnih površina klizne čahure nastaje zbog međusobnog trenja šalice i tijela alata. Trošenje alata se može znatno smanjiti podmazivanjem ili povećanjem tvrdoće površina postupkom kaljenja [3].

5.2. Obrada odvajanjem čestica

Nakon izbora materijala sa zadovoljavajućim svojstvima (tablica 2.) pristupa se izradi klizne šalice obradom odvajanjem čestica. Zbog rotacijsko-simetričnog oblika klizne šalice obrada se izvodi tokarenjem. Tokarenje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) pretežno rotacijskih (simetričnih i nesimetričnih, okruglih i neokruglih) površina. Izvodi se na alatnim strojevima-tokarilicama, pri čemu je glavno (rezo) gibanje kružno kontinuirano i izvodi ga obradak. Posmično gibanje je pravolinijsko kontinuirano u ravnini koja je okomita na pravac brzine glavnog gibanja i izvodi ga alat. Os okretanja glavnog gibanja zadržava svoj položaj prema obradku bez obzira na smjer brzine posmičnog gibanja. Alat za tokarenje je tokarski nož definirane geometrije reznog dijela s jednom glavnom reznom oštricom (slika 22.). Materijal alata je obično brzorezni čelik, tvrdi metal ili karbidi s presvlakama. Svojstva alata kao što su tvrdoća, čvrstoća, postojanost na visoke temperature i

otpornost na trošenje jako utječu na brzinu i ekonomičnost izrade. Tvrdi i kod povišenih temperatura postojaniji materijali omogućuju veću brzinu rezanja i povećavaju ekonomičnost obrade. Za svaku operaciju obrade i korišteni alat potrebno je pronaći optimalne parametre obrade kao što su brzina i dubina rezanja te posmak.

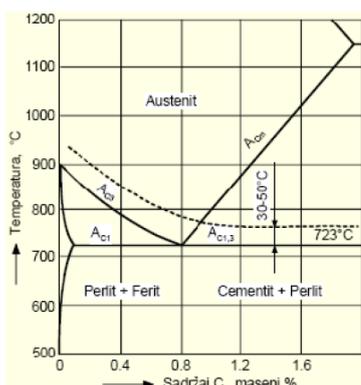


Slika 22. Alati za vanjsko i unutarnje tokarenje [2]

Strojevi za tokarenje - tokarilice mogu biti konvencionalni ili CNC upravljani strojevi. Svaka tokarilica ima svoje karakteristike koje određuju njeno područje upotrebe. Najvažnije su snaga glavnog motora maksimalnog promjera tokarenja, provrt glavnog vretena, razmak između šiljaka te rezervoar s tekućinom za hlađenje i podmazivanje. Na većini strojeva se može postići točnost obrade od 0.01 mm i kvaliteta obrađene površine N7, što zadovoljava najveći dio zahtjeva za tolerancijsku točnost strojnih dijelova. Predmet obrade se stegne u steznu glavu tokarilice i nakon toga slijedi obrada. Osim vanjskog, unutarnjeg i poprečnog tokarenja, na tokarilicama je moguće bušiti središnje provrte na strojnim dijelovima, što je vidljivo iz operacija izrade klizne čahure kada se prije unutarnjeg tokarenja morao izbušiti središnji provrt.

5.3. Površinsko kaljenje

Materijal koji se koristi za izradu klizne šalice je legirani alatni čelik (Č.4850). Prema sadržaju legirani čelici su vrste čelika u kojima odlučujući utjecaj na svojstva imaju legirni elementi, tj. oni koji se dodaju da bi se postigla određena svojstva. Legirani čelik ima više od 5 % legirnih elemenata [2]. Kaljenje je toplinska obrada brzog ohlađivanja kaljivih čelika s određene temperature kaljenja (s područja austenita), pri čemu se stvara posebno tvrda struktura (martenzit) [2]. Grijanje do temperature kaljenja treba biti jednoliko da se dobije jednaka temperatura po cijelom presjeku. Za dobivanje tvrde strukture kaljenja (martenzita) treba predmet ohlađivati s temperature kaljenja najmanje „kritičnom brzinom ohlađivanja“. Ona je različita za različite vrste čelika. Ugljični i malo legirani čelici imaju vrlo veliku kritičnu brzinu ohlađivanja, koja se može postići samo hlađenjem u vodi. Srednje legirani čelici imaju takvu kritičnu brzinu ohlađivanja da se može postići kaljenjem u ulju, dok je za legirane čelike dovoljno ohlađivanje na zraku [2]. Kaljenje čelika je termička obrada koja se izvodi zagrijavanjem radnog predmeta iznad temperature Ac3, za podtektoidne i Ac1 za nadeutektoidne čelike, pregrijavanjem na toj temperaturi i hlađenjem brzinom većom od kritične (slika 23.) [4].



Slika 23. Temperatura zagrijavanja čelika [4]

Kod izrade klizne šalice primjenjuje se termička obrada površinskog kaljenja.

Površinsko kaljenje je termička obrada kojom se zakaljuju samo površinski slojevi komada, dok njegova jezgra zadržava početnu strukturu. Tako se dobiva velika površinska tvrdoća uz veliku žilavost i manju tvrdoću jezgre, što je poželjno kod dijelova od kojih se traže sljedeće osobine:

- velika otpornost površine na habanje
- povećana otpornost protiv udarnog dinamičkog opterećenja
- visoka granica zamora površine [4]

Popis tehnoloških operacija koje su bile korištene kod izrade klizne šalice dan je u tablici 3. prema redoslijedu izvođenja. U tablici se nalazi i popis korištenih strojeva, alata i naprava.

Tablica 3. Redoslijed operacija kod izrade klizne šalice

Redoslijed operacija	vrsta	Stroj	operacija	naprava	Alat	Parametri obrade
1	Leg.alatni čelik	Tračna pila	Piljenje na 80 mm	Škripac	pila	n=900min ⁻¹ f=0,1mm/o
2	Leg.alatni čelik	Univerzalna tokarilica	Poprečno tokarenje na 78 mm	Stezna glava	Tok. nož desni	n=500min ⁻¹ f=0,1mm/o
3	Leg.alatni čelik	Univerzalna tokarilica	Uzdružno tokarenje na Ø70	Stezna glava	Tok. nož desni	n=500min ⁻¹ f=0,1mm/o
4	Leg.alatni čelik	Univerzalna tokarilica	Tokarenje utora 8,3 mm	Stezna glava	Tok. nož za utore	n=500min ⁻¹ f=0,1mm/o
5	Leg.alatni čelik	Univerzalna tokarilica	Bušenje rupe Ø45	Držač svrdla	Svrdlo Ø45	n=250min ⁻¹ f=0,45mm/o
6	Leg.alatni čelik	Univerzalna tokarilica	Unutarnje tokarenje na Ø48H7	Držač svrdla	Tok. nož za unutarnje tokarenje	n=500min ⁻¹ f=0,1mm/o
7	Leg.alatni čelik	Univerzalna tokarilica	Unutarnje tokarenje s Ø45 na Ø72	Stezna glava	Tok. nož za unutarnje tokarenje	n=500min ⁻¹ f=0,1mm/o
8	Leg.alatni čelik	Univerzalna tokarilica	Unutarnje tokarenje konusa	Stezna glava	Tok. nož za unutarnje tokarenje	n=500min ⁻¹ f=0,1mm/o
9	Leg.alatni čelik	Univerzalna tokarilica	Vanjsko tokarenje radiusa R3	Stezna glava	Tok. nož	n=500min ⁻¹ f=0,1mm/o
10	Leg.alatni čelik	Plamenik	Zakaljivanje	Stol	Kliješta	62 HRC
11	Leg.alatni čelik	Kada s uljem	Bruniranje		Kliješta	62 HRC

6. ZAKLJUČAK

Detonatori su nezamjenjivi dijelovi prilikom paljenja eksploziva pa je potrebno posvetiti puno pozornosti njihovoj izradi. Dosjed između aluminijske čahure i cjevčice mora biti dovoljno čvrst, ali opet ne smije biti prejak, da ne bi prilikom prešanja čahura previše

priklještala cjevčicu. Time bi se prekinulo gorenje eksplozivnog praška i onemogućilo bi se aktiviranje, odnosno eksplozija detonatora. Zato se kod izrade alata treba strogo držati propisanih dimenzija izrade, posebno klizne šalice i klizača jer i malo odstupanje u izradi može dovesti do prelabavog dosjeda, odnosno do prevelikog priklještenja cjevčice u aluminijskoj čahuri. Debljina lima aluminijske čahure ne smije biti pretanka da ne dođe do loma ili pojave pukotina kod deformacije klizača. Lim čahure ne smije biti predebeo jer bi se tako onemogućilo rasprsnuće čahure prilikom eksplozije eksploziva koji se u njoj nalazi. Važno je također da se točno izradi konus od 8° u kliznoj šalici alata jer se po njemu gibaju klizači. Stol s prešom je predviđen za montažu samo jednog alata za uprešavanje detonatora. Na stolu ima još dovoljno slobodnog mjesta, pa postoji mogućnost spajanja nekoliko alata s polugom preše. Na taj način bi se proizvodnja detonatora mogla ubrzati. Trebalo bi samo povećati pritisak u cilindru kako bi se osigurala konstantna sila poluge.

7. LITERATURA

- [1] Persson,A., Holmberg,R. & Lee,J. (1993) : Rock blasting and explosives engineering
- [2] Školska knjiga: Proizvodno strojarstvo – inženjerski priručnik, Zagreb 1998.
- [3] Cukor G.: Tehnologija obrade materijala – III. dio; Tehnički fakultet Rijeka, 2003.
- [4] Adamović D.: Termička obrada metala, Mašinski fakultet u Kragujevcu

AKTIVNE I PASIVNE METODE SMANJIVANJA VIBRACIJA

ACTIVE AND PASSIVE METHODS FOR REDUCING VIBRATIONS

Pisačić K.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Ovaj članak opisuje metode koje se koriste za smanjivanje vibracija na strojevima i konstrukcijama. U uvodnom dijelu je opisan pojam vibracija kao te su navedeni neki uzroci pojave vibracija. U radu su navedene razne metode koje se koriste da bi se kontrolirala razina vibracija. Opisan je piezoelektrični efekt i mogućnosti korištenja piezomaterijala pri aktivnoj kontroli vibracija

Ključne riječi: vibracije, smanjenje vibracija, kontrola vibracija, uzroci vibracija

Abstract: This article describes methods used to reduce vibrations. The term vibration is described in the introduction along with some of the origins of vibrations. Various methods used to control the level of vibrations are described in the article. Piezoelectric effect is described together with the possibilities of using piezo materials for active vibration control.

Key words: vibrations, vibration reduction, vibration control, vibration origin

1. UVOD

Vibracije su mehaničke oscilacije sustava s malim amplitudama, dok su oscilacije općenito periodičko gibanje bilo koje amplitude [1]. Kod periodičkih gibanja u istim se vremenskim periodima ponavljaju isti ili vrlo slični pomaci mase koja se giba. Najčešće se pod pojmom vibracija misli na harmonijsko gibanje. Harmonijsko gibanje je gibanje kod kojega se položaj, brzina, a obično i ubrzanje neke mase mijenjaju po zakonu sinusoide ili kosinusoide [2]. Harmonijsko gibanje je najjednostavniji oblik vibracijskog gibanja. Proučavanje vibracija ima veliko značenje u strojarstvu, građevinarstvu, brodogradnji, gradnji zrakoplova i drugim granama tehnike. Grana mehanike koja se bavi proučavanjem vibracija se naziva teorija vibracija. Za neki sustav kaže se da je vibracijski ako se sastoji od mase koja vibrira i elastičnog elementa, u realnim sustavima su prisutni još i elementi kao što su prigušenje i poremećajna sila [2].

Vibracije se izučavaju jer one mogu uzrokovati:

- naprezanja u materijalu koja mogu izazvati lom
- tehnološke smetnje u radu stroja

- fiziološku i psihičku nelagodu kod radnika na stroju

Vibracije su obično štetna pojava, štetno djeluju na ljude. Pri dužem izlaganju vibracijama može doći do tzv. „vibracijske bolesti“ čiji su simptomi bolovi u mišićima i zglobovima, gubitak osjećaja boli i dodira na prstima ili pak atrofija mišića. U konstrukcijama vibracije uzrokuju poremećaje u radu i lomove te nepotrebno troše mehaničku energiju.

U početku industrijalizacije pogonski inženjeri su na temelju iskustva mogli odrediti stanje stroja dodiranjem ili slušanjem. Vremenom su se strojevi sve više upotrebljavali i problemi uzrokovani vibracijama postajali su sve veći. Postupno su se razvijale metode projektiranja strojeva kojima su se vibracije svodile na najmanju moguću mjeru. Istodobno su se razvijali i uređaji za mjerenje i analizu vibracija, a u novije vrijeme i za aktivnu kontrolu vibracija. U nastavku će se opisati osnovni pojmovi vezani za vibracije i buku kao jednu od negativnih popratnih pojava vezanih uz vibracije.

Ponekad su vibracije korisna pojava, jer se koriste prilikom nekih tehnoloških postupaka, npr. za popuštanje zaostalih napreznja nakon lijevanja ili kod opreme kao što su vibracijska sita, vibracijski konvejeri, dozatori i slično.

2. KLASIČNE METODE SMANJENJA VIBRACIJA

Proučavanjem vibracija dolazi se do zaključka da se u većinu ljudskih aktivnosti uključuje neki pojavni oblik vibracija.

Postoje mnogi primjeri štetnih utjecaja vibracija: većina vozila ima vibracijskih problema zbog neuravnoteženosti motora, neuravnoteženost diesel motora može proizvesti potresne valove dovoljno jake da budu smetnja u urbanim zonama. Kotači lokomotiva se pri velikim brzinama zbog neuravnoteženosti mogu odvojiti više od centimetra od tračnica. U turbinama vibracije uzrokuju spektakularne mehaničke kvarove. Općenito, vibracije rezultiraju bržim trošenjem i kvarovima dijelova motora kao što su nosači i kotači, a također stvaraju i jaku buku. U današnje vrijeme provode se mnoga istraživanja s ciljem da se otklone vibracije koje nastaju u ležajevima motora.

Kad god se prirodna frekvencija vibracije motora ili strukture podudara s frekvencijom vanjskog poticaja, nastaje fenomen koji se zove rezonancija. Ona može

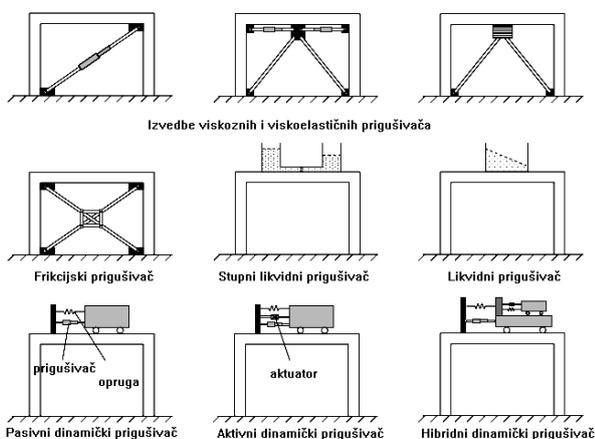
uzrokovati poremećaje u radu strojeva i lom konstrukcije. Zbog negativnog utjecaja kojeg vibracije imaju na strojeve i konstrukcije, testiranje i praćenje vibracija postalo je standardan postupak u dizajnu i razvoju većine inženjerskih sustava.

Usprkos svom štetnom djelovanju, vibracije se mogu uspješno primijeniti u nekim industrijskim granama. Primjena vibracijske opreme proteklih se godina znatno povećala. Na primjer, vibracije su iskorištene u vibracijskim pokretnim transporterima, sitima, u procesu kalupljenja, perilicama rublja, električnim četkicama za zube, zubarskim bušilicama, satovima, ultrazvučnim uređajima, električnim masažnim uređajima, spravama za fitness itd. Vibracije se koriste za simulacije potresa radi geoloških istraživanja i pri istraživanjima dizajna nuklearnih reaktora.

Zbog mnogih izrazito negativnih utjecaja vibracija na konstrukcije i ljudski organizam teži se smanjivanju (redukciji) vibracija. Veličina izmjerenih amplituda i pripadne frekvencije pokazat će na temelju propisa jesu li vibracije u dopuštenim granicama izdržljivosti materijala, uvjeta funkcioniranja stroja te udobnosti i zdravlja radnika koji su pod djelovanjem vibracija [1]. Ako su vibracije iznad dozvoljenih granica, nastoje se smanjiti amplitude vibracija. Da bi se postiglo smanjenje potrebno je promijeniti parametre kojima su određene vibracije (masa, krutost i prigušenje) i koji određuju vlastita vibracijska svojstva objekta [1].

Postoje različite metode smanjenja vibracija:

- izbjegavanjem rezonancije vlastitih vibracija objekta i vibracija uzbuđe promjenom krutosti ili mase odnosno vlastite frekvencije objekta ili promjenom frekvencije uzbuđe,
- ugradnjom dinamičkih, hidrauličkih ili tarnih prigušivača, smanjivanjem intenziteta uzbuđe promjenom izvora uzbuđe,
- ugradnjom dinamičkih kompenzatora, koji rade na načelu uzbuđivača, ali s razlikom da oni djeluju protufazno, tj. poništavaju ili smanjuju uzbuđu,
- korištenjem posebnih izolatora, materijala koji upijaju vibracije i time sprječavaju njihovo prenošenje.



Slika 1. Razne izvedbe prigušivača

Dinamički prigušivač je uređaj koji se sastoji od vibrirajuće mase koja vibrira jednakom frekvencijom kao i glavna konstrukcija, ali protufazno. Pasivni dinamički prigušivač ili kompenzator sastoji se mase povezane s

konstrukcijom preko opružnog i prigušnog elementa. Princip rada pasivnog dinamičkog prigušivača odlično je ilustriran na primjeru dinamičkog prigušivača Renault-ovog bolida na slici 2. Dinamički prigušivač reducira vibracije bolida i stabilizira njegov prednji dio, osobito kada automobil prelazi preko ivičnjaka, a najizraženije je djelovanje prigušivača u zavojima.



Slika 2. Pasivni dinamički prigušivač na Renault-ovom bolidu [3]

Aktivni dinamički prigušivač, osim prigušne mase sadrži također kontrolni i uzbudni sustav. Kontrolno računalo analizira izlazne signale mjernih instrumenata na glavnoj konstrukciji te ovisno o podacima uzbudni sustav izaziva vibracije i djeluje protufazno na glavnu konstrukciju.

Hibridni dinamički prigušivač ponaša se kao pasivni dinamički prigušivač u normalnim uvjetima, a u slučaju jakog vjetra ili pojačane aktivnosti konstrukcije djeluje kao aktivni dinamički prigušivač, ovisno o njegovim karakteristikama.

Likvidni prigušivač sastoji se od spremnika koji je djelomično napunjen tekućinom. Kada se montira na konstrukciju koja je podložena vibracijama, valno kretanje tekućine uzrokuje disipaciju energije. Prigušivanje vibracija se postiže zbog viskoznosti tekućina.

Stupni likvidni prigušivač sastoji se od U-cijevi koja je djelomično napunjena tekućinom. Kada se pričvrsti na konstrukciju podloženu vibracijama izazvanim vjetrom, dio mehaničke energije vjetra se apsorbira kinetičku energiju oscilirajućeg stupca tekućine. Period vibracija stupca tekućine prilagođen je periodu vibriranja konstrukcije da bi se dobila optimalna redukcija.

Na slici 3. prikazan je pasivni dinamički prigušivač ugrađen u toranj Taipei 101 ima funkciju obrane tornja od orkanskih vjetrova i potresa. Prigušivač mase 730 tona bio je pretežak da bi se kranom podigao na vrh zgrade pa su ga radnici sastavljali na licu mjesta. Prigušivač drže četiri sajle koje se sastoje od po osam čeličnih kablova.



Slika 3. Pasivni dinamički prigušivač na neboderu Taipei 101 (kugla teška 730 tona) [4]

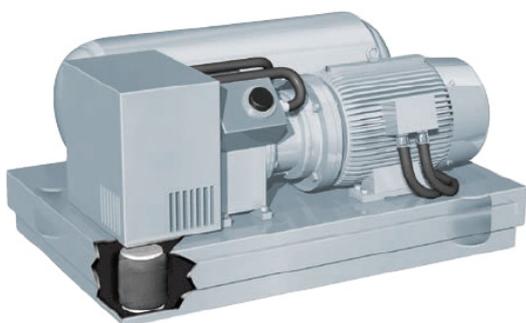
Osim sustava prigušivača ugrađuju se i jednostavnije varijante u vidu komponenti kao što su:

- opruge
- pneumatski prigušivači
- hidraulički prigušivači
- zračne opruge
- razni polimerni elementi

Elastični gumeni ili čelični izolatori ugrađuju se da bismo smanjili utjecaj konstrukcije na okoliš. Dakle oni ne služe da bismo reducirali vibracije nego da bismo spriječili da se vibracije sa stroja prenose na okolinu. Jednako tako elastični elementi (slike 4. i 5.) mogu služiti da bismo izolirali neki objekt od vibrirajuće okoline, ali je taj zadatak puno teži i postižu se slabiji rezultati.

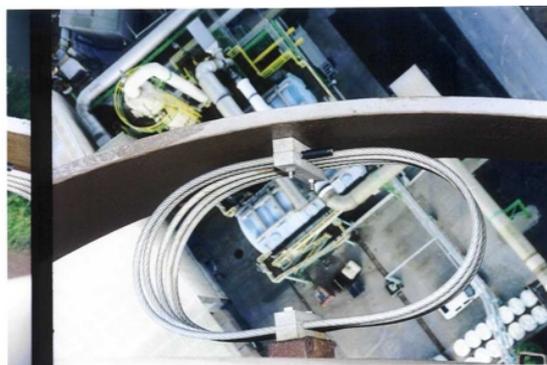


Slika 4. Razni prigušni elementi koji se ugrađuju na strojeve ili u podnožje strojeva [5]



Slik 5. prigušenje nosača motora zračnom oprugom

Elementi kojima se prigušuju vibracije koriste se i na građevinskim konstrukcijama (slike 6. i 7.)

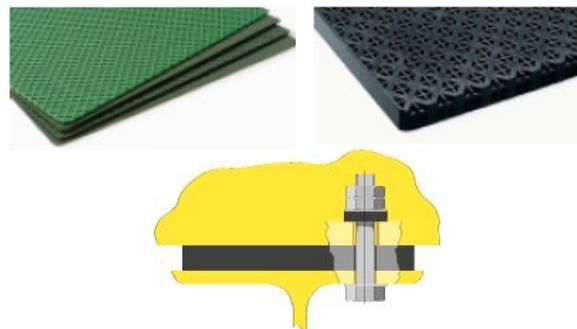


Slika 6. Opruga kao prigušni element



Slika 7. Prigušenje dimnjaka pomoću opruga

Osim raznih izvedbi prigušivača, u strojogradnji i građevini za reduciranje vibracije koriste se razni izolacijski materijali, kao što su polimerni materijali, gumeni, metalne pjene, silikonski gelovi i slično (slike 8. i 9.).

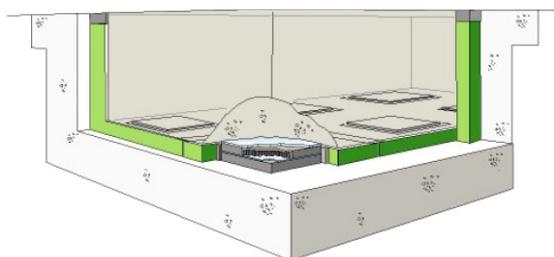


Slika 8. Izolacijske folije i sendvič izolacije [6]

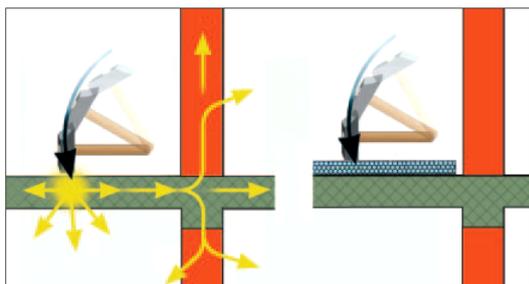


Slika 9. Izolacija temelja [7]

Takvi materijali se u obliku folija instaliraju da bi spriječili širenje vibracija ili zvuka (slike 10. i 11.).



Slika 10. Izolacija temelja [6]

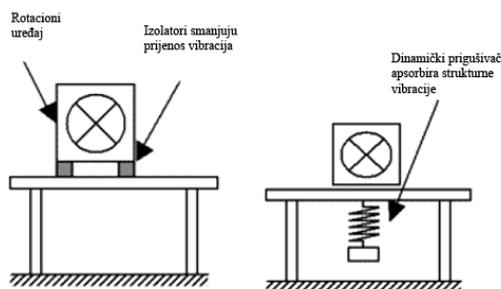


Slika 11. Zaštita od buke i vibracija izolacijskim folijama

Korištenjem ovakvih materijala moguće je postići znatne rezultate u zaustavljanju širenja vibracija, ali nije moguće postići kontrolu vibracija na njihovom izvoru.

Kako je već navedeno klasični prigušivači rade na principu pasivnog prigušenja. Prilagođeni su za samo jednu vrstu uređaja na koje se ugrađuju i često su velikih dimenzija. Pasivni prigušivači ne reagiraju na promjenu uzbude i ne mogu se prilagoditi drugačijim uvjetima vibriranja.

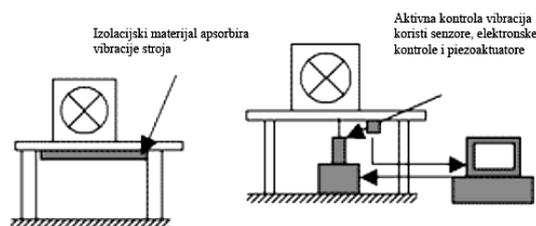
Slika 12. prikazuje najčešće korištene metode pasivne kontrole vibracija, a to su izolatori (gume ili opruge) koji apsorbiraju mehaničku energiju i dinamički prigušivači.



Slika 12. Pasivna kontrola vibracija

Da bismo spriječili širenje vibracija najčešće se koriste prigušni materijale (slika 13.) jer su najpristupačniji i najjeftiniji dok je aktivna metoda kontrole vibracija ujedno i najskuplja.

U usporedbi s pasivnom kontrolom vibracija, aktivna metoda redukcije vibracija je puno naprednija. Aktivna kontrola vibracija omogućuje da se prigušivač prilagodi iznosu uzbude. Pomoću senzora očitavaju se vrijednosti frekvencija. Upravljačka jedinica analizira podatke dobivene sa senzora i šalje signal kojim se pokreće prigušivač. Pravilnim projektiranjem upravljačkog sustava može se postići da se ovakav sustav kontrole vibracija napaja crpeći većim dijelom energiju pretvorenu iz mehaničke energije pobude, a manjim dijelom vanjskim napajanjem.



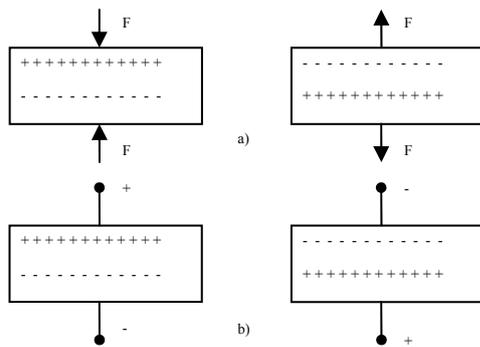
Slika 13. Korištenje apsorpcionih materijala i aktivna kontrola vibracija

3. KONTROLA VIBRACIJA POMOĆU PIEZOELEMENATA

3.1 Piezoelektrični efekt

Da bismo mogli razumjeti princip na kojem se zasniva ova metoda potrebno je prvo reći nešto o osnovama piezomaterijala i piezoelektričnom efektu.

Piezoelektrični efekt (grč. piezo - gurati) se objašnjava kao pojava kada pri elastičnoj deformaciji nekih kristalnih dielektrika, kristali postaju električki polarizirani (slika 14.). Takve kristalne tvari se nazivaju piezoelektričnim kristalima ili piezoelektricima. Prema tome piezoelektrik je svaki materijal koji pokazuje konverziju između mehaničke i električne energije. Za piezoelektrični kristal vrijedi, ako uložimo mehanički rad na dvije suprotne plohe, električni napon se javlja na nekom drugom paru ploha (slika 14.). Najveća polarizacija nastaje kada je naprezanje takvog dielektrika na pravcu, tzv. piezoelektričnoj osi kristala. Ako se kristalna pločica odrezana na odgovarajući način pritišće silom F , tada se na jednoj strani površine pločice pojavi polarizirani pozitivni naboj, a na drugoj negativni naboj. Ako deformacija promjeni smjer, tada se promjeni i polaritet polarizacije [8]. Nadalje, ako se pločice piezoelektričnog kristala priključe na napon, pod utjecajem električnog polja nastaje polarizacija dipola, koji se orijentiraju u smjeru polja. Električno polje u kristalu uzrokuje mehaničko naprezanje (slika 15.). Nastali efekt naziva se inverzni piezoelektrični efekt.

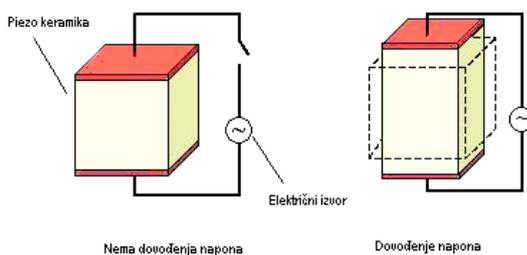


Slika 14. Piezoelektrični efekt: a) pomoću sile F ; b) inverzni piezoelektrični efekt pomoću napona [8]

Prve pretpostavke o postojanju takve pojave postavio je Coulomb (1815.), pretpostavivši da je moguće proizvesti elektricitet deformacijom čvrstog tijela. Becquerel je 1820.g. predložio pokuse sa kristalima minerala u tom smislu. Te pokuse su 1880.g. izveli braća Pierre i Jacques Curie u svojoj 21., odnosno 24. godini, postavši pronalazačima piezoelektričnog efekta. Otkrili su da kada se tlače kristali topaza, kvarca, Rochelle soli i šećera od šećerne trske, dobiva se električni napon koji je proporcionalan uloženoj mehaničkoj pobudi.

Naime, još prije njihovog pronalaska bilo je poznato svojstvo pojave električnih polova različitih predznaka na suprotnim krajevima kristala kada bi kristali bili izloženi promjeni temperature, ta pojava naziva se piroelektricitet (grč. pyr - vatra). Pierre i Jacques Curie uspjeli su postići isto ponašanje primjenjujući silu na kristal u određenim smjerovima.

Naziv piezoelektricitet predložen je 1881.g. (Hankel), a iste godine postavljena je pretpostavka o postojanju suprotnog ponašanja - mehaničke deformacije kristala ako mu se na suprotne krajeve dovedu raznoimene električni naboji. Tu pretpostavku su 1881.g. potvrdili istraživači efekta, Pierre i Jacques Curie. Kasnije se pokazalo da je reverzibilnost ove pojave posljedica simetrija u kristalima. Znanost i tehnologija dobili su jednostavan, izravan i izvanredno precizan način pretvorbe mehaničke u električnu energiju i obratno.



Slika 15. Piezoelektrični efekt

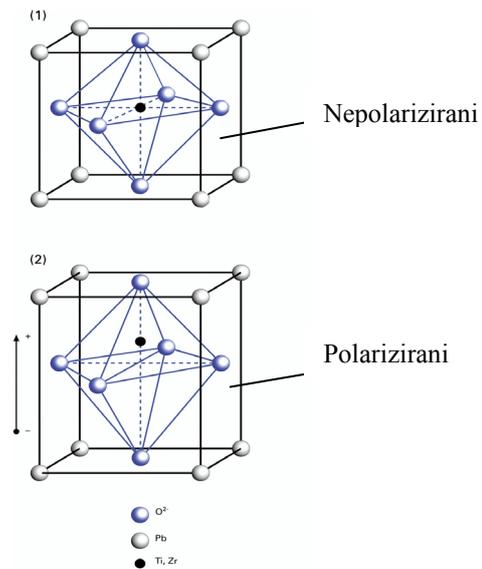
Teorijsku osnovu za razumijevanje piezoelektričnog efekta postavio je Kelvin (1893.), a tenzorske jednadžbe koje opisuju (linearnu) vezu između deformacije i električnog polja kod piezoelektričnih kristala dao je Voight 1894.

Do prvih praktičnih primjena piezoelektričnog efekta došlo je za vrijeme I. svjetskog rata, kada su proizvedeni prvi sonarni uređaji za otkrivanje podmornica. Sljedećih

godina otkriveni su novi piezoelektrični materijali, i unapređivano je teorijsko razumijevanje pojave. Danas je pažnja usmjerena na nove tehnološke primjene i otkrivanje novih piezoelektričnih materijala (posebno korisnima su se pokazale piezoelektrične keramike i sintetski polimeri). Ovim otkrićima otvorena su vrata velikom napretku u razumijevanju fizike čvrstog stanja, a njihove tehnološke primjene i civilizacijska važnost su goleme.

Zbog opisanih svojstava piezoelekt se koristi u radijskoj tehnici te se piezoelektrični materijali u velikoj mjeri koriste za izradu senzora i imaju široku primjenu u današnjoj tehnologiji. Najvažnija svojstva piezoelektrika su mogućnost vrlo brze i učinkovite pretvorbe mehaničkih deformacija u električne impulse i obrnuto.

Za potrebe pretvorbe električnih impulsa u mehaničke pomake i obrnuto najprikladniji materijali su piezoelektrične keramike, poput PZT-a (slika 16.), i polimerni piezoelektrici. Piezoelektrična svojstva se često kombiniraju sa nekim drugim fizikalnim svojstvima materijala, da bi se dobili materijali novih svojstava. Jedan od najpoznatijih, najšire korištenih i prvih otkrivenih piezoelektrika je kristal kvarca. Ostali piezo materijali: BaTiO₃, KNbO₃, Ba₂Nb₅O₁₅, LiNbO₃, SrTiO₃, Pb(ZrTi)O₃, Pb₂KNb₅O₁₅, LiTaO₃, BiFeO₃, Na_xWO₃.



Slika 16. Struktura PZT keramike [9]

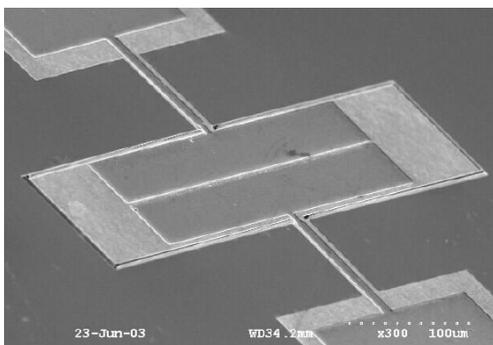
Piezoelektrični efekt općenito ovisi o temperaturi. Tako pri temperaturama ispod 50K obični materijali gube velik dio svoje piezoelektričnosti. No, otkriveni su i materijali koji imaju obrnuto svojstvo - jače izražen efekt pri vrlo niskim temperaturama, što pokazuje da se piezoelektrični efekt može koristiti i pri niskim temperaturama, što je važno za niskotemperaturnu fiziku.

Elektromehanički pretvornici pretvaraju električnu energiju u mehaničku i obrnuto. Koriste se pasivno i aktivno. Pasivno se izravno piezoelektrična svojstva koriste da bi se proizveo napon iz vanjskog naprezanja. Ovaj način uključuje hidrofone, podvodne prislušne naprave, mikrofone, fonograme, mjerne trake dinamičkog naprezanja, senzore vibracija i dr. U aktivnom modu se koriste za slanje akustičkih signala u

medij. To uključuje nerazarajuće procjene, pronalazače ribe/dubine, tintne štampače, mikropozicijske naprave, mikropumpe, ultrazvuk u medicini.

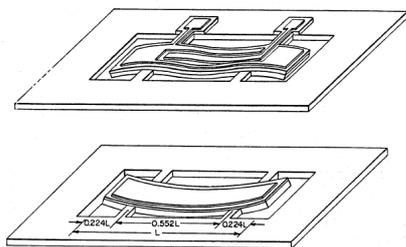
Najpoznatiji primjeri uporabe piezoelektrika u svakodnevnom životu su npr. "kvarcni" ručni satovi, koji koriste precizno oblikovan kristal kvarca (poznati piezoelektrik) kao izvor oscilacija precizno određene i konstantne frekvencije. Takvi oscilatori koriste se i u svakom elektroničkom računalu kao generatori takta za procesor, sabirnicu itd. Piezoelektrični oscilatori nalaze se i u dojavljivačima i mobilnim telefonima, i odgovorni su za precizan odabir radio frekvencije na kojima uređaji rade. Naime, svaki piezoelektrični kristal posjeduje vlastitu rezonantnu frekvenciju (ili više njih), koje ovise o obliku i veličini kristala, kao i o materijalu od kojega je kristal izrađen.

U nastavku članka razmatrat će se metoda kontrole, odnosno smanjenja vibracija pomoću piezoelemenata, odnosno elektronskih elemenata izrađenih iz piezoelektričnih materijala. Piezoelementi (slika 17.) rade na principu piezoelektričnog efekta i koriste se jer su sposobni vršiti pretvorbu energije.



Slika 17. Primjer izvedbe piezoelementa [10]

Piezomaterijali pretvaraju mehaničku energiju u električnu i obrnuto (slika 18.), stoga svojstva piezoelemenata omogućuju korištenje piezoelementa za mjerenje, ali i pobuđivanje vibracija.

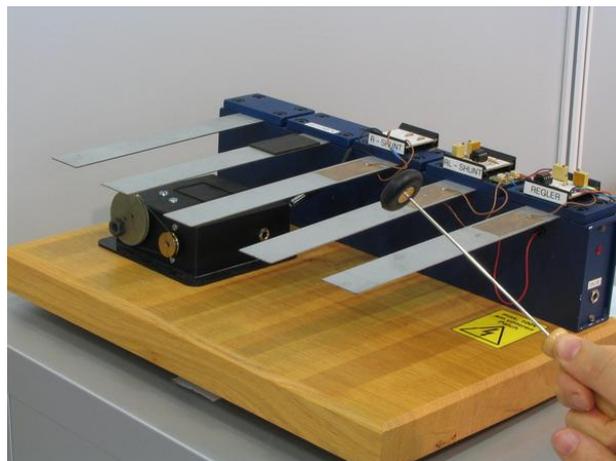


Slika 18. Deformacija piezoelemenata dovođenjem električne energije [10]

3.2. Primjena piezoelektričnog efekta u aktivnoj kontroli vibracija

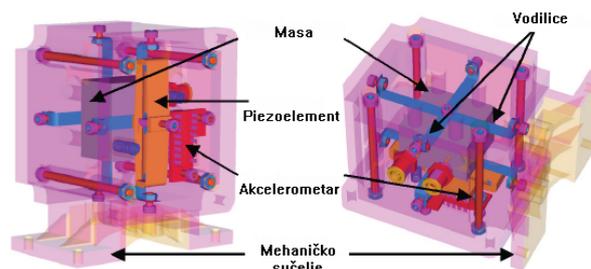
Postoje razni primjeri praktične primjene piezoelemenata u prigušivanju vibracija. Proučavajući trenutno jedan od najpristupačnijih izvora informacija, internet, može se naći veliki broj primjera kako eksperimentalnih tako i komercijalnih izvedbi piezoelektričnih prigušivača.

Primjerice prema [11], pokazana je usporedba učinkovitosti prigušivanja pričvršćivanjem piezoelemenata i pričvršćivanjem gume na trake lima.



Slika 19. Usporedni test prigušivača [11]

Pokus se provodio da se gumenim batom udari po slobodnom kraju limene trake (slika 19.). Nakon što su na taj način pobuđene vibracije promatrani su efekti. Pokazalo se da je trakica na kojoj je piezoelement gotovo odmah prestala vibrirati, dok je ona sa nalijepljenom gumom vibrirala još neko vrijeme.



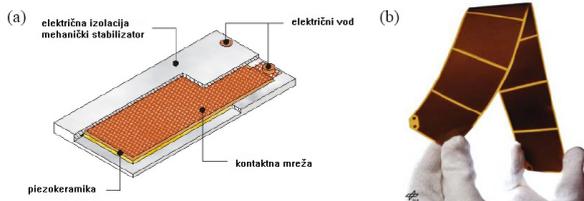
Slika 20. PM900M Izvedba dinamičkog prigušivača kontroliranog piezoelementima [12]

Slika 20. pokazuje jednu varijantu upotrebe piezoelemenata u kojoj oni služe da bi kontrolirali prigušnu masu dinamičkog prigušivača. Ovakav dinamički prigušivač radi na vrlo sličnom principu klasičnog prigušivača, ali je prednost ovog prigušivača što je vrlo malih dimenzija i može se softverski kontrolirati. Akcelerometrom se očitavaju vrijednosti vibracija, signal dolazi do upravljačke jedinica. Upravljačka jedinica analizira signal i ovisno o stanju uključuje napon na piezoelement, koji pobuđuje vibracije mase koja služi kao dinamički prigušivač.

Prema istraživanju jednog njemačkog instituta, objavljenog na internetu pokazani su praktični primjeri, prednosti i mogućnosti korištenja piezoelemenata za redukciju vibracija.

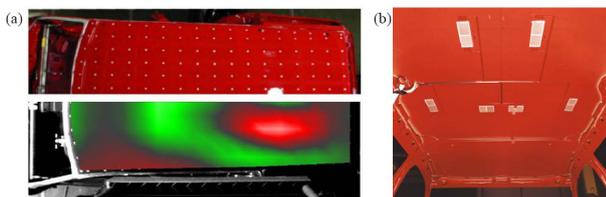
Komercijalna upotreba piezomaterijala otežana je zbog specifičnih svojstava ovih materijala. Na slici 21 a) pokazan je primjer sendvič izvedbe, gdje je piezokeramika smještena između tankih slojeva izolatora i kontaktne mreže vodova električne energije. Na ovaj

način moguće je proizvesti dijelove raznih oblika inteligentne strukture, kao što je prikazano na 22 b).



Slika 22. Izolirani uzorak i posebno oblikovani piezoelement [13]

Automobilska industrija još je jedan od primjera gdje se mogu koristiti piezoelementi za kontrolu vibracija i buke (slika 23). Krov automobila jedan je od glavnih izvora buke.



Slika 23. Redukcija buke karoserije automobila [13]

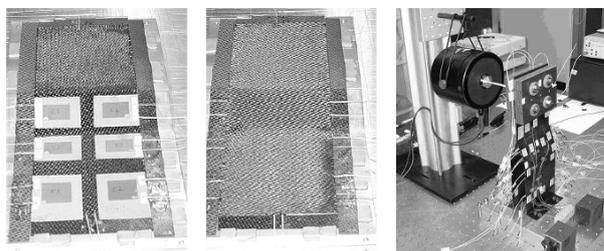
Vibracije uzrokovane radom motora prenose se na ostatak konstrukcije. Ako vibracije uzrokovane radom motora dođu u rezonanciju s prirodnom frekvencijom metalne konstrukcije krova, dolazi do jake buke [13]. Ovakve pojave mogu se izbjeći ugradnjom prigušivača. Zbog činjenice da pasivne prigušivače nije moguće kontrolirati težilo se novim načinima reduciranja vibracija. Ideja je u postavljanju „anti-oscilatora“ koji bi doprinijeli smanjenju vibracija konstrukcije krova i time reducirali buku u unutrašnjosti automobila [13]. Pokusi su izvođeni na automobilu Volkswagen Golf 3. Na krov su pričvršćeni piezoelementi koji su korišteni i kao senzori i kao aktuatori. Prvo su određene prirodne frekvencije krova, a zatim optimalni raspored piezoelemenata i došlo se do zaključka da je moguće postići znatne rezultate u smanjenju vibracija krova, a time i smanjenja buke u unutrašnjosti automobila. Postoje također primjeri primjene piezoelemenata na drugim dijelovima automobila: upravljaču, ispusnom sustavu, osovinama i drugim dijelovima koji su izvori buke i vibracija u automobilu.

Osim u autoindustriji, proizvodnji strojeva, primjena piezoelemenata pri aktivnoj kontroli vibracija moguća je i u avioindustriji. Prema [13] primjenom piezoelektričnih materijala izumljena su „pametna krila“. Primjenom integriranih piezoelektričnih aktuatora moguće je smanjiti buku i vibracije propelera helikoptera bez znatnih promjena dizajna lopatica (slika 24). Zbog male specifične mase ugradnja slojeva piezomaterijala ne utječe puno na konstrukciju lopatica.



Slika 24. Princip integriranih piezoelektričnih aktuatora [13]

Piezoelektrični materijali koriste se i za potrebe svemirskih istraživanja, slika 25. prikazuje primjenu piezoelemenata na svemirskim letjelicama.



Slika 25. Primjena piezoelemenata za potrebe svemirske tehnologije [14]

4. ZAKLJUČAK

Razni su primjeri primjene piezoelemenata mogući u redukciji vibracija lakih konstrukcija, digitalnih uređaja, automobilskih dijelova, ali je još uvijek upitna njihova cijena i proizvodi na koje se ugrađuju ovakvi sustavi kontrole vibracija još uvijek nisu zastupljeni u masovnoj proizvodnji prvenstveno zbog njihove cijene. Uz navedene primjere može se vidjeti da je kontrola vibracija pomoću piezoelemenata praktično moguća te da su široka područja njene primjene. Rad mnogih stručnjaka na ovom polju trebao bi dovesti do masovne primjene piezomaterijala te stvaranja inteligentnih struktura dostupnih potrošačima.

5. LITERATURA

- [1] Vibracije//Tehnička enciklopedija. Zagreb:Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Sv. 13. 1997. Str 462-467.
- [2] Matejiček, Franjo: Kinetika sa zbirkom zadataka. Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, 2006. Str. 167-192.
- [8] Renault Mass Damper Explained! <http://ecsurf.com/renault-mass-damper.html>. (15.8.2007.)
- [4] Eddy, Nathan: Taipei 101's 730-Ton Tuned Mass Damper. May 2005. <http://www.popularmechanics.com/technology/industry/1612252.html>. (16.08.2007)

- [5] GELTEC Catalog.2005.
<http://www.geltec.co.jp/english/catalog/index.htm>
(15.8.2007.)
- [6] Farrat Isolevel Ltd. <http://www.farrat.com/products/>
(16.8.2007.)
- [7] Graunke, K.: Maschinenschwingungen gezielt bekämpfen. 05.01.2006.
http://www.airloc.com/pdf/Machine_vibrations_english.pdf . (16.08.2007.)
- [8] Kuzmanović, Branislav: Osnove elektrotehnike I. Zagreb: Element, 2000. Str. 111-112.
- [9] Kistler Instrumente AG. <http://www.kistler.com/> ,
(13.8.2007.)
- [10] Humad, Shweta: Piezo on silicon microelectromechanical resonators. Georgia, 2004.
<http://etd.gatech.edu/> (25.08.2007)
- [11] Oscillation damper with Piezo effect,
<http://live.pege.org/2005-material/oscillation-damper.htm>. (1.9.2007.)
- [12] PM900M proof mass damper. Cedrat Technologies October 2006.
http://www.cedrat.com/engineering/Active_materials_applications/Actuators/Actuators.htm (1.9.2007.)
- [13] Monner, H. P.; Wierach, P.: Overview of smart-structures technology at the German Aerospace Center, Smart Structures – Now a Reality, Institution of Mechanical Engineers (IMECHE), 22. September 2005, BAWA, Bristol, GB
- [14] Tralli, A.; Rutigliano, L.; Olivier, M.; Sciacovelli, D.; Gaudenzi, P.: Modelling of Active Space Structures for Vibration Control. 2004.
naca.central.cranfield.ac.uk/dcscs/2004/D14_48_TralliE-DITfinal1.pdf. (29.08.2007)

MORT U GRAĐEVINARSTVU

MORTAR IN CONSTRUCTION

Špišić A.¹

¹Institut IGH d.d. Zagreb, Hrvatska

Sažetak: Članak sadrži sve bitne elemente vezane uz mortove:

- vrste mortova
- sastav morta
- dio 1 EN 998 : mort za žbukanje
- dio 2. EN 998 : mort za zidanje
- način ispitivanja mortova - instrumenti za ispitivanje

Budući da se u literaturi rijetko nalaze članci gdje je sve to obuhvaćeno odlučila sam se na taj način približiti ovu problematiku korisnicima i sve povezati sa Zakonom o građevinskim proizvodima, odnosno označavanju etiketiranju građevinskih proizvoda - mortova oznaka CE (Konformitätskennzeichnung prema pravilniku).

Glavne riječi: mort, ispitivanje, Zakon o građevinskim proizvodima, etiketiranje, CE

Abstract: This article contains all the relevant elements regarding mortars: the types of mortars, their application, their marks and strength; the composition of mortar; part 1 EN 998: plastering mortar; part 2 EN 998: brickwork mortar; the procedures for testing mortars and instruments used for testing.

Due to the fact that the articles which would address all of these elements are seldom found, the author's intention was to give the end user an integral view of this topic, together with the relevant information regarding the Construction Products Directive, or valid labeling of products prior to their release in the open market, specifically mortars with the CE label.

Key words: mortar, testing, Construction Products Directive, labeling, CE

1. UVOD

Europska norma za mortove za zidane konstrukcije ima oznaku EN 998-1:2003 i ima status njemačke norme, tj. EN 998-1:2003 nadomješta DIN 18550-1 do 4 koji se odnose na izvođenje morta za žbukanje (vanjsko i unutarnje).

Promjene vezane uz europske EN 998-1:2003 prema DIN 18550-1:1985-01, DIN 18550-2:1985, DIN 18550-3:1991-03, DIN 18550-4:1983-08 i DIN 18557:1997-11: klasificiranje mortova za žbukanje prema čvrstoći, kapilarnom preuzimanju vlage i toplinskoj vodljivosti;

uvođenje novih skraćenica – oznaka za mort za žbukanje, mort za vanjsko žbukanje je dopunjen; podaci za zaštitu od požara prema europskom klasificiranju; podaci o proizvođaču i objašnjenje proizvođača o građevinskom proizvodu prema proizvodnim linijama je dopunjeno.

2. VRSTE MORTOVA

Prema namjeni: mort za zidanje, za žbukanje, za fugiranje, za podlijevanje strojeva (pagelmoertel), sanacijski mort (nanocrete za sanaciju betonskih površina) i injekcioni mort (Masterflow).

Prema sastavu: vapneni mort, cementni, produžni, gipsani, lako agregatni mort i epoksidni mort.

Prema maksimalnom zrnu agregata mort može biti fini i grubi.

Prema obradivosti i konzistenciji: prskani mort, tekući, plastični i zemno-vlažni mort.

Prema mjestu proizvodnje imamo transportni i gradilišni mort.

3. SASTAV MORTA

Mort je sastavni dio veziva, agregata (najčešće pijeska), eventualno dodataka i vode.

3.1. Pijesak za mortove

Upotrebljava se prirodan ili je umjetnog podrijetla odgovarajućeg granulometrijskog sastava. Najveće zrno ne smije biti veće od polovice debljine ugrađenog morta.

Za zidanje se upotrebljava oštri pijesak granulacije 0-4mm, a za fino žbukanje debljina zrna je 0-2mm. Laki agregati upotrebljavaju se za termoizolacijske mortove ili kao zaštita od požara. Za žbuke se također upotrebljavaju granule ekspanziranih polimera-polistiren ili poliuretana. Temperatura pijeska kojim se spravlja mort smije biti najviše 40° C.

Tabela 1. Preporučeni granulometrijski sastav pijeska za žbuke

NAMJENA	SLOJ	FRAKCIJA PIJESKA
VANJSKA ŽBUKA	špric - vezni sloj	0-4, 0-8
	gruba žbuka	0-2, 2-4
	fina žbuka	ovisno o završnoj obradi
UNUTRAŠNJA ŽBUKA	špric - vezni sloj	0-4
	gruba žbuka	0-2; 0-4
	fina žbuka	0-1; 0-2

3.2. Dodaci za mortove

Slično kao i kod betona, mogu i mortovi imati dodatke radi modificiranja svojstva svježeg i očvrstlog morta, te radi ekonomičnosti. Dodatna sredstva ili aditivi primjenjuju se u malim količinama da bi svojim kemijskim ili fizikalnim djelovanjem poboljšali svojstva morta te se kao takvi primjenjuju: plastifikatori, zgušćivači, stabilizatori, usporivači i ubrzivači vezanja, ubrzivači očvršćivanja, dodaci za poboljšanje zadržavanja vode, dodaci za bolje injektiranje, za vodoodbojnost itd.

Za kvalitetu morta je bitno da proizvođač ispita utjecaj aditiva na mort kako bi odredio optimalno doziranje aditiva.

3.3. Voda za piće za spravljanje mortova

Voda za piće može se upotrijebiti za spravljanje mortova bez prethodnog ispitivanja. Za mortove se može upotrijebiti voda koja ima PH vrijednost najmanje 4,5 i temperaturu najviše 80 stupnjeva.

Svojstva morta ovise o načinu spravljanja morta, o vezivu te o ugradbi i njegovanju morta.

Ovisno o namjeni, faktori svježeg morta su obradivost, sposobnost zadržavanja vode i kohezivnost, a u očvrstlom stanju to su čvrstoća na savijanje, čvrstoća na pritisak, prionjivost za podlogu, vodonepropustljivost, vodu-upojnost termička i zvučna vodljivost, otpornost na vatru, otpornost na kemikalije itd.

Smije se izmiješati samo ona količina morta koja se može ugraditi prije početka vezanja, s time da se održava potrebna konzistencija.

Norma EN 998 za mort za zidane konstrukcije sastoji se iz dva dijela:

Dio 1. - mort za žbukanje

Dio 2. - mort za zidanje

4. DIO 1. - EN 998:2003 MORTOVI ZA ŽBUKANJE

S obzirom na EN 998-1:2003 mortovi za žbukanje dijele se na:

Mort za žbukanje prema primjeni: normalni mort za žbukanje, laki mort, plemeniti mort, mort za saniranje (reparaturni mort) i mort za toplinsku izolaciju.

Prema mjestu proizvodnje i načinu proizvodnje: gradilišni mort i mort proizveden u tvornici.

Prema konceptu proizvodnje: mort proizveden prema receptu i mort ispitanog sastava.

Mortovi za žbukanje postižu konačne karakteristike nakon potpunog pričvršćenja na građevinu. Njihova potpuna funkcija ovisi o njihovoj debljini i o vrsti materijala od kojeg su napravljeni, s tim da istodobno utječu na izgled građevine. Na temelju regionalne različitosti ne može se napraviti jedan recept za mort za žbukanje za sve europske zemlje već treba napraviti podesnu mješavinu morta, ovisno o primjeni u praksi kao i o iskustvu na mjestu gdje će se žbukati.

Europska norma vrijedi za mortove za žbukanje koji su proizvedeni u pogonu (tvornici) iz anorganskih veziva koji se primjenjuju kao vanjske ili unutarnje žbuke za zidove, stupove i deke.

Skrraćene oznake za mortove za žbukanje i njihovo značenje prema EN 998-1:2003:

GP: normalni mort za žbukanje – bez značajnih zahtjeva, primjena za vanjsko i unutarnje žbukanje, a može se proizvesti kao mort prema receptu ili kao mort proizveden i ispitan u tvornici.

LW: laki mort za žbukanje – gustoće manje od 1300 kg/m³.

CR: plemeniti mort za žbukanje – najčešće je u boji koju je dobio od agregata ili dodanog pigmenta.

OC: mort za vanjsko žbukanje ispunjava funkciju višeslojnog morta za vanjsko žbukanje i obično je u boji, a može biti proizveden od normalnog ili lakog zrna agregata.

R: mort za saniranje ili reparaturni mort ima veliku poroznost, ali malu kapilarnu vodljivost pa je pogodan za vlažne zidove koji imaju u sebi soli otopljene u vodi.

T: mort za toplinsku izolaciju – specifične je toplinske sposobnosti.

U ovoj normi opisane osobine i zahtjevi koje mora zadovoljiti mort napravljeni su na temelju ispitivanja za koja su uzete probe morta prema EN 1015-2.

Različite primjene i zahtjevi uzrokuju da mort za žbukanje mora imati različite dokazane osobine.

Čvrstoća, upijanje vode i toplinska vodljivost (prema tabeli 1.) su mjerodavni parametri za klasificiranje morta.

Mort za žbukanje mora biti otporan na vatru pa je u tom slučaju svrstan u KLASU A1, a to je u slučaju kad je sastav organskih spojeva u mortu manji od 1 % mase ili volumena morta, pri čemu je mjerodavna veća vrijednost. Ako je postotak organskih sastava u mortu veći od 1%,

onda se mort klasificira prema EN 13501, gdje mora biti navedena odgovarajuća protupožarna klasa.

Tabela 2. Klasificiranje osobina čvrstog morta

O S O B I N E	KATEGORIJE	VRIJEDNOSTI
Čvrstoća nakon 28 dana	CS I	0,4 do 2,5 N / mm ²
	CS II	1,5 do 5,0 N / mm ²
	CS III	3,5 do 7,5 N / mm ²
	CS I V	≥ 6 N / mm ²
Vodupojnost	W 0	nije utvrđen
	W 1	$C \leq 0,40 \text{ kg/m}^2 \times \text{min}^{1/2}$
	W 2	$C \leq 0,20 \text{ kg/m}^2 \times \text{min}^{1/2}$
Toplinska provodljivost	T 1	≤ 0,1 W/mxK
	T 2	≤ 0, 2 W/mxK

Kod fasaderskih radova najčešće se upotrebljava termoizolacijska žbuka ili termoizolacijski spregnuti sistemi, čime se štedi toplinska energija zgrada.

Termoizolacijska žbuka je žbuka s visokim udjelom laganih dodataka – uglavnom kuglica ekstrudiranog polistirola (EPS) i označava se kao termoizolacijska žbuka (skraćena je T) ako računski vrijednost toplinske vodljivosti nije veća $\leq +0,2 \text{ W/(m.K)}$. Prema normi DIN EN 998-1 one se dijele u grupe toplinske vodljivosti: T1: $\leq 0,1 \text{ W/(m.K)}$ i T2 $\leq 0,2 \text{ W/(m.K)}$.

Prema normi DIN V 18550 proizlaze kao vrijednosti dimenzioniranja toplinske vodljivosti λ T1: $\lambda = 0,12 \text{ W/(m.K)}$ i T2: $\lambda = 0,24 \text{ W/(m.K)}$.

Termoizolacijski spregnuti sistemi WDVS sastoje se od termoizolacijskih ploča (npr. mineralna vuna ili polistirol, odnosno EPS ploče), koje se učvršćuju na vanjske zidove objekta te se na njih nanosi žbuka ili neki drugi završni zaštitni premaz. Već prema konstrukciji i podlozi, termoizolacijski spregnuti sistemi mogu se također lijepiti na podlogu (mort za lijepljenje) ili se mogu učvrstiti posebnim tiplima. Pri dnu se postavljaju tzv. sokel šine na koje se postavlja toplinska izolacija EPS, odnosno mineralna vuna, dok se na uglove zgrade postavljaju kutne zaštitne šine.

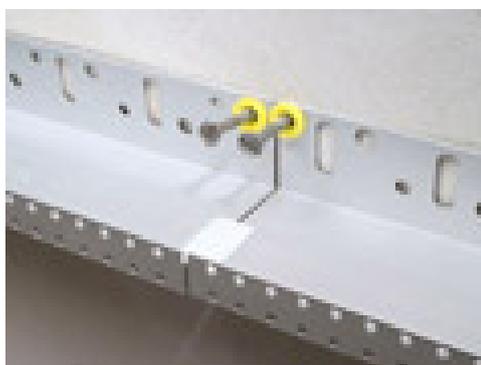
Način postavljanja termoizolacijski spregnutog sistema WDVS:



Slika 1. Kleben (lijepljenje EPS-a)



Slika 2. Dübeln (učvršćenje tiplima)



Slika 3. Sokel šina za postavu EPS-a

Sanacijska žbuka normirana je u DIN EN 998-1 (skraćena R - Renovation Mortar). Sanacijska žbuka je specijalna izrazito porozna žbuka (poroznost > 40 vol.-%) s izraženom sposobnošću difuzije vodene pare i smanjenom kapilarnom vodljivošću. Koristi se za žbukanje, odnosno sanaciju zidova od kapilarne vlage i zidova zasićenih topivim solima.

Osnovni princip sanacijske žbuke sastoji se u tome da se topive soli iz podloge transportiraju u prostor pora žbuke, tamo se kristaliziraju, ali tako da soli nisu vidljive na površini žbuke niti te građevinski štetne soli razaraju strukturu žbuke.

Vanjska žbuka za podrumске zidove kao nositelj zaštitnih premaza mora se izvoditi od morta s hidrauličkim vezivima kategorije CS IV prema normi DIN EN 998-1.

Kod zida od blokova tlačne čvrstoće 8 ne smije se prekoračiti najmanja tlačna čvrstoća klase CS IV od 6 N/mm². Vanjska žbuka podrumskih zidova mora se dodatno izolirati u području koje je u kontaktu s tlom.

Postoji žbuka sa specijalnim svojstvima, npr. posebna žbuka kao protupožarni omotač, žbuka sa svojstvima apsorpcije zvuka (akustična žbuka) ili apsorpcije zračenja. Kao aktualna inovacija navode se tzv. PCM žbuke. Tu je riječ o „inteligentnoj“ vrsti žbuke koja doprinosi da se prostorije ljeti manje zagrijavaju. Takva žbuka sadrži mikro obložene » Phase Change Materials«. Pri postizanju određene temperature, npr. 26°C, te Phase Change Materials troše dio toplinske energije koju ta temperatura dovodi. One tako doprinose klimatiziranju prostorije bez vanjskog dotoka energije te se označavaju kao solarna žbuka ili klima-žbuka.

Inovaciju predstavlja također žbuka koja doprinosi poboljšanju kvalitete zraka. Princip rada takve žbuke bazira se na fotokatalizi. Preko fotokatalizatora povezanog sa svjetlom mirisi i hlapljivi organski spojevi - formaldehid i otapala - pretvaraju se u manje kritične supstance kao što su voda i ugljični dioksid. Ova vrsta žbuke proizvedena na bazi gipsa pogodna je za poboljšanje kvalitete zraka u prostorijama opterećenim duhanskim dimom ili u kuhinjama.

5. DIO 2. - EN 998:2003 - MORT ZA ZIDANJE

Tehnička svojstva morta za zidanje moraju ispunjavati opće i posebne zahtjeve bitne za njegovu namjenu.

Mort za zidanje proizvodi se kao:

- mort za zide opće namjene G
- tankoslojni mort za zide T s najvećim zrnom agregata do 2 mm
- lagani mort za zide čija je gustoća suhog očvrstlog morta manja od 1300 kg/m³

Mortovi za zidanje, kao i mort za žbukanje sastavni su dio-mješavina jednog ili više anorganskih veziva, agregata, vode i po potrebi dodatka ili dodatnih sastojaka za zidanje i fugiranje.

Tehnička svojstva i drugi zahtjevi te potvrđivanje sukladnosti morta određuju se i provode prema normama, te u skladu s odredbama posebnog propisa tu možemo navesti :

- HRN EN 998-2:2003 specifikacija morta za zide -2.dio
- HRN CEN/TR 15225:2006 smjernice za tvorničku kontrolu proizvodnje za označavanje oznakom CE (potvrđivanje sukladnosti 2+) za projektirane mortove (CEN/TR 15225:2005)
- HRN EN 13501-1:2002 razradba prema rezultatima ispitivanja reakcije na požar

Proizvođač, ovisno o namjeni proizvoda, objavljuje svojstva svježeg morta: vrijeme ugradnje i vrijeme obradivosti prema normi HRN EN 1015-9, te sadržaj topljivih klorida prema normi HRN EN 1015-17.

Tabela 2. Klase mortova za zidanje prema čvrstoći

Klase	M 1	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M 4
Čvrstoća N/mm ²	1	2,5	5	10	15	20	

„d“ je čvrstoća morta na pritisak nakon 28 dana

Svojstva očvrstlog morta moraju biti specificirana u projektu zidane konstrukcije, ovisno o uvjetima izvedbe i upotrebi zidane konstrukcije.

Stvrdnjavanje morta u reški:

Čim između svježeg morta i zidnog bloka dođe do kontakta, blokovi počinju oduzimati mortu vodu. Oduzimanje vode ovisi o svojstvima svježeg morta te o hidroskopskim svojstvima zidnih blokova.

Proces upijanja vode odlučujući je za razvoj čvrstoće morta. Čvrstoća koju mort postiže između zidnih elemenata/blokova („tlačna čvrstoća reški“) ima puno veće praktično značenje od čvrstoće prizme, jer ona je odlučujuća i za nosivost zida. Zapravo je čvrstoća morta u reški veća nego u prizmi. Samo u izrazito nepovoljnim slučajevima može doći do smanjenja čvrstoće pa čak i do njenog potpunog gubitka. Razlog obično leži u hidroskopsnosti zidnih blokova, odnosno u nedostatku predvlaženja, zatim o vremenskim uvjetima koji potiču isušivanje (sunce, vjetar) ili o neprilagođenom sastavu morta. Naročito kod vapnenih blokova može doći do nepovoljnih rubnih uvjeta isušivanja morta. Sigurnost izvedbe povećana je kada se vapneni blokovi prethodno navlaže ili ako se koristi mort posebno prilagođen ovoj vrsti zidnih blokova. U slučajevima kada je tlačna čvrstoća reški morta smanjena (mort je u ranom stadiju potpuno isušen - „žedan“), pod određenim okolnostima mogu se izvesti popravci tako što se mortu ponovo dodaje voda npr. intenzivnim vlaženjem zida.

6. ISPITIVANJE MORTA

Kalup za ispitivanje uzoraka morta sastoji se od tri prizme koje se napune mortom. Nakon 24 sata kalup se otvori te se nakon dva dana prizme postave na drvene letve u prostoru na temperaturi 20±2° C i relativne vlažnosti 65 ± 5 %. Ispituju se nakon 28 dana, a savojna čvrstoća i čvrstoća na pritisak se izračunava prema dolje spomenutim formulama.

Na slici su prikazani uzorci morta u prizmama veličine 4x4x160 mm, te ispitivanja na savijanje i ispitivanje tlačne čvrstoće:

Od jednog uzorka prizme prilikom ispitivanja savojne čvrstoće nastanu dva uzorka na kojima se onda ispituje tlačna čvrstoća. Čvrstoća na tlak označava se sa „CS“ (Compression = Druck), a izražava u N/mm² (Slika 4.).



a) Uzorci ugrađeni u kalupe



b) Ispitivanje vlačne čvrstoće savijanjem

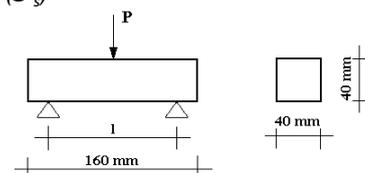


c) Ispitivanje tlačne čvrstoće

Slika 4. Ispitivanje morta
Formule za određivanje savojne čvrstoće morta:

■ čvrstoća na savijanje (S_s)

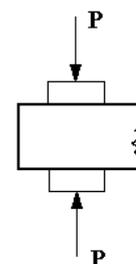
$$\sigma_s = \frac{M}{W}$$



s_s - čvrstoća na savijanje (N/mm²)
 W - moment otpora poprečnog presjeka (mm³)
 M - moment savijanja (Nmm)
 h - visina stranice poprečnog presjeka uzorka (mm)

■ čvrstoća na tlak (s_p)

$$\sigma_p = \frac{P}{F}$$



s_p - čvrstoća na tlak (N/mm²)
 P - sila pri slomu uzorka (kN)
 F - ispitna površina uzorka (mm²)

Prianjanje morta za podlogu određuje se tzv. POLL-OFF metodom – čupanjem uzoraka morta s podloge.

7. OZNAKE PROIZVODA

Oznaka morta mora sadržavati sljedeće podatke:

- broj, naziv i datum izlaženja europske norme
- ime produkta ili vrstu morta
- naziv proizvođača
- datum proizvodnje, odnosno odgovarajući kod

Proizvođač ovisno o namjeni proizvoda objavljuje sljedeća svojstva tvornički proizvedenog morta:

- tlačnu čvrstoću prema HRN EN 1015-11
- posmičnu čvrstoću prema normi HRN EN 1052-3
- vodoupojnost prema normi HRN EN 1015-18
- paropropusnost prema normi HRN EN 1745
- gustoću suhog morta prema normi HRN EN 1015-10
- toplinsku provodljivost prema normi HRN EN 1745
- trajnost, otpornost na smrzavanje

U tabeli 3. pokazano je kako mora izgledati etiketa proizvedenog morta u tvornici.

Ispod imena i adrese proizvođača navode se također dvije posljednje znamenke godine u kojoj je oznaka spomenuta. Ako produkt sadrži opasne supstance, one moraju biti navedene ili moraju imati priložene dokumente s navodima i informacijama proizvođača o opasnim sastojcima i o načinu zaštite.

Tvornički proizvedeni mort mora prema Zakonu o građevnim proizvodima, NN 86/08, i prema Pravilniku o ocjenjivanju sukladnosti imati pisanu izjavu o sukladnosti proizvoda, kao i CERTIFIKAT kontrole proizvodnje. Sukladno time, oznake proizvoda moraju se označiti kao što je to već spomenuto.

Tabela 3. Primjer sadržaja CE – OZNAKE i etikirung na proizvodima

C E
IME ili OZNAKA PRODUKTA kao i adresa proizvođača 00
EN 998 - 1 Primjer: Normalni mort za vanjsko žbukanje Otpornost na požar: Klase A1 Prionjivost: 0,3 N/mm ² Upijanje vode : W1 Koeficijent paropropusnosti : μ 25 Toplinska vodljivost: λ 0,93W/mK Trajna prionjivost ili otpornost na smrzavicu ovisno o mjestu primjene morta za žbukanje

8. ZAKLJUČAK

Članak se bavi mortovima u građevinarstvu i njihovim oznakama, čvrstoćama, a spominju se i pojedine vrste tzv. specijalnih mortova koji se upotrebljavaju kod vlažnih zidova, odnosno mortova koji se koriste za podlijevanje a kod kojih treba postići visoku čvrstoću u kratkom vremenu. Težnja je usmjerena na mortove za zidanje i žbukanje koji se najviše upotrebljavaju u građevinarstvu.

9. LITERATURA

- [1] V. UKRAINCZYK: „Poznavanje gradiva“ IGH, Zagreb, 2001.
- [2] Dr.-Ing. Hans- Joachim Riechers: Normen und Literatur, siehe Abs. 4.1.1 Moertel , Duisburg
- [3] Zakon o građevnim proizvodima, Narodne novine 86/08
- [4] Deutsche Norm –EN998-1 Festlegungen fuer Moertel im Mauerwerksbau, deutsche Fassung EN 998-1:2003
- [5] Tehnički propisi za zidane konstrukcije, Narodne novine, NN 01/07

Autor članka:
 Ana Špišić, dipl. ing. građ.
 Institut IGH d.d. Zagreb

TIPOLOGIJA IZGRADNJE I PODJELA ZGRADA PREMA RAZDOBLJU GRADNJE I ENERGETSKIM POTREBAMA

THE TYPOLOGY OF CONSTRUCTION AND DIVISION OF BUILDINGS ACCORDING TO THE CONSTRUCTION PERIOD AND ENERGETIC NEEDS

Vrčec S.¹
¹Varaždin

Sažetak: Sa stajališta energetske potrošnje, razdoblje izgradnje vrlo je važan parametar. Zbog karakteristika gradnje i nedostatka propisa o toplinskoj zaštiti, u razdoblju najveće stambene izgradnje od 1950. do 1980. godine, izgrađen je niz stambenih i nestambenih zgrada koje su danas veliki potrošači energije, s prosječnom godišnjom potrošnjom energije od preko 200 kWh/m²a [1]. Potrebno je naglasiti da prosječne stare zgrade godišnje troše 200-300 kWh/m²a energije za grijanje, standardno izolirane kuće ispod 100, suvremene niskoenergetske kuće ispod 40, a pasivne i nulenergetske kuće 15 kWh/m²a i manje [2].

Ključne riječi: zgrada, izgradnja, toplinska izolacija, energetska potrošnja

Abstract: From the standpoint of energy consumption, the construction period is a very important parameter. Due to the characteristics of construction and the lack of regulations on thermal protection, in the period of the most intensive housing construction from 1950 to 1980 there has been built a series of residential and nonresidential buildings that are now major energy consumers, spending annually over 200 kWh/m² [1] on average. It should be noted that the average old buildings annually consume 200-300 kWh/m² energy for heating, whilst standard insulated ones under 100, the modern low-energy houses under 40, and the passive and nul-energy ones 15 kWh/m² or even less [2].

Key words: building, construction, thermal insulation, energy consumption

1. UVOD

Prvi propisi o toplinskoj zaštiti zgrada kod nas su doneseni 1970. godine (Službeni list SFRJ 35/70). U njima je određena podjela državnog teritorija na tri tri građevinsko klimatske zone. Za svaku zonu su propisane najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaza topline (k) za pojedine elemente vanjske ovojnice zgrade. Godine 1980. su doneseni novi zahtjevi u pogledu toplinske zaštite zgrada u okviru norme JUS U.J5.600

kojima su vrijednosti dopuštenih koeficijenata prolaska topline U(k) smanjene za cca 30 posto. Novo, pooštreno i dopunjeno izdanje doneseno je tek 1987. godine [2]. Ako se postojeće zgrade izgrađene nakon donošenja zahtjeva iz 1987. godine, prihvate kao uvjetno zadovoljavajuće sa stajališta toplinske zaštite i uštede energije, čak i u tom slučaju oko 83% naseljenih zgrada u Hrvatskoj ima nezadovoljavajuću toplinsku zaštitu, s prosječnom potrošnjom energije za grijanje od 150 do 200 kWh/m²a [1].

Tek novogradnja usklađena s Tehničkim propisom o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama NN 79/05 [5] s obveznom primjenom od 01. srpnja 2006. godine, te Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada NN 110/08 [3], NN 89/09[4] donosi značajne zahtjeve glede racionalne uporabe energije i toplinske zaštite, a ujedno se i implementira Direktiva 2002/91/EC Europskog parlamenta od 16. prosinca 2002.g. o energetske svojstvima zgrada i Direktiva 89/108/EEC Europskog parlamenta od 22. prosinca 1989. g. u dijelu koji se odnosi na građevne proizvode koji se ugrađuju u zgrade u svrhu ispunjavanja bitnog zahtjeva za građevinu: »ušteda energije i toplinska zaštita«.

Dakle, osnovna karakteristika postojeće izgradnje u Hrvatskoj je neracionalno velika potrošnja svih oblika energije, prvenstveno energije za grijanje, ali porastom standarda sve više i za hlađenje zgrada. Energetska potrošnja namijenjena za grijanje, pripremu tople vode i kondicioniranje zraka predstavlja najznačajniji dio energetske potrošnje u zgradama. Tako nam razdoblje izgradnje i razdoblje eventualne obnove puno govori o karakteristikama izgradnje, tipovima konstrukcija, postojanju toplinske zaštite i dr.

Uzimajući u obzir starost i vrstu gradnje, a u ovisnosti o zakonodavnom okruženju, postojeće zgrade u Hrvatskoj možemo podijeliti u karakteristične grupacije:

- zgrade građene prije 1940. godine,
- zgrade građene u razdoblju od 1940. do 1970. g.,
- zgrade građene u razdoblju od 1970. do 1987. g.,
- zgrade građene u razdoblju od 1987. do 2006. g.,

- novogradnja usklađena sa Tehničkim propisom [5], [3] i [4].

2. ZGRADE GRAĐENE PRIJE 1940. I U PERIODU 1940.-1970.

Osnovno obilježje gradnje u ovom razdoblju je:

- veliki intenzitet gradnje tradicionalnim tehnikama i materijalima
- nema toplinske zaštite

Zgrade građene prije 1940. imaju masivnu zidanu konstrukciju od opeke ili kamena debljine zida 25, 38 ili 50 cm pa i više. Zgrade u periodu 1940.-1970. karakterizira pojava novijih materijala i statički tanjih konstrukcija bez toplinske izolacije. Stropovi su uglavnom drveni ili masivni od opeke, kamena ili betonskih elemenata (rebričasti betonski strop). Takve starije zgrade masivnih debelih zidova, zbog velike debljine konstrukcije i relativno niskog stupnja zagrijavanja prostora, nisu imale tako velike toplinske gubitke, kao novije lake betonske konstrukcije između 1940. i 1970. Uvođenjem standarda grijanja prostora na temperaturu višu od 18°C, kroz takve zidove gubi se znatan dio toplinske energije te se pojavljuje problem vlage. Podrumski prostori su uglavnom pomoćni prostori građevine i negrijani prostor. Najčešće provjetravani podrum služio je kao tampon prostor između tla i prostora prizemlja. Vлага koja je bila neminovna, isušivala se u prostoru podruma ne šteteći ostalim konstrukcijama. Podovi su najčešće bili izvedeni na sloju nabijene zemlje. Kao hodna obloga koristile su se drvene kocke ili opekarski elementi položeni u nasip. Hladni podovi grijanih prostorija često su izloženi i pojavi kondenzacije na njihovoj gornjoj površini. Strop prema negrijanom tavanu najčešće se izvodio kao drveni strop s podgledom (žbuka na daščanoj oplati), nasipom šute i gornjom dasčanom oplatom kao podom tavana. Strop iznad negrijanog prostora je uglavnom strop podruma i najčešće se izvodio kao svodeni strop od opeke ili kamena s nasipom i plivajućim drvenim podom položenim u taj nasip. Krov kod starijih građevina se nije izolirao te se problem pojavljuje kod prenamjene tavanog prostora u grijani stambeni prostor.

Prozori i vrata izvodili su se uglavnom drveni, ustakljeni s jednim ili dva stakla po krilu – jednostruki ili dvostruki prozori s dva krila na razmaku većem od 10 cm. Takvi prozori danas uzrokuju velike gubitke topline kroz vanjsku ovojnicu uslijed transmisije i zbog nebrtvljenih reški. Prosječni gubici takvih zgrada kreću se između 200 i 250 kWh/m² godišnje.

Analize pokazuju da se povećanjem toplinske izolacije vanjske ovojnice, prvenstveno vanjskog zida te zamjenom prozora, gubici topline smanjuju na 60-90 kWh/m² godišnje, što je ušteda u potrošnji toplinske energije za oko 70% [2].

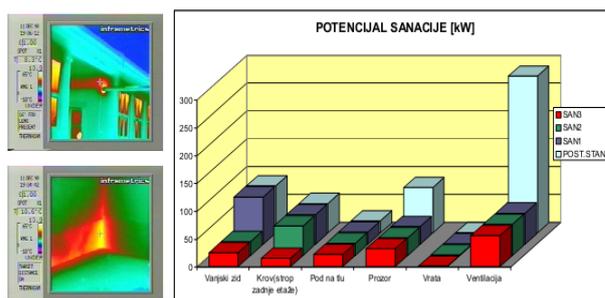
Karakterističan primjer:

ELEKTROSTROJARSKA OBRTNIČKA ŠKOLA U ZAGREBU – izgrađena 1948.

Građevina je zidana punom opekom, debljine zida 25 i 38 cm + žbuka, dijelom podrum sa prizemljem i 2 kata, krovšte drveno pokriveno salonit pločama, tavanški prostor se ne grije, a prozori su stari drveni, većim dijelom s jednostrukim staklom i lošim brtvljenjem.

788.109 kWh ► 256.837 kWh
► - 67%
198 kWh/m² ► 65 kWh/m²

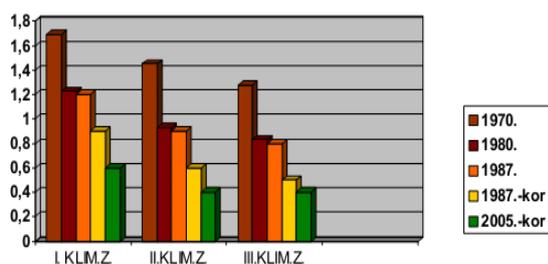
VARIJANTA	IZVEDBA
SAN 1	Sanacija prozora i okvira U=3,0-5,8 ► U=1,4
SAN 2	Sanacija vanjskih zidova U=1,46 ► U=0,32
SAN 3	Sanacija stropova prema tavanu U=1,14 ► U=0,28



Slika 1. Potencijal sanacije[2]

3. ZGRADE GRAĐENE U PERIODU OD 1970. DO 1987.

Pojavio se tehnički napredak u proizvodnji materijala za zidanje, upotreba betona i armiranog betona, te gradnja „tankih“ konstrukcija koje zadovoljavaju statički proračun, ali nemaju nikakav energetski koncept, ima za posljedicu izgradnju velikog fonda zgrada koji je sa stajališta toplinske zaštite i uštede enrgije izuzetno nepovoljan [1]. Takva gradnja počinje već 50-tih godina prošlog stoljeća, a u razdoblju od 1970. do 1987. godine karakteristična je izgradnja vitkih skeletnih konstrukcija ili poprečnih betonskih nosivih zidova, a ispunja između nosive konstrukcije radi se često kao stolarski element s izuzetno lošim toplinskim karakteristikama. Česti su i prefabricirani betonski parapetni paneli bez ikakve toplinske zaštite. Dakle, s jedne strane imamo usvajanje prvih propisa o toplinskoj zaštiti zgrada i početak skromnog korištenja toplinske izolacije, a s druge strane gradnja statički vitkih, tankih konstrukcija, velikih staklenih površina i zapravo toplinski vrlo loših objekata. Prvi propisi o toplinskoj zaštiti zgrada u RH doneseni su 1970. g. u kojima je određena podjela državnog teritorija na tri građevinsko klimatske zone. Za svaku zonu su propisane najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaza topline k (danas U) za pojedine elemente vanjske ovojnice zgrade.



Dozvoljeni i korigirani zadovoljavajući koeficijenti prolaska topline W/m^2K za vanjski zid ovisno o zakonodavnom okruženju

Slika 2. k (U) ovisno o zakonodavnom okruženju [1]

Počinja se skromna primjena toplinske izolacije u debljinama 2-4 cm. Razvija se primjena armiranog betona pa se može reći da je statika zgrade zadovoljena, a energetski koncept ne postoji. Nikakva ili vrlo stidljivo primijenjena toplinska izolacija karakteristična je za gradnju sve do 1980. g. Koriste se uglavnom prozori sa izo staklom, ali vrlo loših profila, bez prekinutog toplinskog mosta te s lošim brtvljenjem. Površina staklenih ploha se povećava, a standard grijanja raste.

AB konstrukcije zidova izvode se sa 2-4 cm izolacije tipa heraklit, drvolut ili okipor koja se stavlja u oplatu kod betoniranja. AB zidovi su debljina uglavnom 16 i 18 cm. Zidane konstrukcije izvode se uglavnom od šuplje blok opeke 19 cm koja obostrano ožbukana zadovoljava tadašnje minimalne uvjete za toplinsku izolaciju. Ne posvećuje se nikakva pažnja rješavanju detalja karakterističnih toplinskih mostova na spoju armiranog betona i opeke, što često rezultira pojavom vlage i plijesni na unutrašnjim uglovima kuća i zgrada. Krovovi se često izvode kao ravni s betonskom pločom i minimalnom izolacijom.

Toplinski gubici zgrada iz ovog razdoblja često su veći od onih na starijim zgradama, građanim 20 i više godina ranije te iznose i preko 300 kWh/m² godišnje. Mjere sanacije ne razlikuju se mnogo u odnosu na sanaciju starijih zgrada, s tom prednosti što se izolacija uglavnom bez problema može izvoditi s vanjske strane. I u ovom slučaju ekonomski najisplativije je sanirati krov ili strop prema negrijanom tavanu te vanjski zid i prozore [1].

Karakterističan primjer:

OBITELJSKA KUĆA U ZAGREBU – izgrađena 1985. godine.

Kuća ima podrum, prizemlje i stambeno potkrovlje. Građena je od opeke i armiranog betona, pri čemu je dio konstrukcije „čisti beton“ bez obloge, a drugi dio obložen je fasadnom opekom ili drvenom oblogom bez toplinske izolacije. Krov je drveni, dvostrešni pokriven betonskim crijepom. Prozori su drveni, s ugrađenim izo staklom, slabih toplinskih karakteristika i lošeg brtvljenja. Najveći problem vezan uz prozore su visoke kutije za rolete, koje nisu toplinski izolirane i predstavljaju velike toplinske mostove. Većina parapetnih zidova izvedena je kao drveni sendvič panel ispod prozora, slabih toplinskih

karakteristika, ispred kojeg se u većini slučajeva nalaze radijatori.



Slika 3. Postojeće stanje [2]

VARIJANTA	IZVEDBA
SAN 1	Sanacija prozora i okvira $U=3,00 \rightarrow U=1,40$
SAN 2	Sanacija vanjskih zidova $U=1,20-3,20 \rightarrow U=0,30-0,35$
SAN 3	Sanacija stropa, poda, krova $U=1,76 \rightarrow U=0,20$

250 kWh/m² → 70 kWh/m²
→ -72%

Slika 4. Potencijal sanacije [2]

Preporučena rekonstrukcija vanjske ovojnice je:

- toplinska izolacija vanjskog zida sa 10-12 cm kamene vune i tankoslojnom fasadom
- toplinska izolacija stropa prema negrijanom tavanu sa 18 cm kamene vune
- toplinska izolacija poda prema negrijanom podrumu i prema otvorenom prostoru sa 14 cm kamene vune
- zamjena prozora s novim drvenim ili PVC prozorima $U=1,40 W/m^2K$.

4. ZGRADE GRAĐENE U PERIODU OD 1987. DO 2006.

Unatoč svjetskim trendovima i naglašene potrebe štednje energije u zgradama, Hrvatskoj je trebalo gotovo dvadeset godina do usvajanja Novog tehničkog propisa i strožih zahtjeva glede toplinske zaštite i uštede toplinske energije u zgradama. Svi projekti i sva izgradnja u razdoblju od 1987. godine do danas, ima u prosjeku istu toplinsku kvalitetu, a godišnje toplinske potrebe kreću se u prosjeku od 100 do 150 kWh/m² godišnje. Gradi se svim dostupnim materijalima na tržištu, a primijenjena je toplinska izolacija takva da zadovoljava postojeće propise. Najčešće se koriste kamena vuna i polistiren (stiropor), u debljinama 4,6 i rijede 8 cm za vanjski zid, te 8 do 12 cm za kosi krov u kontinentalnom dijelu Hrvatske, dok u primorskom dijelu i manje, uz čestu primjenu toplinske žbuke, bez dodatne toplinske izolacije. 1. srpnja 2005. godine usvojen je novi Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama s obveznom primjenom od 1. srpnja 2006. godine [5] (51-95 kWh/m²).

Aktivnosti na povećanju energetske učinkovitosti povećanjem toplinske zaštite zgrada treba usmjeriti na zgrade građene prije 1987. godine.

U zgradama građanim u periodu od 1987. do 2006. g. potrebno je dodatnim preporukama za uštedu energije – regulacija, štedna rasvjeta i manjim zahvatima na ovojnici zgrade smanjiti potrošnju energije. Pri svakoj rekonstrukciji treba pažljivo optimirati energetske sustave u što bolju energetske učinkovitu cjelinu. Nove zgrade potrebno je planirati integralno i detaljno razmatrati energetske koncept [1].

Karakterističan primjer:

STAMBENA ZGRADA U ZAGREBU – izgrađena 2002. godine.

Stambena zgrada u programu poticane stanogradnje, 63 stana, podrum, prizemlje, 4 kata i potkrovlje. Konstruktivni je sustav u potpunosti armirano betonski, s nosivim armirano betonskim zidovima debljine 20 cm te AB pločama debljine 18 cm. Vanjski AB zidovi zgrade debljine 20 cm su toplinski izolirani kamenom vunom debljine 10 cm, $U=0,32 - 0,35 W/m^2K$. Ravni krov je izoliran s 12 cm kamene vune, $U=0,29 W/m^2K$. Vanjska stolarija prozora i staklenih stijena je izvedena od petkomornih PVC profila, s prekinutim toplinskim mostom, ustakljenih IZO staklom - $U=1,80 W/m^2K$.



Slika 5. Stambena zgrada POS 2002. g. [1]

5. SUVREMENA IZGRADNJA

Kod gradnje novih kuća i zgrada važno je već u fazi idejnog projektiranja integralno planirati energetske koncept i predvidjeti sve što je potrebno da se dobije kvalitetna i optimalna energetske učinkovita građevina.

Zato je potrebno:

1. analizirati lokaciju, orijentaciju i oblik kuće
2. primijeniti visoku razinu toplinske izolacije cijele vanjske ovojnice i izbjegavati toplinske mostove
3. iskoristiti toplinske dobitke od sunca i zaštititi se od pretjeranog osunčanja
4. koristiti energetske učinkovit sustav grijanja, hlađenja i ventilacije te ga kombinirati s obnovljivim izvorima energije.

Ad 1.

- ✓ ako je moguće, odabrati mjesto izloženo suncu, koje ne zasjenjuje druge kuće, a zaštićeno je od jakih vjetrova
- ✓ otvoriti kuću prema jugu, a zatvoriti prema sjeveru
- ✓ ograničiti dubinu kuće i omogućiti niskom zimskom suncu da uđe u kuću
- ✓ zaštititi kuću od prejakog ljetnog sunca zelenilom i napravama za zaštitu od sunca
- ✓ kompaktan volumen kuće pomaže smanjenju gubitaka topline
- ✓ grupirati prostore slične funkcije – pomoćne prostore smjestiti na sjeveru, a dnevne na jugu

Ad 2.

- ✓ najbolji način izbjegavanja toplinskih mostova je postava toplinske izolacije s vanjske strane zida, bez prekida te dobro brtvljenje reški i spojeva
- ✓ potrebno je izolirati vanjski zid, zid prema negrijanom prostoru, pod na terenu, strop prema negrijanom podrumu i tavanu, ravni i kosi krov iznad grijanog prostora i dr.

Ad 3. i 4.

Za nove zgrade površine veće od 1000 m², prema direktivi 2002/91/EC, trebat će se razmatrati alternativni sustav opskrbe energijom bazirani na obnovljivim izvorima, kogeneracijska postrojenja, daljinsko grijanje i hlađenje te dizalice topline.

Za planiranje energetike u zgradarstvu potrebno je u projektiranju postaviti tehničke uvjete i osigurati prostorne parametre, uskladiti s karakteristikama regije i lokacije kroz: debljinu toplinske izolacije, učinkovite sustave grijanja i hlađenja, primjenu obnovljivih izvora energije, a gdje je moguće primijeniti pasivne tehnike grijanja i hlađenja koje poboljšavaju unutarnje klimatske uvjete i mikroklimu oko građevine.

6. ZAKLJUČAK

Razmatranje energetske koncepta zgrade je multidisciplinarni i vrlo složen timski rad koji zahtjeva suradnju niza stručnjaka na odabiru optimalnog rješenja. Iako sektor zgradarstva predstavlja najveći potencijal energetske uštede, zgrade su toliko složeni sustavi da je moguća reakcija u sektoru zgrada vrlo kompleksna, a time i vrlo troma.

Zgrade se dijele u više kategorija prema namjeni, načinu korištenja i energetske potrošnji, te je njihova energetska analiza, koja u Hrvatskoj nema gotovo nikakvu tradiciju, time još složenija i zahtjevnija.

Dodatno ulaganje u povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje toplinskih gubitaka na novogradnji višestruko je isplativo, a povećanje cijene gradnje za 10% može značiti energetske uštede 50 do 80%.

Posebno je važna suradnja svih sudionika u projektiranju, kao i budućih korisnika zgrade, u pažljivoj optimizaciji i planiranju energetske koncepta tzv. INTEGRALNO PLANIRANJE.

Energetska certifikacija zgrada, kvalitetno provedena i implementirana, mogla bi odigrati ključnu ulogu u podizanju kvalitete gradnje i kvalitetnom osmišljavanju energetske koncepta novih zgrada, pokretanju sustavne

obnove i osuvremenjivanja postojećeg sektora zgrada, te značajno doprinjeti razvoju integralnog projektiranja uzimajući u obzir cijeli životni vijek zgrade.



Slika 6. Integracija elemenata za korištenje OIE u arhitekturu [1]

7. LITERATURA

- [1] Andrassy M., Balen I., Boras I., Dović D., Borković Ž.H., Lenić K., Lončar D., Pavković B., Soldo V., Sučić B., Švaić S., (2010), *Priručnik za energetske certifikacije zgrada*, UNDP, Zagreb
- [2] Borković Ž.H., (2010), *Osnove zgradarstva i izvedbe zgrade, Minimalna procijenjena obilježja za zgrade i tipologija izgradnje – izobrazba za energetske certifikatore*, EIHP, Zagreb
- [3] Narodne novine br. 110/08 „*Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama*“
- [4] Narodne novine br. 89/09 „*Tehnički propis o izmjeni Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama*“
- [5] Narodne novine br. 79/05 „*Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama*“

Kontakt:

Srećko Vrček, dipl. ing. građ.,
22. RUJNA 1991. 4,
42000 Varaždin
e-mail: sreckov@net.hr

ANALIZA KORIŠTENJA INFORMACIJSKIH I KOMUNIKACIJSKIH TEHNOLOGIJA U OSNOVNOŠKOLSKOJ POPULACIJI

THE ANALYSIS OF USING INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AMONG THE POPULATION OF ELEMENTARY STUDENTS

Dukić D.¹, Let D.¹

¹Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, Osijek, Hrvatska

Sažetak: U ovom su radu prezentirani rezultati istraživanja čiji je osnovni cilj bio ispitati korištenje informacijskih i komunikacijskih tehnologija u osnovnoškolskoj populaciji Republike Hrvatske, s posebnim osvrtom na situaciju u Vukovarsko-srijemskoj županiji. S tom je intencijom u uvodnom dijelu rada prvo teoretski sagledana tematika upotrebe informacijskih i komunikacijskih tehnologija u osnovnoškolskom obrazovnom sustavu Republike Hrvatske. Empirijski dio rada sadrži rezultate istraživanja koje je provedeno na uzorku od 262 učenika tri osnovne škole s područja navedene županije.

Ključne riječi: informacijske i komunikacijske tehnologije, osnovnoškolsko obrazovanje, stavovi učenika, anketa

Abstract: This paper presents the results of a research whose primary objective was to examine the use of information and communication technologies among elementary school population in the Republic of Croatia, with special reference to the situation in the County of Vukovar-Srijem. With that intention, in the introductory part, the usage of information and communication technologies in Croatian elementary school system is theoretically analyzed. The empirical part of this paper contains the results of the research based on a sample of 262 pupils in three elementary schools from the mentioned county.

Key words: information and communication technologies, elementary education, pupils' attitudes, survey

1. UVOD

Globalizacija snažno utječe na društvene odnose, unoseći mnoge promjene u naše živote. Prije pojave informacijskih i komunikacijskih tehnologija ljudi su u nastojanju da dođu do različitih spoznaja bili ograničeni isključivo na korištenje knjiga i drugih tiskanih materijala. U tom su razdoblju knjižnice bile središnje mjesto stjecanja znanja, dok su učenici u školama bili upućeni jedino na nastavnika i oskudna obrazovna

sredstva. Razvoj informacijskih i komunikacijskih tehnologija učinio je pristupačnim brojne izvore različitih spoznaja i znanja, utječući na eksponencijalni napredak znanosti i unaprjeđenje cjelokupnog obrazovnog sustava. Implikacije procesa informatizacije posebno su uočljive među mladom populacijom koja, odrastajući u uvjetima intenzivnog tehnološkog napretka, najbrže prihvaća promjene koje se svakodnevno događaju. Upravo je intencija ovog rada bila istražiti različite aspekte korištenja informacijskih i komunikacijskih tehnologija u osnovnoškolskoj populaciji Republike Hrvatske. U prvom dijelu rada ukratko su opisane osnovne značajke procesa informatizacije sustava hrvatskog osnovnoškolskog obrazovanja. Okosnicu rada predstavlja empirijsko istraživanje koje je provedeno na uzorku učenika iz Vukovarsko-srijemske županije.

2. INFORMACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE U SUSTAVU OSNOVNOŠKOLSKOG OBRAZOVANJA REPUBLIKE HRVATSKE

Obrazovanje ima ključnu ulogu u gospodarskom i društvenom razvoju. Razvijene zemlje karakterizira viši stupanj obrazovanja njenog stanovništva. U slabije razvijenim zemljama visokoobrazovno stanovništvo je u pravilu bitno slabije zastupljeno. Zaostajanje u razvoju sustava obrazovanja neposredno se negativno odražava na razvoj svake zemlje pa tako i Republike Hrvatske.

Ljudski kapital oblikuje se kroz formalno i neformalno obrazovanje. Neformalno se odnosi na rad u obitelji i obrazovanje izvan sustava koje je usmjereno na vlastiti razvoj. Formalno se obrazovanje u Hrvatskoj provodi u sklopu sustava predškolskog, obaveznog osnovnoškolskog te srednjoškolskog i visokog obrazovanja. Za sustav obrazovanja u Republici Hrvatskoj nadležno je Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta.

Posljednjeg je desetljeća prepoznata važnost informacijskih i komunikacijskih tehnologija za osnovnoškolsko obrazovanje te su na području cijele države organizirane različite aktivnosti. Između ostalog, osnovne škole povezane su putem CARNeta na internet,

a nastavnicima i učenicima omogućeno je dobivanje elektroničkog identiteta i korištenje osnovnih mrežnih servisa. Školama se na raspolaganje daje prostor za smještanje web stranica kao i mogućnost korištenja sustava za upravljanje sadržajem. Sve hrvatske matične osnovne škole imaju opremljenu informatičku učionicu. Treba napomenuti da razina opremljenosti varira od učionica s najsvremenijom opremom do onih koje posjeduju tek nekoliko zastarjelih računala.

3. REZULTATI EMPIRIJSKOG ISTRAŽIVANJA

Cilj je ankete bio utvrditi koliko se osnovnoškolski učenici koriste informacijskim i komunikacijskim tehnologijama te koja znanja o njima posjeduju. Prvi dio upitnika sadržavao je pitanja koja se odnose na obilježja anketiranih učenika. Nakon toga slijedila su pitanja o korištenju mobitela, računala i interneta te o vladanju pojedinim aplikacijama. Anketa je bila anonimna.

3.1. Uzorak

U anketi je sudjelovalo 262 učenika u dobi od 11 do 15 godina, odnosno učenici od petoga do osmoga razreda osnovnih škola iz Vinkovaca, Županje i Cerne. Dakle, istraživanjem su bili obuhvaćeni učenici dvije gradske i jedne seoske škole. Od ukupnog broja ispitanika, peti je razred pohađalo 63 učenika, šesti razred 62 učenika, sedmi razred 68 učenika, a osmi razred 69 učenika. Među njima je bilo 140 dječaka i 122 djevojčice. Razdioba ispitanika prema spomenutim obilježjima prikazana je tablicom 1.

Tablica 1. Sociodemografske karakteristike anketiranih učenika

Karakteristika	Broj ispitanika	Postotak
Spol		
Muški	140	53.4
Ženski	122	46.6
Razred		
Peti	63	24.0
Šesti	62	23.7
Sedmi	68	26.0
Osmi	69	26.3
Sredina		
Gradska	178	67.9
Seoska	84	32.1

U uzorku su prevladavali muški učenici, kao i oni koji pohađaju školu u gradskoj sredini. S obzirom na upisani razred, anketirani učenici bili su podjednako zastupljeni.

3.2. Analiza provedene ankete

Na temelju rezultata ankete može se zaključiti da velika većina, odnosno 242 učenika (92.3%) posjeduje mobitel i svakodnevno ga koristi u svrhu komunikacije i zabave. Rezultati istraživanja koji se odnose na korištenje mobitela spomenuti su u sljedećoj tablici.

Tablica 2. Deskriptivni statistički pokazatelji koji se odnose na korištenje mobitela

Korištenje mobitela	Aritmetička sredina	Medijan	Standardna devijacija
Razgovor preko mobitela (minuta dnevno)	10.01	5.00	13.90
Broj poslanih SMS-ova (dnevno)	7.31	5.00	11.82
Broj primljenih SMS-ova (dnevno)	7.92	5.00	11.80

Anketirani učenici u prosjeku su razgovarali preko mobitela 10.01 minutu dnevno, dok je medijan imao vrijednost 5. Rezultati pokazuju da su učenici prosječno slali 7.31 SMS poruka dnevno, a primali 7.92 SMS poruke. Velike vrijednosti standardnih devijacija ukazuju na značajno raspršenje u intenzitetu korištenja mobitela među učenicima.

Mnogo ispitanika izjavilo je da u kući (stanu) gdje žive postoji računalo – njih 254 ili 96.8%. Bitno je manji broj učenika koji su posjedovali vlastito računalo. Naime, 142 učenika (54.2%) izjavilo je da ima vlastito računalo, a njih 120 (45.8%) nema računalo. Zastupljenost takvih učenika značajno se povećava nakon petog razreda (jedino su u toj skupini prevladavali učenici koji su računalo dijelili s ostalim ukućanima). Najnovije računalo u domaćinstvu bilo je prosječno staro 17.51 mjesec, sa standardnom devijacijom 16.96 mjeseci. Polovina najnovijih računala bila je stara 12 mjeseci ili manje, što se može smatrati zadovoljavajućim rezultatom. Kupnja novog računala često je uvjetovana upravo zahtjevom i potrebama učenika.

Rezultati analize pokazali su da 222 učenika (84.7%) ima kod kuće mogućnost pristupa internetu. Među učenicima koji su izjavili da imaju mogućnost pristupa internetu samo je njih 10 (4.5%) koristilo Dial-up, dok su svi ostali imali na raspolaganju širokopolasni pristup. Vlastitu e-mail adresu imalo je 230 učenika (87.8%). Tablica 3. pokazuje odnose broja poslanih i primljenih e-mailova u toku dana te vrijeme provedeno za računalom/na internetu.

Tablica 3. Deskriptivni statistički pokazatelji koji se odnose na broj poslanih i primljenih e-mailova te vrijeme provedeno za računalom/na internetu

E-mail i vrijeme provedeno na računalu /internetu	Aritmetička sredina	Medijan	Standardna devijacija
Broj poslanih e-mailova (dnevno)	7.92	2.00	27.18
Broj primljenih e-mailova (dnevno)	9.73	3.00	30.16
Vrijeme provedeno na računalu/internetu (sati dnevno)	2.89	2.00	2.04

Učenici su izjavili da u prosjeku na dan pošalju 7.92, a prime 9.73 e-mailova. Vrijednosti medijana bitno su manje, što ukazuje na relativno mali broj učenika koji šalju, odnosno primaju mnogo e-mailova. Anketirani su učenici u prosjeku provodili 2.89 sati dnevno u radu na računalu/internetu, pri čemu je standardna devijacija iznosila 2.04 sata.

Sljedeća tablica sadrži deskriptivne statističke pokazatelje koji se odnose na učestalost korištenja računala/interneta s određenom svrhom. Učestalost korištenja učenici su iskazali na Likertovoj skali koja se sastojala od pet stupnjeva (1 = nikada, 2 = rijetko, 3 = ponekad, 4 = često, 5 = redovito).

Tablica 4. Deskriptivni statistički pokazatelji koji se odnose na učestalost korištenja računala/interneta

Svrha korištenja računala/interneta	Aritmetička sredina	Medijan	Standardna devijacija
Učenje	2.84	3.00	1.21
Igra	3.70	4.00	1.30
Slušanje glazbe	3.77	4.00	1.36
Gledanje filmova	2.89	3.00	1.40
MSN dopisivanje	2.75	3.00	1.50
Društvene mreže	3.80	5.00	1.45

Na temelju izračunatih aritmetičkih sredina može se zaključiti da su učenici najviše koristili računalo/internet za pristup društvenim mrežama. Jedino je u slučaju te varijable medijan imao vrijednost 5. Relativno učestalo učenici su koristili računalo/internet i za slušanje glazbe te za igranje, a rjeđe za MSN dopisivanje, učenje i gledanje filmova.

U sklopu ankete učenici su također ocijenili svoje znanje i vještine u korištenju određenih aplikacija, odnosno u programiranju. Dobiveni rezultati pokazani su u tablici 5. I u ovom su slučaju učenici svoja znanja i vještine vrednovali na pet-stupanjskoj Likertovoj skali, pri čemu je 1 označavalo najmanju, a 5 najveću ocjenu.

Tablica 5. Deskriptivni statistički pokazatelji koji se odnose na znanja i vještine anketiranih učenika u korištenju određenih aplikacija, odnosno u programiranju

Znanje i vještina	Aritmetička sredina	Medijan	Standardna devijacija
Obrada teksta	3.98	4.00	1.20
Proračunske tablice	2.81	3.00	1.39
Prezentacije	3.57	4.00	1.42
Uređivanje videa	2.98	3.00	1.41
Internet preglednik	3.86	5.00	1.41
Programiranje	2.70	2.00	1.39

Očekivano, učenici su u prosjeku najvećom ocjenom procijenili svoja znanja i vještine u obradi teksta i korištenju internetskih preglednika. Nešto su slabije ocijenili vladanje aplikacijama za izradu prezentacija. Prosječna ocjena manja od 3 izračunata je kod uređivanja videa, rad s proračunskim tablicama i kod programiranja.

4. ZAKLJUČAK

Informacijske i komunikacijske tehnologije neodvojivo su vezane uz proces obrazovanja. Zadovoljavajuća opremljenost takvim tehnologijama postala je jedan od temeljnih pretpostavki za brzo i uspješno svladavanje nastavnog gradiva, a informatička pismenost nametnula se kao jedan od imperativa obrazovanja. Rezultati našeg istraživanja pokazali su da velika većina učenika koji su bili obuhvaćeni istraživanjem ima mobitel te ga u prosjeku koristi za razgovor desetak minuta dnevno. Vrlo je velik i postotak učenika koji žive u domaćinstvu s najmanje jednim računalom, dok je udio onih s vlastitim računalom ipak bitno manji. Ohrabrujuće djeluje i podatak da je najnovije kupljeno računalo prosječno staro manje od 1.5 godine. S obzirom na to da približno 85% učenika ima kod kuće mogućnost spajanja na internet, pri čemu prevladava širokopojasni pristup, može se zaključiti da su anketirani učenici zadovoljavajuće tehnološki opremljeni.

Prema dobivenim rezultatima, učenici su na računalu/internetu u prosjeku provodili nešto manje od 3 sata na dan. Najviše su koristili računalo/internet za pristup društvenim mrežama, a puno manje za učenje. Iako je za tu dob prirodna i očekivana upotreba računala/interneta za zabavu i igru, učenike je od najmlađe dobi potrebno poticati da informacijske i komunikacijske tehnologije koriste kao obrazovni alat, odnosno kao jedan od resursa za učenje i otkrivanje novih spoznaja. U tom smislu treba im omogućiti stjecanje znanja i vještina u korištenju raznovrsnih aplikacija te ih upoznati s osnovama programiranja. Osim toga, učenicima je potrebno ukazati i na opasnosti interneta kojih većina djece nije svjesna.

5. LITERATURA

- [1] Abbot, C.: ICT: Changing Education, RoutledgeFalmer, London, 2001.
- [2] Ager, R.: Information and Communications Technology in Primary Schools, Second Edition: Children or Computers in Control?, Second Edition, David Fulton Publishers Ltd, London, 2003.
- [3] Anderson, N.: Equity and Information Communication Technology (ICT) in Education, Peter Lang, New York, 2009.
- [4] Marshall, G., Katz, Y. (Eds.): Learning in School, Home and Community: ICT for Early and Elementary Education, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2003.
- [5] Rakić, V., Milanović Litre, I. (Eds.): Education Sector Development Plan 2005 – 2010, Republic of Croatia - Ministry of Science, Education and Sports, Zagreb, 2005.

- [6] Selwyn, N., Cranmer, S., Potter, J.: Primary Schools and ICT: Learning from Pupil Perspectives, Continuum International Publishing Group, 2010.
- [7] Tatnall, A., Osorio, J., Visscher, A. (Eds.): Information Technology and Educational Management in the Knowledge Society, Springer, New York, 2010.

Kontakt:

doc.dr.sc. Darko Dukić
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za fiziku
Trg Ljudevita Gaja 6
31000 Osijek

ONLINE UČENJE U HRVATSKOM VISOKOM OBRAZOVANJU

ONLINE LEARNING IN CROATIAN TERTIARY EDUCATION

Dukić D.¹, Mađarić S.¹

¹Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, Osijek, Hrvatska

Sažetak: Predmet istraživanja ovog rada je online učenje. Kao tehnološka podrška online učenja, u uvodu je definiran pojam informacijskih i komunikacijskih tehnologija. Nakon toga objašnjeni su pojmovi e-učenja, učenja na daljinu i online učenja, kao i odnos među njima. Na kraju rada prezentirani su rezultati ankete. Njezin je cilj bio ispitati koliko su se studenti Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku susretali s pojedinim oblicima online učenja.

Ključne riječi: online učenje, e-učenje, učenje na daljinu, anketa

Abstract: The subject of this paper is online learning. The concept of information and communication technologies, as the technological support to online learning, is defined in the introduction. It is followed by the explanation of the concepts of e-learning, distance learning and online learning, as well as the explanation of the relationships that exist between them. At the end of the paper, the results of the survey were presented. Its aim was to examine to what extent the students of the University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek used various forms of online learning.

10pt

Key words: online learning, e-learning, distance learning, survey

1. UVOD

Tijekom posljednjih nekoliko desetljeća informacijske i komunikacijske tehnologije prodrle su u praktički sva područja ljudskog djelovanja, pa tako i u sferu obrazovanja. Zbog uloge koju obrazovanje ima u razvoju društva, njihove implikacije u tom su području posebno važne. Pod utjecajem suvremenih tehnologija obrazovanje se posljednjih nekoliko desetljeća dramatično promijenilo. U tom se vremenu premjestio i fokus sa učitelja, kao središnje figure u nastavnom procesu, na učenika. Učitelj u takvom okruženju postaje samo jedan od resursa za učenje koji su učeniku potrebni za uspješno apsolviranje nastavnog gradiva.

Pojam informacijskih i komunikacijskih tehnologija ne može se jednoznačno definirati. Općenito se informacijskim i komunikacijskim nazivaju one tehnologije koje omogućavaju prihvata, pohranjivanje, prijenos i upotrebu informacija. U tom se smislu u takve

tehnologije ubrajaju računala (hardver i softver), računalne mreže, satelitski sustavi, mobilni telefoni te ostala komunikacijska sredstva, uređaji i aplikacije.

Računalne mreže označavaju dva ili više međusobno povezanih računala koja dijele neke resurse, a u mogućnosti su razmjenjivati podatke. Postoji nekoliko vrsta računalnih mreža, a za online učenje od posebne je važnosti internet. Internet kao globalna podatkovna mreža povezuje računala i računalne mreže te pruža različite usluge, poput *World Wide Weba* i elektroničke pošte.

Više je oblika tehnološki potpomognutog učenja. Online učenje predstavlja njegovu naprednu formu. Intencija je ovog rada bila ukazati na osnovne značajke online učenja te napraviti distinkciju između tog pojma i e-učenja, odnosno učenja na daljinu. Osim toga, cilj je bio i utvrditi koliko su hrvatski studenti imali prilike participirati u pojedinim oblicima online učenja.

2. E-UČENJE, UČENJE NA DALJINU I ONLINE UČENJE

Brojne su definicije e-učenja koje je, ovisno o njihovom karakteru, uglavnom moguće svrstati u jednu od dvije skupine: tehničku i pedagošku. U prvu se skupinu ubrajaju one koje naglasak stavljaju na tehničku komponentu. Prema njima, e-učenje predstavlja bilo koji oblik obrazovanja temeljen na upotrebi suvremenih tehnologija, a poglavito računala i računalnih mreža. Informacijske i komunikacijske tehnologije smatraju se pri tome ključnim čimbenikom u procesu obrazovanja. Druga skupina definicija naglasak stavlja na pedagošku komponentu. Sukladno tome, e-učenjem se naziva interaktivan proces između nastavnika i učenika koji je tehnološki potpomognut. U takvim definicijama informacijske i komunikacijske tehnologije tretiraju se kao pomoćno sredstvo za postizanje pedagoških i obrazovnih ciljeva.

Prema stupnju i intenzitetu korištenja različitih tehnoloških dostignuća u obrazovnom procesu razlikuje se nekoliko oblika e-učenja. Njegovu najjednostavniju formu predstavlja upotreba računala za pripremu nastave. U naprednim je oblicima e-učenja obrazovni proces u značajnijoj mjeri podržan suvremenim tehnologijama. U tom se smislu govori o hibridnoj ili kombiniranoj nastavi. Najrazvijeniji oblik e-učenja je onaj u kojem je nastava

potpuno temeljena na primjeni informacijskih i komunikacijskih tehnologija. Sve se aktivnosti u takvim sustavima, uključujući i provjere znanja, odvijaju bez neposrednog kontakta učenika i predavača.

Učenje na daljinu oblik je obrazovanja koji podrazumijeva fizičku razdvojenost sudionika nastavnog procesa. Takvo učenje nije novina u obrazovanju. Pojavilo se još sredinom 19. stoljeća, no pravu je revoluciju doživjelo posljednjih petnaestak godina, s razvojem interneta. Stoga se pojmovi e-učenje i učenje na daljinu često smatraju sinonimima, iako je između njih moguće napraviti distinkciju. Naime, postoje oblici e-učenja koji se ne odvijaju na daljinu (npr. upotreba računalne prezentacije u tradicionalnoj nastavi), a isto tako postoje i oblici učenja na daljinu koji ne koriste informacijske i komunikacijske tehnologije (npr. dopisni tečajevi koji se realiziraju putem pošte). U skladu s takvim shvaćanjima, online učenje definira se kao presjek e-učenja i učenja na daljinu. No, potrebno je napomenuti i da učenje na daljinu, temeljeno na primjeni informacijskih i komunikacijskih tehnologija može biti offline (npr. proučavanje nastavnih materijala na CD-ROM ili DVD mediju kod kuće).

Online učenje može se jednostavno definirati kao sustav u kojem su resursi za učenje, uključujući i samog nastavnika, učenicima dostupni putem interneta. Brojne su prednosti takvog oblika poučavanja, poput neovisnosti o mjestu i vremenu održavanja nastave, bolje dostupnosti različitih nastavnih sadržaja i veće mogućnosti individualizacije nastavnog procesa, no online učenje karakteriziraju i određeni nedostaci. Nužnost posjedovanja odgovarajuće opreme i mogućnost pristupa internetu, kao i fleksibilnost koja od učenika zahtjeva visoku motiviranost da bi uspješno svladali nastavno gradivo mogu se izdvojiti kao negativne strane online učenja. Uzimajući u obzir intenzitet tehnološkog napretka, nedvojbeno je da će online učenje, usprkos svojim nedostacima, sve više dobivati na važnosti.

3. REZULTATI ANALIZE

Anketom je bilo obuhvaćeno 388 studenata Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, starih između 18 i 36 godina. Uzorak su sačinjavali studenti upisani na svih pet godina studija iz područja prirodnih, tehničkih, biomedicinskih, biotehničkih, društvenih i humanističkih znanosti. Među anketiranim je bilo 132 studenta (34%) i 256 studentica (66%). Od ukupnog broja ispitanika 90 je bilo upisano na studije iz područja prirodnih znanosti (23.2%), 31 na studije iz područja tehničkih znanosti (8%), 25 na studije iz područja biomedicinskih znanosti (6.4%), 130 na studije iz područja biotehničkih znanosti (33.5%), 78 na studije iz područja društvenih znanosti (20.1%) te 34 na studije iz područja humanističkih znanosti (8.8%).

U prvom dijelu ankete bila je postavljena nekoliko općih pitanja o ispitanicima. Drugi dio ankete sadržavao je osam pitanja iz domene online učenja. U tom su dijelu ispitanici bili upitani da odgovore jesu li ili ne tijekom studiranja:

- preuzimali nastavne materijale s internet stranica predavača,

- koristili internet kao dodatni izvor nastavnog gradiva,
- komunicirali s nastavnicima putem e-maila,
- predavali zadaće i/ili seminare putem e-maila,
- polagali kolokvije i/ili ispite putem računala,
- koristili LMS-a (npr. Moodle) u procesu obrazovanja,
- sudjelovali na forumima posvećenim nastavnoj problematici,
- pratili predavanja putem videokonferencije.

Istraživanjem se također nastojalo utvrditi kakve su razlike između studenata s obzirom na znanstveno područje kojem pripada studij na koji su upisani. U tablici 1 prikazana je razdioba studenata prema tome jesu li ili ne preuzimali nastavne materijale s internet stranica predavača.

Tablica 1. Razdioba studenata prema tome jesu li ili ne preuzimali nastavne materijale s internet stranica predavača

Znanstveno područje	Da	Ne
Prirodne znanosti	98.9%	1.1%
Tehničke znanosti	100.0%	0.0%
Biomedicinske znanosti	72.0%	28.0%
Biotehničke znanosti	96.9%	3.1%
Društvene znanosti	92.3%	7.7%
Humanističke znanosti	97.1%	2.9%
Ukupno	95.1%	4.9%

Osim studenata upisanih na studije iz područja biomedicinskih znanosti, velika većina studenata preuzimala je nastavne materijale s internet stranica predavača. Takvih je u uzorku bilo više od 95% studenata, pri čemu su prednjačili studenti upisani na tehničke studije.

Tablica 2. Razdioba studenata prema tome jesu li ili ne koristili internet kao dodatni izvor nastavnog gradiva

Znanstveno područje	Da	Ne
Prirodne znanosti	94.4%	5.6%
Tehničke znanosti	100.0%	0.0%
Biomedicinske znanosti	84.0%	16.0%
Biotehničke znanosti	89.2%	10.8%
Društvene znanosti	97.4%	2.6%
Humanističke znanosti	100.0%	0.0%
Ukupno	93.6%	6.4%

Svi anketirani studenti humanističkih i tehničkih znanosti koristili su internet kao dodatni izvor nastavnog gradiva. Nasuprot njima, 16% studenata upisanih na studije iz područja biomedicinskih znanosti izjavilo je da ne koristi internet u tu svrhu. I u ovom se slučaju može zaključiti da velika većina studenata na svim studijama koristi internet kao dodatni izvor nastavnog gradiva.

Tablica 3. Razdioba studenata prema tome jesu li ili ne komunicirali s nastavnicima putem e-maila

Znanstveno područje	Da	Ne
Prirodne znanosti	77.8%	22.2%
Tehničke znanosti	96.8%	3.2%
Biomedicinske znanosti	40.0%	60.0%
Biotehničke znanosti	57.7%	42.3%
Društvene znanosti	78.2%	21.8%
Humanističke znanosti	91.2%	8.8%
Ukupno	71.4%	28.6%

Većina je studenata koristila e-mail za komunikaciju s nastavnicima. Najveći je postotak takvih studenata zabilježen u području tehničkih znanosti. Jedino na studijima iz područja biomedicinskih znanosti više od polovice studenata na taj način nije imala priliku komunicirati s nastavnicima.

Tablica 4. Razdioba studenata prema tome jesu li ili ne predavali zadaće i/ili seminare putem e-maila

Znanstveno područje	Da	Ne
Prirodne znanosti	67.8%	32.2%
Tehničke znanosti	93.5%	6.5%
Biomedicinske znanosti	56.0%	44.0%
Biotehničke znanosti	77.7%	22.3%
Društvene znanosti	87.2%	12.8%
Humanističke znanosti	100.0%	0.0%
Ukupno	79.1%	20.9%

Prema rezultatima analize, većina studenata Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku koristila je e-mail za predaju zadaća i/ili seminara. Svi anketirani studenti upisani na studije iz područja humanističkih znanosti participirali su u tom obliku online učenja. Najmanji je postotak ispitanika koji su na taj način predavali zadaće i/ili seminare zabilježen među studentima upisanim na studije iz područja biomedicinskih znanosti.

Tablica 5. Razdioba studenata prema tome jesu li ili ne polagali kolokvije i/ili ispite putem računala

Znanstveno područje	Da	Ne
Prirodne znanosti	48.9%	51.1%
Tehničke znanosti	64.5%	35.5%
Biomedicinske znanosti	8.0%	92.0%
Biotehničke znanosti	13.8%	86.2%
Društvene znanosti	69.2%	30.8%
Humanističke znanosti	47.1%	52.9%
Ukupno	39.7%	60.3%

Najveći je postotak ispitanika koji su polagali kolokvije i/ili ispite putem računala među studentima upisanim na studije iz područja društvenih znanosti, a najmanji među studentima upisanim na studije iz područja biomedicinskih znanosti. Samo je na studijima iz područja društvenih i tehničkih znanosti više od polovine studenata imalo priliku polagati kolokvije i/ili ispite putem računala, dok ih je u cijelom uzorku bilo približno 40%.

Tablica 6. Razdioba studenata prema tome jesu li ili ne koristili LMS u procesu obrazovanja

Znanstveno područje	Da	Ne
Prirodne znanosti	17.8%	82.2%
Tehničke znanosti	38.7%	61.3%
Biomedicinske znanosti	8.0%	92.0%
Biotehničke znanosti	19.2%	80.8%
Društvene znanosti	12.8%	87.2%
Humanističke znanosti	44.1%	55.9%
Ukupno	20.6%	79.4%

S razvojem informacijskih i komunikacijskih tehnologija, sustavi za upravljanje učenjem (eng. *Learning Management System – LMS*) postali su važan alat za izradu obrazovnih sadržaja i održavanje nastave putem interneta. Većina anketiranih studenata izjavila je da tijekom studiranja nije koristila nikakav LMS. No, u posljednje se vrijeme takvo stanje mijenja. Stoga se može očekivati da će vrlo skoro i znanstveno-nastavne sastavnice Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku u većem broju prihvatiti i implementirati takve sustave.

Tablica 7. Razdioba studenata prema tome jesu li ili ne sudjelovali na forumima posvećenim nastavnoj problematici

Znanstveno područje	Da	Ne
Prirodne znanosti	34.4%	65.6%
Tehničke znanosti	61.3%	38.7%
Biomedicinske znanosti	28.0%	72.0%
Biotehničke znanosti	16.2%	83.8%
Društvene znanosti	74.4%	25.6%
Humanističke znanosti	67.6%	32.4%
Ukupno	41.0%	59.0%

Najveći je udio ispitanika koji su sudjelovali na forumima posvećenim nastavnoj problematici među studentima upisanim na neki od studija iz područja društvenih znanosti. Studenti koji su sudjelovali na forumima posvećenim nastavnoj problematici najmanje su zastupljeni među studentima upisanim na studije iz područja biotehničkih znanosti.

Tablica 8. Razdioba studenata prema tome jesu li ili ne pratili predavanja putem videokonferencije

Znanstveno područje	Da	Ne
Prirodne znanosti	6.7%	93.3%
Tehničke znanosti	74.2%	25.8%
Biomedicinske znanosti	12.0%	88.0%
Biotehničke znanosti	3.8%	96.2%
Društvene znanosti	7.7%	92.3%
Humanističke znanosti	29.4%	70.6%
Ukupno	13.7%	86.3%

Velika većina anketiranih studenata nije imala priliku pratiti predavanja putem videokonferencije. Iznimka su studenti upisani na tehničke studije. Na studijima iz područja biotehničkih znanosti s tim se oblikom online učenja susrelo samo 3.8% studenata. U uzorku kao cjelini, samo je 13.7% studenata izjavilo da je pratilo neko predavanje putem videokonferencije.

4. ZAKLJUČAK

Online učenje sve se više nameće kao alternativa tradicionalnom obrazovanju. Brojne obrazovne institucije širom svijeta počele su koristiti online učenje kako bi milijunima ljudi, različite dobi i porijekla, omogućile jednostavan pristup znanju i nastavnicima. U okviru online učenja objedinjeno je mnoštvo resursa za učenje, poput nastavnih materijala, kvizova, diskusijskih grupa i foruma. Važna je značajka online učenja korištenje interneta kao izvora informacija i znanja.

Posljednjih su nekoliko godina i u hrvatskom visokom obrazovanju zaživjeli pojedini oblici online učenja. Prema rezultatima našeg istraživanja, velika većina studenata Sveučilišta Jurja Strossmayera u Osijeku preuzimala je nastavne materijale s internet stranica predavača te je koristila internet kao dodatni izvor nastavnog gradiva. Anketirani studenti također su u velikoj mjeri imali priliku putem e-maila komunicirati s nastavnicima i na taj način predavati zadaće i/ili seminare. U ostalim oblicima online učenja studenti su manje participirali. Tako je oko 40% studenata sudjelovalo na forumima posvećenim nastavnoj problematici i polagalo kolokvije i/ili ispite putem računala. Tek oko 20% studenata koristilo je neki od sustava za upravljanje učenjem. Najmanje studenata imalo je priliku pratiti predavanja putem videokonferencije.

S online učenjem najviše su se susretali studenti upisani na studije iz područja tehničkih i humanističkih znanosti, a najmanje studenti upisani na studije iz područja biomedicinskih znanosti. Uvažavajući specifičnost svakog od znanstvenih područja i razlike u načinima realizacije nastavnog procesa, nedvojbeno se može zaključiti da implementacija online učenje u hrvatskom visokom obrazovanju nije ujednačena. Stoga bi na znanstveno-nastavnim sastavnicama koje kasne s procesom uvođenja online učenja trebalo učiniti dodatne napore kako bi se uočeni jaz smanjio. No, i u cijelom sustavu visokog obrazovanja trebala bi se, s ciljem

njegovog unapređenja, intenzivirati upotreba informacijskih i komunikacijskih tehnologija.

5. LITERATURA

- [1] Anderson, T. (Ed.): The Theory and Practice of Online Learning, Second Edition, AU Press, Athabasca University, Edmonton, 2011.
- [2] Driscoll, M.: Web-Based Training: Creating e-Learning Experiences, Second Edition, Jossey-Bass/Pfeiffer, San Francisco, 2002.
- [3] Dukić, D.: E-Learning: Perceptions of Students at the Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Informatologia, Vol. 44, No. 2, 2011., pp. 94-100.
- [4] Gudea, S.W.: Expectations and Demands in Online Teaching: Practical Experiences, Information Science Publishing, Hershey, 2008.
- [5] Hutinski, Ž., Aurer, B.: Informacijska i komunikacijska tehnologija u obrazovanju: stanje i perspektive, Informatologia, Vol. 42, No. 4, 2009., str. 265-272.
- [6] Land, R., Bayne, S. (Eds.): Digital Difference: Perspectives on Online Learning, Sense Publishers, Rotterdam, 2011.
- [7] McPherson, M., Nunes, M.B.: Developing Innovation in Online Learning: An Action Research Framework, RoutledgeFalmer, London, 2004.
- [8] Shank, P., Sitze, A.: Making Sense of Online Learning: A Guide for Beginners and the Truly Skeptical, Pfeiffer, San Francisco, 2004.
- [9] Ubel, R. (Ed.): Virtual Teamwork: Mastering the Art and Practice of Online Learning and Corporate Collaboration, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2010.

Kontakt:

doc.dr.sc. Darko Dukić
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za fiziku
Trg Ljudevita Gaja 6
31000 Osijek
e-mail:
darko.dukic@fizika.unios.hr

UVOĐENJE GIS-a U HEP ODS d.o.o. ELEKTRA ZABOK

INTRODUCING GIS TO HEP ODS D.O.O. ELEKTRA ZABOK

Havaš L.¹, Jagić D.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Geografski informacijski sustav (GIS) u elektrodistribuciji je temeljni informatički sustav koji objedinjuje prostorne i atributne podatke. GIS sadrži sve objekte elektroenergetske mreže, geodetske podloge, katastarske podatke, adresne podatke i sl. Podaci koji se nalaze u GIS-u služe nam za izradu raznih aplikacija; primjena u razvoju, izgradnja mreže, vođenje i održavanju elektroenergetskog sustava, razne analize, razni proračuni itd. GIS između ostalog ima i zadatak vođenja prostornih informacija o elektroenergetskim objektima, imovinsko pravnu dokumentaciju, projektnu dokumentaciju, izvedbene dokumentacije kao i svaku drugu dokumentaciju koja je vezana za potrebe elektrodistribucije. Moderni GIS nam omogućava unos, preuzimanje, čuvanje i sigurnost podataka, kao i mogućnost povezanosti sa ostalim sustavima. Podaci koji se nalaze u GIS-u imaju svoje međusobne topološke i logičke povezanosti, te je s toga moguće vršiti različite prostorne i logičke analize. Interpretacija podataka koja se nalazi u GIS-u može imati svoje različite grafičke interpretacije; jednopolne sheme, geodetski položaj, selektivni pristup podacima, naglašavanje pojedinih podataka i sl. GIS omogućava da različiti korisnici imaju različiti pristup informacijama, jednim korisnicima je omogućeno unošenje i mijenjanje podatke dok je drugima dozvoljeno samo pregledavanje i analiziranje istih. Putem WEB korisničkog sučelja je omogućen pristup najširem krugu korisnika.

Ključne riječi: GIS, elektroenergetski objekti, geodetski podaci, geodetske karte, baza podataka

Abstract: Geographic information system (GIS) is a basic information system in the electricity distribution which unifies the environment and attributes data. GIS includes all objects of electricity network, geodetic data, cadaster data, address data, etc. Data which are in the GIS serve various applications, like implementation in the development, networks building, management and maintenance function of power distribution, different analyses, different calculations, etc. The mission of the GIS is also to manage the area information on electricity objects, property law documentations, project documentations, design documentations, and every other documentation related to the purpose of electricity distribution. The modern GIS allows entering, takeover, keeping and securing the data, as well as the possibility

to connect with other systems. The data in GIS have their own mutual topological and logical connections; thus it is possible to perform various physical and logical analyses. Data interpretation in GIS can have its own different graphic interpretations; schemes, geodetic place, selective data access, emphasis of individual data, etc. GIS enables different customers to have different access to information; some customers are allowed to enter and change the data, while the others can only browse and analyze them. The widest possible number of users is enabled access through the web user interface.

Key words: GIS, power systems objects, geodetic data, geodetic maps, database

1. UVOD

Cilj rada bio je da se na temelju analize postojećih ICT tehnologija napravi prijedlog integracije informacijskih sustava u jedinstveni i kvalitetan geografski informacijski sustav za upravljanje podacima o distribucijskoj mreži. Analiza poslovnih procesa i postojećih podataka o distribucijskoj mreži DP-a pokazala je da je nužno što prije reorganizirati informacijski sustav da se GIS iskoristi kao jedinstveni sustav za upravljanje podacima o distribucijskoj mreži. Postojeći informacijski sustavi koji zadovoljavajuće funkcioniraju u elektrodistribuciji koriste Oracle sustav za upravljanje bazama podataka. Budući da postoje ljudski potencijali sa znanjem tog sustava (od administracije do razvoja aplikacija i web sjedišta), logično je da se organizacija novog sustava temelji na toj informacijskoj tehnologiji.

Većinu poslovnih procesa trebalo je prilagoditi sustavu za upravljanje bazama podataka, kako bi se osiguralo da se informacija u sustav unosi samo jedanput i to u odjelu koji je po organizaciji poslovnog procesa zadužen za stvaranje i održavanje iste informacije.

Na temelju provedene analize informacijskih sustava i raspoloživih podataka o distribucijskoj mreži predložene su određene smjernice za primjenu nekih novih informacijskih sustava, kao npr. informacijski sustav za potporu projektiranja i informacijski sustav za upravljanje dokumentima.

Uvođenje geografskog informacijskog sustava omogućava bolje korištenje aplikacija koje nisu vezane samo uz proračune distribucijske mreže, već

omogućavaju i mnogo novih analiza mreže kako bi se povećala kvaliteta usluge svim korisnicima mreže. Opisani su i novi načini komunikacije s korisnicima korištenjem web tehnologija i servisa, ali isto tako i primjena web servisa u GIS-u.

GIS mora svoje uvođenje opravdati proizvodnjom novih proizvoda, pa su spomenuti i opisani očekivani proizvodi.

Organizacijski dio projekta utvrđuje trenutačno stanje informacijskih sustava i na temelju te analize predložena je određena reorganizacija poslovnih procesa u dijelovima interakcije pojedinih službi/odjela DP-a s postojećim i novim informacijskim sustavima uključujući i geografski informacijski sustav. Kao važan dio GIS projekta identificirani su postojeći podaci, definirani su novi izvori podataka te procedure početnog unosa podataka u GIS i održavanje GIS baze podataka.

2. GIS U ELEKTRODISTRIBUCIJI

Distribucija električne energije do kupaca obavlja se elektroenergetskom mrežom koja je po broju elemenata i njihovoj prostornoj rasprostranjenosti jedan od najsloženijih tehničkih sustava. Podaci o elementima elektroenergetske mreže, o njihovim međusobnim odnosima, informacije o pogonskom stanju mreže te priključak kupaca na mrežu samo su dio velike količine informacija koje su potrebne distribucijskom poduzeću. Praćenje tih podataka je nezamislivo bez korištenja baza podataka u kojima se pohranjuje informacija o svakom elementu mreže ili o kupcu. Cijeli postupak je još lakši ako se za to koristi prostorna baza podataka - geografski informacijski sustav (GIS).

Tradicionalni pristup GIS korisnika oslanja se na pohranjivanje prostornih podataka u datoteke uobičajenih formata kao što su npr. AutoCAD DWG najčešće na razini odjela. Zbog specifičnosti poslova često se događa da svaki odjel kreira podatke prema svojim potrebama. Uprkos takvom jednostavnom pohranjivanju i korištenju prostornih podataka, ova metoda ne pruža performanse, sigurnost i raspoloživost podataka potrebnih za GIS kao potporu poslovnih ciljeva poduzeća. Bez jedinstvenog modela distribucijske mreže međusobna razmjena ili pristup podacima predstavlja veliki problem kod korištenja aplikacija. Postojanje više GIS softvera unutar jednog poduzeća je dodatni organizacijski problem. Ako i postoji podatkovna kompatibilnost između tih sustava, svaki od njih zahtijeva razvoj vlastitih aplikacija što na kraju vodi do neučinkovitog sustava.

Nužni preduvjet za korištenje korporativnog GIS-a je odgovarajuća mrežna infrastruktura, tako da se svi upiti i aplikacije mogu izvršavati u stvarnom vremenu. Mogućnosti tih sustava prilagodljive su vrsti korisnika, sigurnosnim zahtjevima pristupa podacima i zahtjevima aplikativnog softvera. Raspon mogućnosti je od korištenja web servisa, tankih klijenata do klasične klijentske arhitekture sustava s osobnim računalima. Moderni GIS sustav se zbog toga temelji ne samo na distribuiranosti korištenja podataka već i na distribuiranosti unosa i održavanja podataka.

Iako se uvođenje GIS-a u poslovanje poduzeća najčešće promatra kao tehnološki projekt rezerviran samo za

specijaliste računarstva i informacijskih tehnologija, uspješni razvoj i primjena korporativnog GIS-a najviše ovisi o sudjelovanju i potpori menadžmenta te o kontrolnim mehanizmima provedbe projekta. Zbog toga se implementacija GIS-a treba prije svega promatrati kao kontinuirani inovativni proces koji povezuje tehnologiju, podatke, poslovne procese, ljudske resurse i zajedničko sudjelovanje svih zainteresiranih strana u tvrtki.

3. INFORMACIJSKI SUSTAVI U ELEKTRI ZABOK

Analizom informacijskih sustava utvrđuju se postojeće procedure razmjene informacija i podataka, korisnički zahtjevi i zahtjevi informacijskih sustava. Uvođenje GIS-a kao novog informacijskog sustava zahtijeva analizu poslovnih procesa kao preduvjet njegove uspješne implementacije. Analiza poslovnih procesa i analiza informacijskih sustava napravljena je na temelju provedenih upita i na temelju materijala koji su napravili radnici organizacijskih jedinica i korisnici postojećih informacijskih sustava. Modelirani su samo poslovni procesi temeljnih djelatnosti distribucijskog poduzeća.

U DP Elektra Zabok trenutačno se koriste sljedeći informacijski sustavi ili drugi oblici pohranjivanja podataka u digitalnom formatu:

1. Informacijski sustav o kupcima (Oracle)
2. Materijalno i skladišno poslovanje (Oracle)
3. Dokumentacija i proračuni srednjonaponske 20kV, 10kV mreže u PowerCad (Excel, AutoCAD, Word)
4. Osnovna sredstva (Oracle)
5. Računovodstvo (Oracle)
6. Sustav daljinskog vođenja (MicroSCADAPro)

Iako su podaci u digitalnom obliku, npr. u Word dokumentu ili Excel tablici, za iskoristivost u tehničkom smislu trebat će se provesti njihova konverzija u format odgovarajućeg informacijskog sustava. To je naročito istaknuto kod podataka o distribucijskoj mreži i o postrojenjima. Osim toga dio podataka se duplicira ili je sadržan jedino u posebnim formatima softvera za proračun elektroenergetskih mreža, odnosno sustava za daljinsko vođenje. Redundancija podataka i odvojeno održavanje istih kroz određeno vrijeme može dovesti do razlike u točnim informacijama o elementima distribucijske mreže.

Financijsko-računovodstveni informacijski sustav, informacijski sustav o kupcima, skladišna lista i informacijski sustav osnovnih sredstava su sustavi koji koriste sustav za upravljanje bazama podataka (Oracle RDBMS). Analizom nije utvrđena automatizirana povezanost tih informacijskih sustava.

Intranet aplikacijski server izrađen je na Oracle HTTP serveru i Oracle RDBMS. Predstavlja iskorak u primjeni informacijskih sustava jer preko web sučelja omogućava svim autoriziranim korisnicima pristup informacijskim sustavima koji koriste Oracle sustav za upravljanje bazama podataka.

Sustav daljinskog vođenja (SDV) je informacijski sustav čija je temeljna uloga registracija događaja i vođenje

distribucijske mreže u stvarnom vremenu. Sustavom daljinskog vođenja obuhvaćena je 10 kV, 20 kV i 35 kV elektroenergetska mreža i odgovarajuća postrojenja. Zbog toga se na taj sustav postavljaju posebni sigurnosni uvjeti u redundanciji korištenog hardvera te ograničenom korisničkom pristupu preko računalne mreže.

Nakon izvedenih radova i puštanja objekta u probni rad Služba za održavanje prosljeđuje podatke u Službu za vođenje pogona gdje se unose u SDV. Odjel za vođenje pogona održava ažurnost podataka o elektroenergetskoj mreži i postrojenjima te održava korištene informacijske sustave.

4. POVEZIVANJE GIS-a I POSLOVNOG INFORMACIJSKOG SUSTAVA

4.1. Informacijski sustav o kupcima (HEP Billing)

Informacijski sustav sadrži opće informacije o kupcima svih kategorija potrošnje (naziv, adresa), tehničke podatke o mjernim mjestima (vrsta priključka, tip brojila, limitator), podatke o elektroenergetskim suglasnostima, očitavanja brojila, podatke o iznosima računa i naplati. Svaki kupac ima jedinstvenu oznaku ili šifru. Kupac može imati jedno ili više mjernih mjesta od kojih svatko ima svoju oznaku. Uz svako mjerno mjesto vezana je adresa koju se povezuje sa GIS-om

4.2. Osnovna sredstva

Aplikacija kojom se prati dugotrajna imovina poduzeća. Svako osnovno sredstvo ima svoj jedinstveni inventurni broj te opis detaljnog smještaja. Pomoću tih ključeva može se povezati s GIS-om.

4.3. Skladišno i materijalno poslovanje

Aplikacija kojom se prati promet i stanje zalihe materijala. Kroz GIS je potrebno koristiti jedinstvenu nomenklaturu i stanje zaliha materijala.

5. POVEZIVANJE GIS-a I TEHNIČKIH APLIKACIJA

5.1. Povezivanje GIS-a i SDV-a (sustav daljinskog vođenja)

Baza podataka distribucijske mreže u GIS-u treba osigurati u svakom trenutku točne i kvalitetne podatke o topologiji distribucijske mreže i elementima mreže. Preporuka je da SDV preuzima podatke o topologiji mreže i podatke potrebne za proračune mreže u DMS-u iz GIS-a. Povezivanje ta dva sustava ovisi o mogućnostima SCADA i DMS-a, ali ono može biti automatizirano s naknadnom prilagodbom simboličkih prikaza i dodjeljivanjem funkcionalnosti u DMS-u. Komunikacija se može ostvariti preko privremenih tablica u bazi podataka ili korištenjem skladišta podataka. U Hrvatskoj takvo povezivanje još nije

ostvareno u području elektroenergetike tako da postoje samo strana iskustva realizacije.

Treba realizirati i povratnu komunikaciju između DMS-a i GIS-a kako bi se podaci o uklopnom stanju sklopnih uređaja, kao i podaci o ostalim događajima u mreži (kvarovi, prorada zaštite itd.), mogli koristiti u aplikacijama GIS-a.

5.2. Povezivanje GIS-a i informacijskog sustava za potporu projektiranja

Informacijski sustav za potporu projektiranja koristi se za projektiranje električnih instalacija i električnih postrojenja. Za razliku od klasičnih CAD sustava, ti informacijski sustavi se oslanjaju na sustav upravljanja bazama podataka (Oracle, SQL Server, MySQL, MS Access) te na taj način ubrzavaju proces projektiranja gotovim parametriziranim komponentama iz kataloga proizvođača opreme. Projekt bilo kojeg električnog postrojenja obuhvaća jedнопolne i višepolne sheme, pregledne sheme, sheme spajanja, sheme djelovanja te sheme kontrolnih i upravljačkih krugova. Koristi se isti princip unosa i održavanja projektne dokumentacije kao i kod GIS-a – novi projekti i izmjene starih projekata se obavljaju na jednom mjestu, a povezivanjem informacijskih sustava se omogućava pregledavanje i korištenje podataka.

Često korišteni sustavi za potporu projektiranju u Hrvatskoj su EPlan i CADdy++ Electrical. Oba podržavaju rad s Oracle sustavom za upravljanje bazama podataka i prema referencama zastupnika u Hrvatskoj (HEP d.d. je registriran kao korisnik spomenutih aplikacija). Kako EPlan i CADdy podržavaju AutoCAD format zapisa, u jednom prijelaznom razdoblju AutoCAD se može preporučiti kao standard za izradu projektne dokumentacije sve dok projektne kuće, čije usluge koristi HEP ODS d.o.o., ne usvoje primjenu projektnih informacijskih sustava.

Nova inačica najraširenijeg softvera za projektiranje opće namjene – AutoCAD 2011 također podržava rad s bazama podataka (atributno opisivanje AutoCAD blokova ili entiteta u bazi podataka), ali nema funkcionalnosti sustava za potporu projektiranja (npr. biblioteke uređaja proizvođača opreme).

Kako je projektima najčešće obuhvaćena i elektroenergetska mreža izvan postrojenja, preporuka je da se umjesto AutoCAD 2011 koristi proizvod Autodesk Map 3D 2011 koji ima sve funkcionalnosti AutoCAD 2011 uz mogućnost primjene za rad s prostornim podacima. Na taj način se može ostvariti najbolja povezanost s GIS softverom. Preslikavanje svojstava objekata GIS <=> Autodesk Map je na razini AutoCAD blokova, a grafička prezentacija blokova u Autodesk Mapu je neovisna o grafičkom prikazu u GIS-u.

Problemi uočeni u dostupnim projektima HEP ODS d.o.o. koji su izrađeni u AutoCAD formatu su:

1. objekti postrojenja/mreže u AutoCAD-u nisu modelirani kao blokovi
2. grafički prikaz objekata postrojenja/mreže za koji bi se trebali koristiti elektrotehnički simboli

- nije standardiziran nego je proizvoljan, ovisno o DP-u koji je proizveo te podatke
3. kod izrade projektne dokumentacije nisu se primjenjivali IEC standardi za prikaz elektrotehničkih simbola (standardi IEC 617-6 i IEC 617-7)
 4. atributni podaci objekata postrojenja/mreže su često pridruženi tekst, u rijetkim slučajevima kao atributi blokova, a uopće nije korištena mogućnost povezivanja objekata s bazom podataka

5.3. Povezivanje GIS-a i informacijskog sustava za upravljanje dokumentima

Upravljanje dokumentima je naziv za funkciju pripreme, obrade i pohranjivanje različitih polustrukturiranih i nestrukturiranih podataka (tekstualnih dokumenata, nepokretnih i pokretnih slika, zvučnih zapisa i multimedijских zapisa) poduzeća u bazu podataka te njihovo učinkovito pretraživanje i distribuiranje. Uvođenje sustava za upravljanje dokumentima nastalo je iz potrebe za zajedničkim korištenjem informacija sadržanih u dokumentima te zbog boljeg upravljanja informacijskim resursima.

Glavni ciljevi primjene sustava za upravljanje dokumentima:

- smanjenje troškova i distribucije dokumenata
- unaprijeđen pristup dokumentima koji bi trebao biti i prilagođen poslovnim procesima
- brži postupak kreiranja i ažuriranja dokumenata
- unapređenje učestalosti pristupa i iskorištenja postojećih informacija
- unapređenje procesa suradnje među radnicima
- skraćivanje poslovnog ciklusa za procese koji obrađuju dokumentaciju
- cjelovitije pridržavanje pravilnika i propisa
- redefinicija i unapređenje postupka kontrole, upravljanja i izvršavanja
- unapređenje nadzora i kontrole pristupa dokumentima
- unapređenje ukupne produktivnosti
- bolja usluga klijentima i korisnicima

Zahtjevi koje treba ispunjavati sustav za upravljanje dokumentima da bi se učinkovito povezo s GIS-om:

- otvorenost – mogućnost integracije u svaku aplikaciju
- jednostavnost korištenja
- sigurnost od neovlaštenog pristupa
- modularnost - prilagodljivost potrebama korisnika
- kompatibilnost s Microsoft operacijskim sustavima, SAP i Oracle

Kao primjer dobrog sustava za upravljanje dokumentima može poslužiti proizvod DocuWare s međunarodnim i domaćim referencama.

6. OČEKIVANI PROIZVODI GIS-a

Zbog objedinjavanja prostornih informacija (katastar, digitalne rasterske slike, ortofoto snimke, satelitske snimke itd.) i informacija o infrastrukturi distribucijskog poduzeća može se izrađivati mnogo prostornih analiza. Rezultati tih analiza mogu se pohranjivati u digitalnom ili papirnatom obliku. Proizvodi GIS-a dijele se na sljedeće kategorije:

1. proizvodi namijenjeni internoj upotrebi DP-a
2. proizvodi namijenjeni internoj upotrebi HEP ODS d.o.o.
3. proizvodi namijenjeni kupcima/proizvođačima priključenima na distribucijsku mrežu DP-a po zakonskoj obavezi ili zahtjevu
4. proizvodi namijenjeni promidžbi poslovanja HEP ODS d.o.o./DP-a
5. proizvodi namijenjeni komunalnim i projektnim poduzećima po zakonskoj obavezi ili na zahtjev
6. proizvodi namijenjeni lokalnoj upravi i ostalim tijelima državne uprave po zakonskoj obavezi ili na zahtjev

Unutar pojedinih kategorija proizvodi se mogu podijeliti prema formatu podataka na:

1. geodetske podloge, uključujući odabrane prostorne i atributne podatke o distribucijskoj mreži za potrebe projektiranja ili prostornog planiranja
2. kartografske produkte u digitalnom ili papirnatom obliku izrađene u različitim mjerilima i s prikazanim odgovarajućim fondom podataka
3. odabrane prostorne i atributne podatke o distribucijskoj mreži koji se dobivaju kao rezultat prostornih analiza, a koje nisu planirane kao dio aplikacija u GIS-u

Kod razmjene podataka s ostalim institucijama i kupcima/proizvođačima treba se pobrinuti o autorskim pravima nad podacima. Posebno treba razdvojiti autorska prava nad kupljenim podacima (vlasništvo podataka, javno objavljivanje i korištenje u svrhe za koje nisu prodane/kupljene) te autorska prava nad podacima koji su izrađeni u DP-u ili HEP ODS d.o.o.

7. RAZMJENA PODATAKA S KORISNICIMA

DP Elektra Zabok mora izdavati podatke o distribucijskoj mreži bilo po zakonskoj obavezi ili na zahtjev. Podaci koji imaju status poslovne tajne ne podliježu obavezi izdavanja te je potrebno razviti vlastite procedure za izdvajanje podataka za razmjenu. Izdvajanje podataka može biti:

- kao tekstualni dokumenti
- podaci izdvojeni u bazu podataka – atributni podaci
- podaci izdvojeni u prostornu bazu podataka

Format podataka za razmjenu treba biti takav da ne ovisi o GIS softveru isporučitelja (HEP ODS d.o.o.) i GIS

softveru primatelja. Najčešće se koriste sljedeća četiri pristupa:

1. Izdavanje podataka u nekom od najraširenijih formata podataka (npr. DXF, SHP, DGN, MIF/MID). Kako se radi o zastarjelim formatima podataka, tzv. "desktop GIS" softvera, može doći do gubitka informacija ili neprikladne konverzije objektnog modela podataka koji je izrađen za DP.
2. Izdavanje podataka u nekom od neutralnih formata, ali se kod konverzije može pojaviti isti problem kao pod točkom 1.
3. Korištenjem naprednih softvera za konverziju podataka iz formata GIS softvera isporučitelja i GIS softvera primatelja. Prema svjetskim iskustvima ovakav pristup se najčešće koristi jer se zadržavaju sve karakteristike modela ako je riječ o GIS softverima iste kategorije i mogućnosti. Primjer takvog GIS softvera za konverziju podataka je FME (The Feature Manipulation Engine) koji podržava sve značajnije GIS softvere i sustave za upravljanje bazama podataka.
4. Korištenjem GML-a (Geography Mark-up Language) koji je preporučeni standard za razmjenu geografskih podataka organizacije Open Geospatial Consortium. GML je nastao na iskustvima XML-a tako da je objektno orijentirane strukture te je kao takav vrlo pogodan kao neutralan format za naprednu razmjenu prostornih podataka između dva različita GIS softvera.

Preporuka je korištenje pristupa pod točkom 3. ili točkom 4. Te iste procedure treba zahtijevati od drugih organizacija ili poduzeća kod unosa podataka jer zahtijevaju najmanje dodatnog angažmana na organizaciji podataka.

Za uspješnu provedbu terminskog plana uvođenja GIS-a u DP Elektra Zabok potrebno je identificirati i locirati postojeće podatke za GIS, kao i nove izvore podataka. Podaci se dijele na osnovne prostorne podatke podloge (katastar), prostorne podatke o elementima distribucijske mreže, tehničke informacije o elementima distribucijske mreže, jednopolne sheme postrojenja te na tehničku dokumentaciju.

Početni unos podataka u jedinstveni sustav za upravljanje podacima o distribucijskoj mreži može se podijeliti u dvije faze:

1. faza - prije instalacije GIS softvera i fizičkog kreiranja jedinstvenog sustava za upravljanje podacima o distribucijskoj mreži
2. faza - nakon njegove instalacije

8. ODRŽAVANJE PODATAKA U GIS-U

Održavanje podataka kao i unos novih podataka također zahtijeva definiranje procedura. Najvažniji princip koji se treba poštivati je da se podatak unosi u informacijski sustav samo jedanput i to u odjelu koji je zadužen i

odgovoran za njegovo održavanje. U svakom odjelu treba odrediti odgovornu osobu za verificiranje unesenih/promijenjenih podataka. Dok odgovorna osoba ne potvrdi da je uneseni/promijenjeni podatak točan, status podatka se vodi kao neprovjeren. Prije završetka početnog unosa podataka potrebno je izraditi točne procedure održavanja podataka i procedure kontrole kvalitete podataka korištenjem UML dijagrama.

Uspostavljanje jedinstvenog sustava za upravljanje bazama podataka zahtijeva nužnu prilagodbu određenih poslovnih procesa.

9. ZAKLJUČAK

Svjetska iskustva potvrđuju da jedino upotreba jedinstvenog GIS okruženja na razini korporacije omogućuje da se jednako kvalitetno zadovolje potrebe korisnika na svim razinama te u svim službama i odjelima. Osnovna karakteristika korporativnog GIS-a je korištenje jednog, integriranog sustava za upravljanje bazama podataka koji ima mogućnost obrade prostornih podataka bez obzira je li riječ o centraliziranom ili distribuiranom sustavu.

Prednosti korporativnog GIS-a oslonjenog na jedinstvenu bazu podataka:

- jedinstveni model distribucijske mreže
- standardizacija podataka
- smanjena redundancija podataka
- osiguran maksimalni integritet baze podataka
- jedinstveno korisničko sučelje
- jednostavniji i učinkovitiji razvoj korisničkih aplikacija
- centralizirano administriranje geografskih informacija
- centralizirano administriranje baznih podataka sustava
- manji troškovi održavanja

Uvođenje novih tehnologija poput GIS-a zahtjevan je i dugotrajan, ali i neodgodiv proces. Učinkovitost implementacije najviše ovisi o dobroj pripremi posla i o kontinuiranoj obuci svih radnika počevši od specijalista, preko operatera do korisnika sustava.

10. LITERATURA

- [1] John E. Harmon, Steven J. Anderson, The Design and Implementation of Geographic Information Systems, John Willy and Sons, Inc., 2003.
- [2] Grupa autora, "Uvođenje i primjena GIS-a u elektrodistribuciji", HR CIGRE, Osijek 2006.
- [3] Davorin Kereković i grupa autora, "GIS u Hrvatskoj", INFOCENTAR d.o.o. 1997.
- [4] Grupa autora, "Završno izvješće o aktivnostima Tima za uvođenje GIS-a u HEP-ODS d.o.o.", Zagreb 2009.

ALGORITMI PRIMJENJIVI U POSTUPKU OČITAVANJA RADNIH AKTIVNOSTI S TAHOGRAFSKIH LISTIĆA

ALGORITHMS APPLICABLE IN THE PROCEDURE OF READING THE WORKING ACTIVITIES FROM TACHOCHARTS

Mikac M.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Ključne informacije koje se vežu uz sigurnost cestovnog prijevoza robe i putnika vezane su uz tzv. radne aktivnosti vozača – podatke o trajanju vožnje, odmora i drugih zakonski definiranih aktivnosti tijekom radnog vremena. Praćenje radnih aktivnosti vozača bitna je stavka u logistici autoprijevozničkih tvrtki – osim kvalitetnijeg evidentiranja radnog vremena ti podaci služe i za otkrivanje eventualnih prekršaja i nepravilnosti u radu vozača. Za novoregistrirana vozila za prijevoz robe i putnika u RH vrijedi zakonska obveza ugradnje digitalnih tahografa. No, obzirom na prosječnu starost voznog parka autoprijevozničkih tvrtki u RH, još uvijek dominiraju ugrađeni analogni tahografi, koji podatke o radnim aktivnostima zapisuju na papirnate tahografske listiće. Preduvjet bilo kakve svrsishodne evidencije radnih aktivnosti jest digitalizacija tih podataka, odnosno očitavanje ključnih informacija s listića i prijenos na računalo. Ovim člankom predlaže se postupak za obradu i očitavanje podataka s tahografskih listića, opisuju algoritmi koje je moguće primijeniti u tom postupku i ukratko prezentira prateće programsko rješenje u sklopu kojeg su predloženi algoritmi implementirani.

Ključne riječi: analogni tahograf, radne aktivnosti vozača, digitalizacija tahografskih listića, očitavanje tahografskih listića, skeniranje, evidencija

Abstract: An important issue in the logistics of transport companies is efficient tracking of driver activities. It is directly related to public transport safety regulations, and therefore all companies have the obligation to provide required information. Since fleets of many Croatian transport companies include older vehicles equipped with analogue tachographs, digitalization of analogue tachocharts becomes highly important. This paper presents a process for tachochart digitalization and suggests few algorithms that were used in our analogue tachochart digitalization tool.

Key words: analogue tachograph, driver activities, tachograph chart, tachochart digitalization

1. UVOD

Profesionalni vozači i mobilni radnici obavljaju određene radne aktivnosti za vrijeme svog radnog vremena.

Zakonom [1] i važećim Pravilnikom [2] definirane su četiri vrste radnih aktivnosti – vožnja, spremnost za rad, ostali rad i odmor. Podaci o radnim aktivnostima bilježe se korištenjem posebnih uređaja ugrađenih u vozila – tahografima. Postoje dvije vrste tahografa – analogni i digitalni. Stara generacija uređaja, tzv. analogni tahografi, za pohranu informacije o vožnji i drugim aktivnostima koristila je analogni zapis, pri čemu je na kružni papirnati listić iscertavan status vozača. Nova generacija uređaja, koja je obavezna u svim novoregistriranim vozilima za prijevoz roba i putnika, potpuno je digitalna i podatke pohranjuje na digitalne pametne kartice koje se dodjeljuju vozačima i internu memoriju, što olakšava i ubrzava obradu potrebnih informacija.

Zakonski je propisano da autoprijevoznici pohranjuju i evidentiraju radne aktivnosti snimljene tahografima, pa se za te potrebe nastoji pronaći rješenje koje će evidenciju učiniti što jednostavnijom i efikasnijom.

Budući da je prosječna starost voznog parka autoprijevozničkih tvrtki u RH (a i u većini drugih tranzicijskih zemalja) takva da veliki broj (starijih) vozila ima ugrađene analogne tahografe, u praksi se pokazalo da se najviše vremena troši upravo na očitavanje i uvođenje u evidenciju podataka s tahografskih listića.



Slika 1. Analogni tahograf

Ovim člankom predlaže se efikasan i provjeren postupak za očitavanje podataka o radnim aktivnostima sa skeniranih listića. U prvom poglavlju opisuju se analogni tahografi, tahografski listići i princip bilježenja informacija o radnim aktivnostima na tahografske listiće. Drugo poglavlje daje pregled mogućih i dostupnih

rješenja za očitavanje podataka s tahografskih listića, pri čemu se posebno naglašava pristup skeniranja listića i ključne faze obrade prema predloženom postupku. U trećem se poglavlju sistematizira predloženi postupak, a ključni algoritmi se razmatraju odvojeno u sklopu četvrtog poglavlja. Peto poglavlje donosi programski sustav koji među ostalim implementira i cjelokupni izneseni postupak i algoritme.

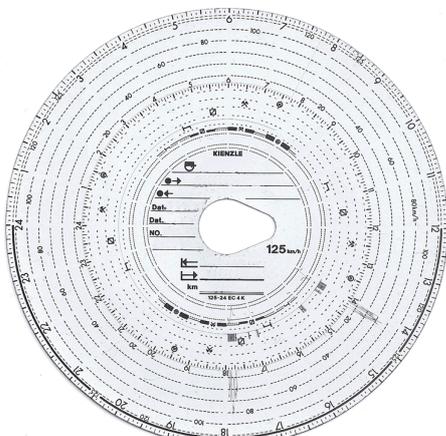
2. ANALOGNI TAHOGRAF I LISTIĆI

Analogni tahografi su starija generacija uređaja koja se ugrađivala u vozila za prijevoz robe i putnika. Na slici 1. prikazan je analogni tahograf. To je uređaj ugrađen u komandnu ploču vozila koji osim osnovnih pokazivača brzine ima ugrađene tipke za podešavanje radnih aktivnosti. Postoje i drukčiji modeli analognih tahografa, kao npr. na slici 2. – samostalni uređaj naknadno ugrađen u komandnu ploču.



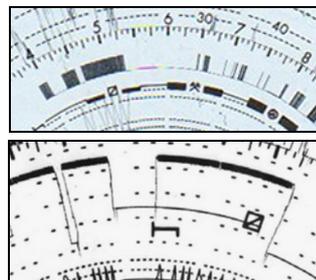
Slika 2. Analogni tahograf

Podatke o radu vozača analogni tahografi pohranjuju na tahografske listiće – papirnatu obrascu kružnog oblika promjera 12,3 cm. Izgled praznog, nekorištenog listića prikazuje slika 3. To je najčešće korišten tip listića u Hrvatskoj, s tim da su u novije vrijeme zbog očite potrebe za skeniranjem i digitalizacijom listića proizvođači ponudili i listiće sa čistim središnjim dijelom (slika 5.) za bilježenje aktivnosti (u kružnom vijencu u kojem se bilježe aktivnosti nema otisnutih simbola i drugih elemenata koji mogu utjecati na očitavanje). Oba tipa listića mogu se očitati predloženim algoritmom, s tim da se kod listića previdenih za digitalizaciju ne pojavljuju pogreške očitavanja uslijed otisnutih simbola.



Slika 3. Standardni taholistić

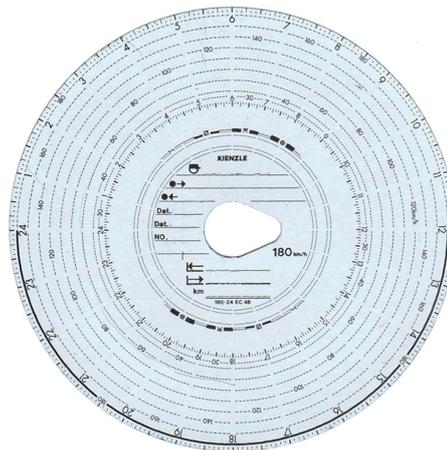
Postoje dva osnovna tipa zapisa aktivnosti na listiće – stariji analogni tahografi podatke o aktivnosti vozača zapisuju "stepeničasto", dok noviji (velika većina vozila s analognim tahografima u Republici Hrvatskoj) zapisuju podatke bez pomaka, unutar kružnog vijenca (slika 3.).



Slika 3. Standardni i stepeničasti zapis aktivnosti

Kod stepeničastog bilježenja aktivnosti (donji dio slike) različite aktivnosti se bilježe na različitim udaljenostima od središta listića. S druge strane, standardni zapis radnih aktivnosti ostvaren je na istoj udaljenosti od središta listića, ali se svaka aktivnost ispisuje različitom debljinom linije (gornji dio slike). Algoritam koji se predlaže ovim radom primjenjuje se isključivo na standardnom obliku zapisa.

Kao što je već spomenuto, podaci o radnim aktivnostima vozača zapisuju se unutar kružnog vijenca – podaci o prijednim kilometrima zapisuju se u dijelu listića bližem središtu, dok se na vanjskom dijelu listića bilježe podaci o trenutačnoj brzini. Iako je i te podatke, teoretski, moguće očitati, postupak i algoritmi koji se opisuju u ovom članku ne obavljaju tu funkciju već su isključivo orijentirani na očitavanje radnih aktivnosti vozača.



Slika 5. Listić sa čistim kružnim vijencem

Obaveza vozača je prije umetanja listića da na predviđeno mjesto u središnjem dijelu ručno upiše svoje podatke, registarsku oznaku vozila i početno stanje kilometar sata. Po vađenju listića vozač mora upisati vrijeme (nije nužno, ali vrlo bitno kod noćnih vožnji kad vožnja počinje u jednom, a završava u drugom danu kako bi se očitani rezultati mogli ispravno interpretirati) i završno stanje kilometar sata.

Ispravno pozicioniranje listića unutar uređaja moguće je zbog asimetričnog središnjeg otvora. Osim što

omogućava ispravno ulaganje listića u uređaj, taj otvor je vrlo bitan i kod same obrade skeniranog zapisa jer pruža uvjete za određivanje orijentacije listića i detekciju početka vremenske skale na listiću.

3. OČITAVANJE LISTIĆA

Kao što je već spomenuto, zakonska je obaveza autoprijevoznika pohraniti i evidentirati podatke o radnim aktivnostima. Pohrana vezana uz pojedinog vozača obuhvaća arhiviranje tahografskih listića i preuzimanje podataka s digitalnih kartica vozača, dok vođenje evidencije podrazumijeva sistematsko praćenje radnih aktivnosti vozača. Preduvjet dobrog praćenja radnih aktivnosti je prijenos podataka u neki od dostupnih sustava ili programa za evidenciju.

Slijedom toga, podatke s tahografskih listića je nužno prenijeti na računalo u obliku koji će omogućiti daljnju obradu. Dva su osnovna pristupa – direktno očitavanje informacija s listića i očitavanje informacija sa skeniranih listića.

Direktno očitavanje listića može se odraditi ručno (vizualno, uz pomoć ravnala ili sličnih pomoćnih alata, se određuju granična vremena pojedinih aktivnosti i ti podaci se ručno unesu na računalo). Kod složenijih listića mogu se koristiti specijalizirani uređaji koji olakšavaju rad korisniku, no kod listića s mnogo čestih promjena aktivnosti uređaji su teže iskoristivi. Primjer specijaliziranog uređaja u ponudi tvrtke VDO [3] je prikazan na slici 6.

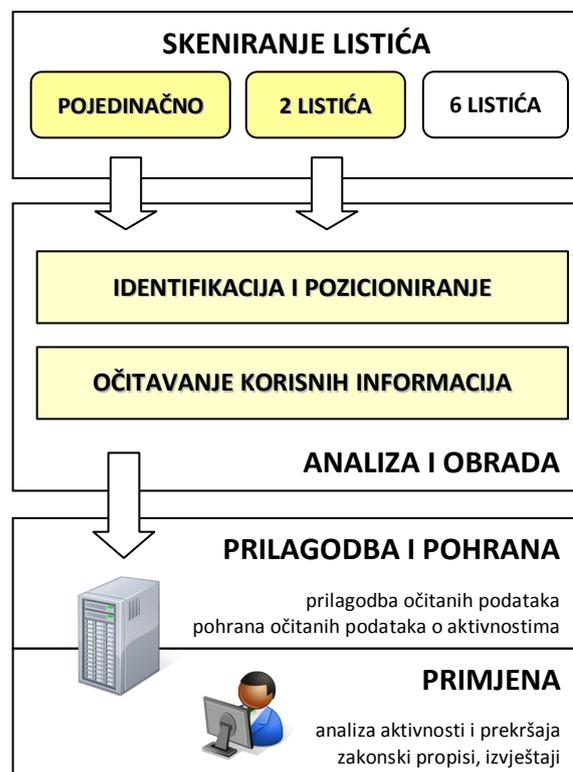


Slika 6. Specijalizirani uređaj za čitanje listića

Pristupom koji uključuje skeniranje listića, postupak digitalizacije se djelomično automatizira i obavlja u nekoliko koraka. Prvi korak je skeniranje listića, a rezultat je digitalni slikovni zapis na računalo. Drugi korak uključuje analizu slikovnog zapisa i identifikaciju te pozicioniranje listića. Nakon uspješne identifikacije listića provodi se automatsko očitavanje korisnih i traženih informacija. Završni korak je preuzimanje očitanih podataka, prilagodba i pohrana u evidencijski sustav i daljnja obrada. Dijagram postupka prikazuje slika 7.

3.1. Skeniranje listića

Skeniranje listića je postupak kojim se posebnim uređajem, skenerom, na računalo prenosi slikovni zapis listića. Alternativno, postupak je moguće provesti i korištenjem fotoaparata, odnosno fotografiranjem listića. Rezultat je slikovni zapis u nekom od standardnih slikovnih formata.



Slika 7. Postupak digitalizacije baziran na skeniranju

S obzirom na to da vozači moraju u vozilu čuvati listiće za posljednjih mjesec dana vožnje, u praksi se obrada podataka provodi s vremenskim odmakom i uključuje obradu većeg broja listića za pojedinog vozača. Jasno je da postupak skeniranja većeg broja listića može potrajati, pa stoga izbor uređaja za skeniranje direktno utječe na vrijeme koje je potrebno utrošiti za postupak skeniranja. Dodatno ubrzanje obrade može se postići i kombiniranim skeniranjem više listića odjednom (2 ili 3 potpuna listića na A4 skenerima, 6 djelomičnih listića – skeniranje samo središnjem kružnog vijenca s podacima o aktivnostima).

Standardni kućni skeneri omogućavaju skeniranje u zadovoljavajućoj kvaliteti i za skeniranje površine dimenzije A4 (ili nešto većih od A4, ovisno o modelu) potrebno im je 20-30 sekundi. Skeniraju li se po dva listića odjednom, dolazimo do podatka o 10-15 sekundi potrebnih za skeniranje pojedinog listića.



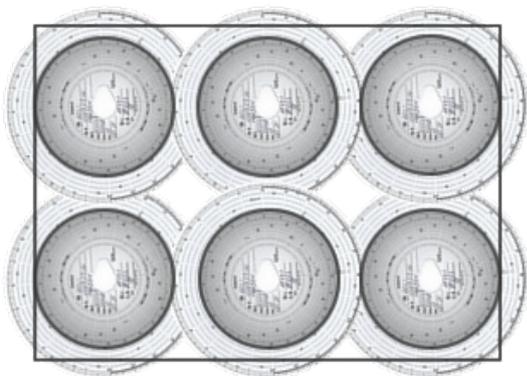
Slika 8. Profesionalni brzi skener listića

Profesionalni specijalizirani skeneri (slika 8.) mogu skeniranje obaviti mnogo brže. Proizvođač gornjeg skenera je Panasonic, a tvrtke specijalizirane za obradu podataka ga najčešće, uz prilagođen softver, prodaju pod

svojim imenom. Dostupne informacije o brzini variraju pa ih treba uzeti s rezervom (30-40 listića u minuti). Neke cijenom pristupačnije skenere primjenjive u postupku, a dostupnih na domaćem tržištu, nudi proizvođač Canon, s tim da je tijekom testiranja postignuta brzina očitavanja oko 15 listića u minuti.

Ključne informacije pohranjene na listiću su informacije o radnim aktivnostima vozača. S obzirom ne to da se ti podaci nalaze unutar kružnog vijenca u središnjem dijelu listića, za njihovo očitavanje nije nužno da skenirani listić bude cjelovit – taj pristup može se iskoristiti za plošno skeniranje većeg broja listića – do 6 listića na području standardnih A4 dimenzija. U tom slučaju je vrlo bitno precizno pozicionirati listiće - najbolje uz korištenje vodilica ili posebnih držača za listiće koji osim pozicije fiksira i orijentaciju listića.

Algoritam koji se iznosi u ovom članku može se primijeniti na takav oblik skeniranih listića uz minimalne preinake – ključno je ispravno pozicionirati listiće na skeniranom zapisu prije same obrade i očitavanja.



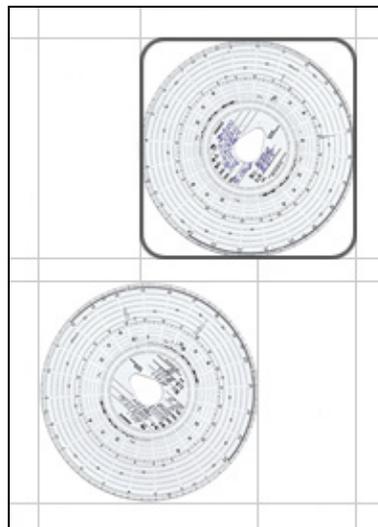
Slika 9. Skeniranje 6 necjelovitih listića na A4

Slika 9. prikazuje A4 list (položeno) i mogućnost pozicioniranja listića za djelomično skeniranje (necjeloviti listići). Prednost tog postupka je povećanje brzine skeniranja (6 listića za 20-30 sekundi pri korištenju standardnih plošnih skenera), no glavni nedostatak je da tako skenirani listići nisu potpuni pa se ne mogu koristiti za stvaranje digitalne arhive. Kod skeniranja pojedinačnih ili 2-3 listića na A4 moguće je snimke pohraniti i koristiti kao digitalnu arhivu jer sadrže kompletne listiće i omogućavaju naknadno očitavanje ostalih parametara, a ne samo radnih aktivnosti.

3.2. Identifikacija i pozicioniranje listića

Nakon što se nekim od opisanih postupaka provede skeniranje potrebno je na slikovnom zapisu identificirati i locirati listić – naći poziciju listića na samoj slici. Iako pogonski programi za skenere nude mogućnost automatskog rezanja i pronalaženja korisnog sadržaja na slikama, u praksi se pokazalo da softver najpoznatijih proizvođača kućnih skenera (Canon, HP) nije pouzdan u pronalaženju listića i često rezultira gubitkom podataka (vjerojatno zbog male razlike u intenzitetu podloge i listića).

Zbog toga se prije primjene algoritma za očitavanje radnih aktivnosti, neovisno o broju skeniranih listića po zapisu, mora izvesti algoritam za određivanje pozicija i identifikaciju listića. Kao dio alata za očitavanje taholistića implementiran je algoritam koji precizno pronalazi rubove i pozicije pojedinačno skeniranih listića i listića na skenovima koji sadrže dva listića. Slika 10. prikazuje slučaj dva skenirana listića – na slici su linijama označene granice koje algoritam za pozicioniranje određuje tijekom izvođenja.



Slika 10. Identifikacija listića na skeniranom zapisu

Algoritam za identifikaciju listića u svojoj općenitoj varijanti (moguća buduća implementacija podrške za veći broj listića) kao rezultat vraća broj listića i koordinate gornje lijeve i donje desne pozicije pravokutnog (kvadratnog) područja unutar kojeg je pojedini listić smješten.

3.3. Očitavanje korisnih informacija

Iako se sa slikovnog zapisa tahografskog listića, kako je već opisano u poglavlju 2., može očitati više vrsta informacija, algoritam koji se predlaže odnosi se isključivo na očitavanje radnih aktivnosti. Konačni rezultat očitavanja mora biti strukturno dan u obliku prikazanom tablicom 1.

Tablica 1. Struktura rezultata očitavanja radnih aktivnosti

Tip aktivnosti	Simbol	Od	Do
Odmor	↪	05:15*	06:24*
Vožnja	⊙	*početak i kraj razdoblja unutar kojeg je obavljena određena radna aktivnosti	
Spremnost	☑		
Ostali rad	✂		

Sasvim je jasno da prilikom očitavanja algoritam mora odrediti o kojem se tipu aktivnosti radi – određivanje tipa aktivnosti temelji se na širini (debljini) zapisa na određenoj poziciji. Pravilo za bilježenje radnih aktivnosti

definira da se vožnja bilježi najdebljom linijom, a odmor najtanjom linijom, što prikazuje tablica 2.

Tablica 2. Standardni zapis radnih aktivnosti na listiću

Tip aktivnosti	Simbol	Zapis
Odmor		
Vožnja		
Spremnost		
Ostali rad		

Iako su svi tipovi aktivnosti važni, većina zakonski propisanih pravila definira uvjete vezane uz odmor i vožnju. S obzirom na to da su te aktivnosti na popunjenom listiću vizualno različite, očitavanje upravo tih tipova aktivnosti postiže se s vrlo visokom točnošću, dok kod očitavanja spremnosti i ostalog rada može doći do manjih nepravilnosti koje ponekad operater mora ručno korigirati prije pohrane u evidencijski sustav.

Za određivanje početka i kraja razdoblja obavljanja pojedine aktivnosti treba za određenu poziciju na kružnom vijencu odrediti o kojem se vremenu unutar dana radi. S obzirom na to da je riječ o kružnom zapisu, 24-satno razdoblje (dan) bilježi se unutar 360°. Drugim riječima, unutar jednog stupnja mogu se prikazati 4 minute radne aktivnosti.

Očitavanje radnih aktivnosti provodi se direktno iz slikovnog zapisa – za potrebe očitavanja se kružni vijenac linearizira i pretvara u pravokutnik. Budući da ni zapisi o aktivnostima na modernim digitalnim tahografima ne osiguravaju preciznost očitavanja ispod 1 minute [5], vijenac se linearizira u pravokutnik širine 1440 točaka (piksela). U tom slučaju svaka točka (linija) lineariziranog zapisa predstavlja minutu. Princip prikazuje slika 11. (prilagođeni prikaz iz programskog alata u kojem su implementirani opisivani algoritmi). Na listiću su tri pozicije (A, B i C) koje su označene i na

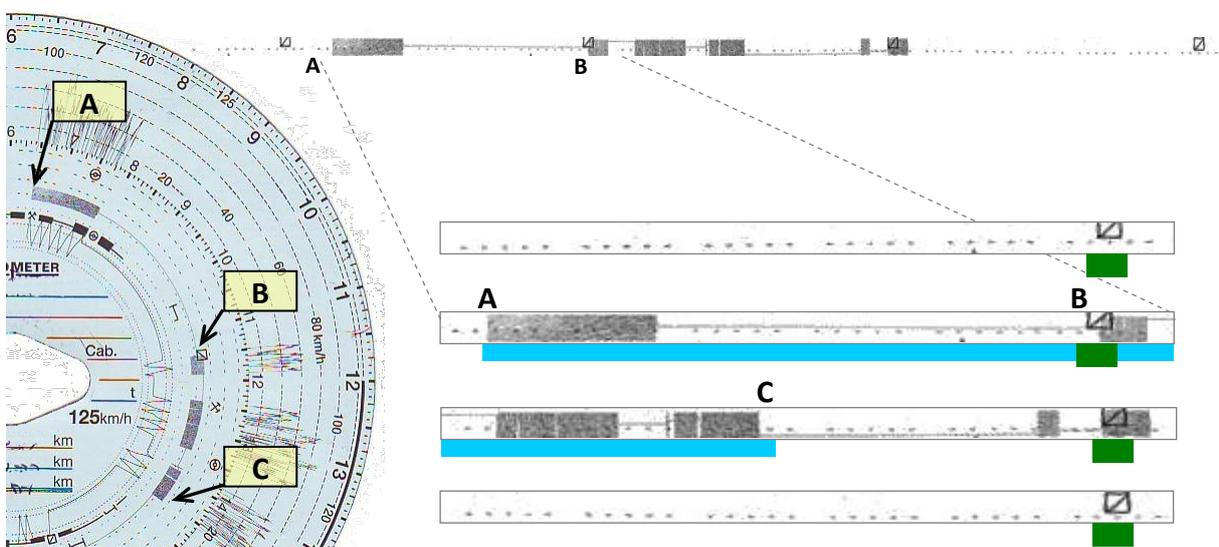
uvećanom lineariziranom prikazu. Dio očitavanja od A do C posebno je naznačen ispod prikaza. Uz poziciju B ukazuje se na pojavu simbola spremnosti za rad koja može uzrokovati pogrešna očitavanja u kasnijoj fazi obrade. Simbol se pojavljuje četiri puta unutar cijelog kružnog vijenca. Na listićima poput onog prikazanog na slici 5., taj problem se ne pojavljuje jer simboli nisu otisnuti unutar radnog područja.

Iako pitanje preciznosti očitavanja ovisi o kvaliteti skeniranih zapisa, u praktičnoj primjeni algoritama minutne preciznosti pokazalo se da su dovoljne dimenzije slikovnog zapisa pojedinog listića 1023x1023 točaka. Kako objasniti te minimalne dimenzije? Za linearizaciju kružnog vijenca u pravokutni širine 1440 piksela nužno je da za polumjer unutarnje kružnice vrijedi:

$$r \geq \frac{1440}{2 \cdot \pi}, \quad r \geq 230 \text{ pixel}$$

Budući da pozicije na koje uređaji isrtavaju aktivnosti mogu varirati od modela do modela, a obrasci listića su standardizirani, za određivanje minimalne zadovoljavajuće veličine listića možemo kao uvjet postaviti da polumjer područja unutar kojeg je dopušteno isrtavanje aktivnosti bude najmanje 230 točaka. Kako je ta pozicija precizno definirana i standardizirana i nalazi se na 0,45 polumjera listića, možemo izračunati da minimalni polumjer listića mora biti 511 točaka, odnosno dimenzije listića koje će omogućiti minutnu preciznost očitavanja moraju biti bar 1022x1022 točaka. Uzmemo li u obzir kružni oblik listića, za precizno određivanje središta povećavamo dimenziju za jedan piksel – neparan broj točaka omogućava određivanje središta bez pomaka.

U usporedbi s drugim pristupima očitavanju listića (varijanta bez skeniranja), minutna preciznost je velika prednost. Međutim, u praksi aktivnosti koje traju ispod 5 minuta najčešće se zanemaruju ili spajaju sa susjednim aktivnostima, pa i rezultati dobiveni obradom skeniranih listića dimenzija manjih od predloženih posjeduju zadovoljavajuću razinu preciznosti.



Slika 11. Primjer linearizacije dijela kružnog vijenca

Tablica 3. prikazuje odnos preciznosti i okvirnih dimenzija skeniranih listića.

Dimenzije	Preciznost	Direktno očitavanje
1022x1022	1 min	
900x900	1.13 min	1272 min.
800x800	1.27 min	1130 min.
700x700	1.45 min	989 min.
400x400	2.54 min	565 min.

Tablica 3. Dimenzije listića i preciznost očitavanja

Očito je da sve spomenute dimenzije listića iz tablice mogu zadovoljiti uvjet vrlo dobre preciznosti. Daljnje smanjenje listića matematički bi i dalje zadovoljavalo što se tiče preciznosti (ispod 5 minuta), no radilo bi se o gotovo nečitljivim listićima i primjena ne bi imala smisla. Testiranja algoritma su pokazala da se iz slikovnih zapisa niže rezolucije (npr. listići fotografirani mobitelom) može također provesti dovoljno dobro očitavanje. No, za profesionalno korištenje i paralelno vođenje digitalne arhive preporuka je korištenje zapisa skeniranih s minimalno 150 dpi (točaka po inču) – dimenzije listića kod takvog skeniranja su oko 730 piksela što je dovoljno dobro i nudi preciznost očitavanja ispod 1.5 minute.

Za potrebe očitavanja drugih informacija s listića, podataka o prijeđenim kilometrima iz središnjeg dijela listića (manji polumjeri), uvjeti o kvaliteti zapisa postaju stroži. Kao što je već spomenuto, prezentirani algoritmi su primarno razvijani s ciljem pouzdanog očitavanja radnih aktivnosti, pa prije navedeni uvjeti zadovoljavaju taj slučaj primjene.

Nakon provedene linearizacije provodi se očitavanje aktivnosti. Za svaku minutu (svaki stupac točaka) očitava se vrijednost snimljenih točaka (intenzitet, s obzirom na to da je riječ o tamnim bilješkama na svijetloj podlozi); prebrajaju se tamni pikseli te se obavlja kategorizacija – dominacija tamnih piksela zasigurno znači da se radi o vožnji, dok minimalna prisutnost tamnih piksela signalizira da se radi o odmoru ili neradnom dijelu dana (što u konačnici sustav evidentira kao odmor). Preostale dvije aktivnosti se preciznije obrađuju i provodi se kategorizacija.

Postoje neki slučajevi u kojima dolazi do pogrešnih očitavanja, a to su situacije u kojima se radi o oštećenim listićima, problemi s listićima koji nisu prilagođeni za digitalnu obradu, sjene koje nastaju kod skeniranja i sl. Tako kod listića prikazanih na slici 4., za razliku od listića sa čistim kružnim vijencem prikazanim na slici 5., na određenim pozicijama može doći do preklapanja odštampanih simbola i snimljenih aktivnosti (slika 11.), što ponekad dovodi do pogrešnih očitavanja. Iako autori u [6] i [7] spominju mogućnost eliminacije tih problema zbog razlika u intenzitetima originalno otisnutih oznaka i samih tahografskih snimaka, ta pravilnost u korištenim primjerima nije identificirana niti je spomenuti problem uspješno riješen (eliminiran). I u slučaju precizne

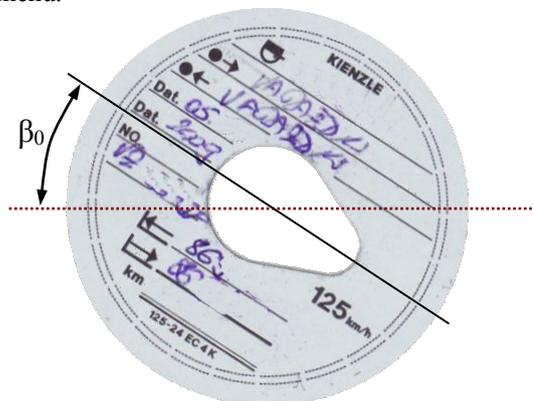
identifikacije odštampanih simbola ostaje problem odlučivanja i interpolacije – što je tahograf na toj poziciji zapisao? Utjecaj tog problema dodatno umanjuje svijest korisnika tahografa o potrebi korištenja listića prilagođenih digitalnoj obradi. Ukratko, problem pogrešnih očitavanja zbog otisnutih simbola predloženim algoritmima nije rješavan.

Neovisno o tome, rezultati očitavanja i u slučaju problema su zadovoljavajući, s obzirom na to da na razini cijelog dana tijekom testiranja maksimalni broj pogrešnih očitavanja varira unutar 5-10 minuta – što je pogreška ispod 1%. Ovisno o očitanim aktivnostima, pogreške su minimalne, gotovo zanemarive kod očitavanja vožnje i odmora, što zapravo predstavlja ostvarenje definiranog cilja.

3.4. Dodatna obrada i prilagodba očitavanja

Očitavanja dobivena iz lineariziranog prikaza kružnog područja s oznakama aktivnosti omogućavaju određivanje traženih vremenskih granica za pojedinu aktivnost. Međutim, dobivena vremena zapravo pokazuju samo relativan odnos prema nekom početnom vremenu – počne li linearizacija na 0° slikovnog zapisa (horizontalno), sva će očitana vremena pokazivati pomak u odnosu na tu poziciju.

Postavlja se pitanje kako odrediti apsolutno točno vrijeme, odnosno točno vrijeme unutar dana kada je aktivnost zabilježena? Vizualnim očitanjem na listiću je lako očitati točno vrijeme, s obzirom na to da je na obrascu ispisana vremenska skala. Prilikom automatizirane obrade za točno očitavanje se koristi specifičnost listića – asimetrična središnja šupljina. Naime, izduženje središnjeg otvora može se iskoristiti za određivanje referentnog vremena – izduženi dio uvijek pokazuje na 12 sati, nasuprot toj poziciji nalazi se početak/kraj dana, odnosno 24 sata. Kod transformiranja i očitavanja riječ je o čistom matematičkom postupku translacije vrijednosti, nakon što se odredi referentna točka (kut zakrenutosti β_0 listića u odnosu na očekivanu orijentiranost - horizont), nije problem ostvariti pomak po vremenskoj osi i dobiti očitavanja u apsolutnom vremenu.

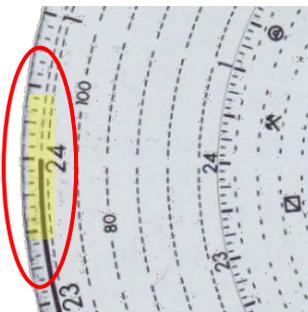


Slika 12. Orijentacija listića – središnja šupljina

U praksi se ipak pokazalo da određivanje kuta zakrenutosti β_0 temeljeno na analizi središnje šupljine nije uvijek precizno. Odstupanje od samo jednog stupnja može uzrokovati pogreške u vremenskom pozicioniranju

od 4 minute, pa se korisnicima mora ostaviti mogućnost intervencije i ručnog podešavanja tog kuta. Razlog problema leži u pojavi zasjenjenosti rubnih područja središnje šupljine, a kako je riječ o relativno malom polumjeru analiziranog područja, razlika u manjem broju središnjih piksela presudnih za određivanje kuta uvjetuje veću, često nedopušteno veliku razliku u odnosu na vanjski rub listića (vremenska skala s maksimalnim promjerom).

Na samom obrascu listića, neposredno uz vremensku skalu, postoje oznake koje se mogu iskoristiti za preciznije određivanje kuta zakrenutosti. Kao što prikazuje slika 13., kružnica uz vremensku skalu je na jednoj polovici listića zadebljana pa to može poslužiti za određivanje početka – pronalazi se kut β uz kojeg dolazi do promjene debljine. Pritom se slikovni zapis pretražuje u području okoline kuta β_0 određenog analizom središnje šupljine.



Slika 13. Orijentacija listića – dodatne oznake

Nadogradnjom osnovnog algoritma preciznost određivanja kuta zakrenutosti je drastično povećana, te je gotovo potpuno otklonjena potreba za intervencijom korisnika.

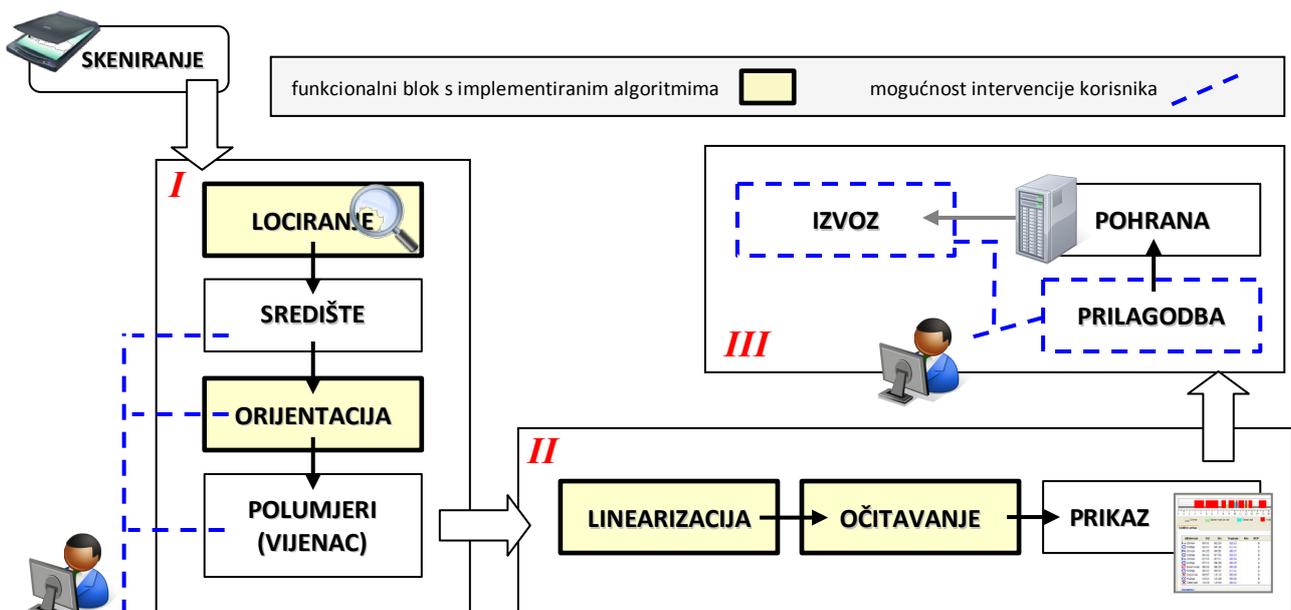
4. POSTUPAK OČITAVANJA RADNIH AKTIVNOSTI

Očitavanje radnih aktivnosti provodi se direktno sa slikovnog zapisa dobivenog skeniranjem tahografskog listića. U tom postupku (slika 7.) može se izdvojiti nekoliko koraka (faza) i funkcija unutar njih:

- I. Faza identifikacije i pozicioniranja listića
 - a) pronalazak listića na skeniranom zapisu
 - b) određivanje rubnih koordinata listića
 - c) određivanje središta listića
 - d) određivanje orijentacije listića (zakrenutost)
 - e) određivanje pozicije kružnog vijenca
- II. Faza očitavanja korisnih informacija
 - a) linearizacija kružnog vijenca
 - b) očitavanje aktivnosti i kategorizacija
 - c) prezentacija rezultata očitavanja
- III. Nastavak postupka – prilagodba i pohrana
 - a) automatizirana prilagodba na zahtjev korisnika
 - b) pohrana i izvoz rezultata postupka
 - c) povezivanje s ostalim vezanim informacijama

Ovim člankom iznose se algoritmi koje je moguće primijeniti za realizaciju funkcija unutar faza I i II. Sve funkcije je moguće potpuno automatizirati, no praktična primjena je pokazala da je za I - c), d) i e) potrebno osigurati i mogućnost da korisnik naknadno napravi podešavanje, u slučaju da se vizualno identificiraju nepravilnosti automatiziranog dijela postupka.

Za iskusnog korisnika, ručno podešavanje neznatno utječe na vrijeme obrade pojedinog listića (dominantni utrošak vremena vezan je uz definiranje vozača, vozila, datuma i vremena vožnje i podataka o stanju kilometar sata vozila na početku i na kraju vožnje).



Slika 14. Dijagram postupka očitavanja

Na dijagramu postupka (slika 14.) posebno su označeni funkcionalni blokovi unutar kojih su implementirani algoritmi prezentirani ovim člankom, a naznačene su i mogućnosti intervencije korisnika. U slučaju intervencije, slijedno se provode sve daljnje funkcije i u realnom vremenu prikazuju novi rezultati očitavanja.

Očitani podaci se korisniku prezentiraju tablično u zahtijevanom obliku kako je već prikazano tablicom 1.

Osim direktnog očitavanja aktivnosti, u postupku je moguće aktivirati i naknadnu prilagodbu očitanih podataka. Npr., korisnik može zahtijevati da se sve kratke aktivnosti (npr. ispod 2 minute) preskoče ili povežu sa susjednim aktivnostima i sl. pa ti zahtjevi konačno utječu na rezultate očitavanja i korisnik ih koristi na vlastitu odgovornost upravo zbog tog malog, ali ipak stvarnog utjecaja na očitavanja.

5. ALGORITMI PRIMJENJIVI U POSTUPKU

Provođenje digitalizacije i očitavanja informacija s tahografskog listića uključuje korištenje više algoritama raznih namjena. U ovom poglavlju ukratko su opisani algoritmi primjenjivi u postupku – implementacijom predloženih algoritama stvoren je temelj za razvoj programskog rješenja za očitavanje radnih aktivnosti.

Postupak uvijek počinje primjenom algoritama za pronalazak listića - I a) - `algDetectAnalogTachoCharts`. Algoritam se opisuje u odjeljku 5.1. Rezultat tog algoritma je grubo lociranje listića (jednog ili dva) na slikovnom zapisu, nakon čega se primjenjuje algoritam za određivanje pozicije listića na skeniranom zapisu - I b) - `algTachoChartPosition`. Algoritam je opisan u odjeljku 5.2.

Očekivano središte listića određuje se prema očitanim dimenzijama (uz mogućnosti korisničkog postavljanja). S obzirom na definirano središte, primjenjuje se algoritam (odjeljak 5.3.) za određivanje orijentacije, odnosno zakrenutosti listića - I d) - `algTachoChartOrientation`. Na sličan način (automatizmom prema standardnim dimenzijama listića ili na temelju korisničkog unosa) određuju se rubovi kružnog isječka s podacima o aktivnostima. Prema tako definiranim parametrima (polumjer vanjskog i unutarnjeg kruga) može se napraviti linearizacija zapisa o aktivnostima primjenom algoritma `algLinearizeTachoChart` – II a).

U opisima algoritama daju se osnovne značajke algoritma, definiraju se ulazni i kontrolni parametri i rezultati, odnosno izlazni parametri. Uz algoritme se spominje opisni pseudo-kod.

5.1. Algoritam pronalaska listića

Algoritam za pronalazak listića na skeniranom slikovnom zapisu, `algDetectAnalogTachoCharts`, zapravo je standardni *trim/crop* algoritam kojem je zadatak na podlozi identificirati jedan ili dva listića i otprilike odrediti njihove pozicije i dimenzije na originalnom zapisu.

Algoritam:	<code>algDetectAnalogTachoCharts</code>
Ulaz:	skenirani zapis
Izlaz:	broj pronađenih listića (0, 1 ili 2) pozicije i dimenzije listića
Kontrola:	granični intenzitet D

Postupak se svodi na pretraživanje ulaznog zapisa - redom se analiziraju (horizontalno i vertikalno) točke ulaznog zapisa i traže se nagle promjene intenziteta.

S obzirom na to da veličine ulaznih slikovnih zapisa direktno utječu na vrijeme izvođenja algoritma, s ciljem brže obrade, prije početka analize ulazni zapis se smanjuje tako da se manja dimenzija reducira na 400 točaka, a druga dimenzija reducira razmjerno tome. Jasno je da se ovim pristupom gubi na kvaliteti određivanja pozicija listića, no to nije ključno budući da se u sljedećem koraku obavlja detaljno lociranje rubova listića. Korisna nuspojava ovakvog pristupa je eliminacija sitnih smetnji koje se mogu javiti na pozadini originalnog zapisa, s obzirom na umanjenje. Manje smetnje gotovo nestaju i samim tim se reducira njihov utjecaj na pronalazak listića.

Pseudo-kod algoritma za detekciju sadržaja na podlozi:

```

1. Učitaj originalni slikovni zapis
2. Odredi potrebni faktor umanjenja  $m$ 
3. Umanji originalni zapis za faktor  $m$  - dimenzije ( $mX, mY$ )

4. Pronađi vertikalne rubove sadržaja
   (moguć paralelni rad ili izvršenje u istoj petlji...)

   Za svaki  $i$  ( $1..mY$ ) analiziraj redak
   {
       Za svaku točku ( $i, 1..mX$ ) provjeri okolinu dolje

       Promjena intenziteta  $> D \rightarrow$  gornji rub  $tY=i$ 
   }
   Za svaki  $i$  ( $mY..1$ ) analiziraj redak
   {
       Za svaku točku ( $i, 1..mX$ ) provjeri okolinu gore

       Promjena intenziteta  $> D \rightarrow$  donji rub  $bY=i$ 
   }

5. Pronađi horizontalne rubove sadržaja
   Analiza u smanjenom području ( $tY, bY$ )

   Za svaki  $i$  ( $1..mX$ ) analiziraj stupac
   {
       Za svaku točku ( $i, tY..bY$ ) provjeri okolinu desno

       Promjena intenziteta  $> D \rightarrow$  lijevi rub  $lX=i$ 
   }
   Za svaki  $i$  ( $mX..1$ ) analiziraj stupac
   {
       Za svaku točku ( $i, tY..bY$ ) provjeri okolinu lijevo

       Promjena intenziteta  $> D \rightarrow$  desni rub  $rX=i$ 
   }

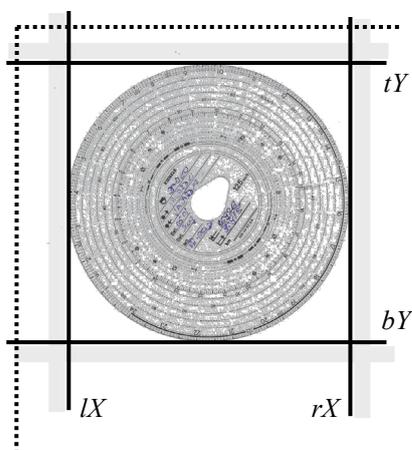
6. Skaliraj rubne vrijednosti na originalan zapis
   uz dodavanje "sigurnosne granice"

7. S obzirom na umanjenje u (3) dobivene vrijednosti imaju
   umanjenju preciznost, no dobro su početno rješenje
   za nastavak postupka

```

Opisani algoritam kao rezultat vraća rubne parametre (lX, tY, rX, bY) koji zapravo određuju poziciju gornje lijeve i donje desne rubne točke pravokutnika koji opisuje listić (slika 15.). Točka 6. algoritma namjerno ugrađuje "pogrešku", odnosno proširuje rezultatno područje. Na taj način smanjuje se utjecaj umanjenja originalnog

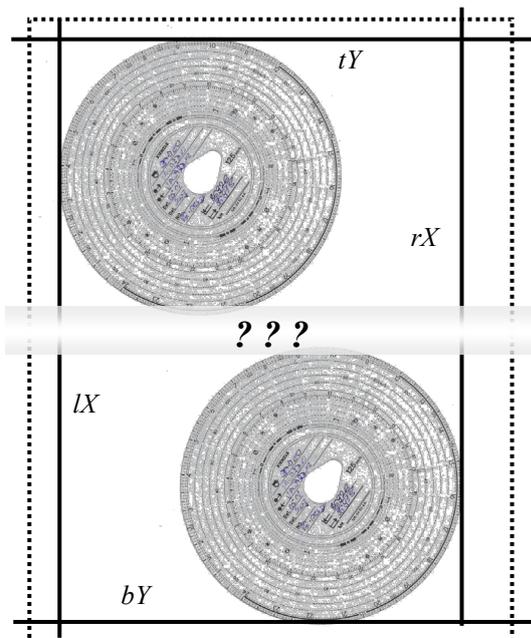
zapisa i moguće pogreške očitavanja. Na slici je iscrtkano naznačen rub skeniranog zapisa, punim crnim crtama su označeni izlazni parametri – rubovi listića, dok sivo područje označava proširenje područja koje se namjerno ubacuje zbog skaliranja slike u prvim koracima algoritma.



Slika 15. Rezultati algoritma na jednom listiću

U slučaju da skenirani zapis sadrži dva listića, jasno je da rezultat neće biti korektan, odnosno postoji potreba za dodatnom analizom - slika 16. Na slici su označeni rubni parametri dobiveni algoritmom, a posebno je istaknuto središnje područje koje vizualno odjeljuje listiće i koje bi unaprijeđeni algoritam trebao izolirati i uzeti u obzir u daljnjoj obradi.

Ideja je iskoristiti dobivene vanjske rubove sadržaja i daljnjom analizom odrediti postojanje "praznih" redova – ako takvi postoje, to znači da se na skenu nalazi više razdvojenih objekata.



Slika 16. Rezultati algoritma – dva listića

Dodatak algoritmu pseudo-kodom može se prikazati na sljedeći način:

```

1. Pripremi analizu prema rubnim (lX,tY,rX,bY), Y0=Y1=-1
2. Pronađi "praznu horizontalnu traku"
   Za svaki i (tY..bY) - redak
   {
       ako je prazan redak
       {
           ako je Y0=-1 zabilježi prvi Y0=i
           inače Y1=i
       } inače
       {
           ako je Y0<>-1 prekid
       }
   }

3. Ako je Y0<>-1 imamo više od jednog listića
   {
       odredili smo rubove praznog područja
       podijeli vertikalno tY-Y0 i Y1-bY
       obradi i pronađi lX i rX za oba dijela slike
       → (prilagođena prva faza s ulaznim područjima)
   } inače
   {
       radi se o jednom listiću, ostaju (lX,tY,rX,bY)
       daljnja obrada nije potrebna
   }

```

Potreba za ovim algoritmom rezultat je želje da se korisnicima omogući "istovremena" obrada dva skenirana listića, bez korištenja pomoćnih alata za fiksiranje pozicija prilikom skeniranja i sličnih rješenja. Algoritam nije optimiziran niti se primjenjuju bilo kakvi napredni mehanizmi za otkrivanje većeg broja listića. Može se pronaći jedan ili dva listića na radnoj površini i to u slučaju da između njih postoje prazni horizontalni dijelovi slike – dva listića skenirana tako da su pozicionirani jedan ispod drugog. Ako se otkrije prazno horizontalno područje unutar granica dobivenih prvim dijelom algoritma, može se zaključiti o postojanju dva ili više listića na skeniranom zapisu.

5.2. Algoritam za određivanje pozicije listića

Ideja algoritma za određivanje pozicije listića je identična prethodno opisanom algoritmu za pronalazak listića na skeniranom zapisu.

Algoritam:	algTachoChartPosition
Ulaz:	skenirani zapis neprecizna pozicija i dimenzije (5.1)
Izlaz:	precizna pozicija i dimenzije listića
Kontrola:	granični intenzitet, osjetljivost

Ulazni parametri algoritma uključuju grubo određenu poziciju listića na skeniranom zapisu i grubo određene dimenzije listića. To su zapravo izlazni parametri algoritma iz 5.1.

Ideja preciznog određivanja pozicije listića svodi se na pretraživanje unutar grubo određenih granica. Tako se smanjuje područje pretraživanja, što je zapravo jedini način ubrzanja postupka. Umjesto pretrage cijelog ulaznog zapisa pretražuje se samo dio. Pseudo-kod algoritma je identičan onom iznesenom uz algoritam iz 5.1., a jedina je razlika preskakanje već opisanog namjernog proširenja područja u točki 6.

Pomoćna transformacija za detekciju rubova

S obzirom na to da se kod skeniranih zapisa radi o svijetloj pozadini i tamnim oznakama rubova i sadržaja na skeniranom listiću (sam listić je također svjetliji), jasno je da određivanje rubova područja listića nije veliki problem. Međutim, prilikom skeniranja se javljaju problemi sjena na rubnim područjima, a moguće su i druge smetnje i pogreške prilikom skeniranja koje mogu dovesti do krivih očitavanja i težeg razlikovanja listića od pozadine. Iako se korektna rješenja mogu u određenim slučajevima dobiti i analizom originalnih zapisa, nad originalnim zapisom provodi se transformacija kojoj je cilj dodatno izolirati rubna područja, odnosno područja većih promjena intenziteta svjetlosti. Za potrebe detekcije rubova korišten je Sobelov operator. U postupku odabira adekvatne metode detekcije testirani su i Scharrov i Cannyev operator. Ostvarenje dobrih rezultata i jednostavnost implementacije doveli su do odluke o korištenju Sobelovog operatora kao transformacijskog postupka za određivanje rubova. Sobelov operator u dvodimenzionalnim sustavima definira se kao:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * A \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} * A$$

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Transformacija se provodi nad željenim zapisom ili dijelom zapisa – ulaznom matricom A , a to je matrica dimenzija jednakih dimenzijama područja koje se transformira. Elementi matrice su vrijednosti intenziteta pojedine točke slikovnog zapisa.

Rezultat je matrica G - slikovni zapis s naglašenim razlikama intenziteta na mjestima gdje su detektirani nagli prelasci (rubovi, engl. *edge*) intenziteta originalnih zapisa.

Nakon transformacije pretraživanje slikovnog zapisa i pronalazjenje rubova je jednostavno: kretanjem od rubova područja pretraživanja ispituju se transformirane točke i detektiraju se područja znatnih promjena intenziteta. Osjetljivost (minimalna razlika intenziteta) je jedan od parametara samog algoritma, a u konkretnom alatu za očitavanje listića definirane su inicijalne vrijednosti koje korisnik može po želji mijenjati ako se za to ukaže potreba. Algoritam za transformaciju je prilagođen na način da zanemaruje točke izvan područja tražene osjetljivosti.

S obzirom na to da transformacija više slikovnih zapisa velikih dimenzija može biti procesorski zahtjevna i može oduzeti dosta vremena, u ostvarenju očitavanja aktivnosti broj transformacija i transformirano područje su maksimalno reducirani - algoritam 5.2. i 5.4. izvršavaju se korištenjem zajedničkog transformata koji se jednokratno provodi prilikom izvođenja algoritma 5.2.

5.3. Algoritam za određivanje orijentacije listića

U odjeljku 3.4. opisana je ideja određivanja orijentacije listića. Algoritam se odvija u dvije faze: u početnoj fazi analizira se središnja šupljina listića te se određuje

početni kut zakrenutosti β_0 , dok se u drugoj fazi iskorištava karakteristični izgled ruba vremenske skale na listiću i preciznije određuje kut β .

Algoritam:	algTachoChartOrientation
Ulaz:	slikovni zapis, koordinate središta
Izlaz:	kut β

Prva implementacija u alatu za očitavanje aktivnosti vozača uključivala je samo prvu fazu algoritma. S obzirom na dostupna rješenja, već i približno određivanje kuta (β_0) na skeniranom zapisu (uz mogućnost ručnog podešavanja) korisnicima je olakšavalo i ubrzavalo rad. Implementacijom dvofazne varijante algoritma pokazalo se da uvođenje dodatne analize rubnog područja listića u gotovo svim testnim uzorcima očitavanje kuta β obavlja vrlo precizno i bez ikakvih odstupanja.

Pseudo-kod algoritma za detekciju početnog kuta β_0 :

1. Učitaj originalni slikovni zapis
2. Za svaki kut k ($0..360$) s pomakom 0.25 (1440 koraka)
{
kreni od središta listića
pomiči se od središta do tamnog područja
zapamti broj točaka do granice (interpoliranje)
}
3. Odredi kutove s najvećim brojem točaka
4. Dodaj kutove s manjim odstupanjima
5. Prema simetriji odredi središnji kut β_0

Pseudo-kod algoritma za preciznije određivanje kuta β – druga faza algoritma, kao ulaz prima kut β_0 :

1. Odredi područje pretraživanja (udaljenosti vremenske skale od središta)
2. Za svaki kut k ($\beta_0-X.. \beta_0+X$) s pomakom 0.25
{
prebroji tamne točke unutar područja pretrage
}
3. Pronađi kut s najmanjim brojem točaka ili s najvećom promjenom broja točaka u odnosu na susjede
→ β

5.4. Algoritam za linearizaciju zapisa

Linearizacija kružnog vijenca koji sadrži podatke o radnim aktivnostima obavlja se jednostavnim postupkom transformacije opisanim u odjeljku 3.3.

Algoritam:	algLinearizeTachoChart
Ulaz:	slikovni zapis A , koordinate središta (X_S, Y_S), polumjeri radnog područja (R_1, R_2)
Izlaz:	linearizirani slikovni zapis kružnog vijenca B

Da bi se linearizacija mogla provesti, u algoritam se osim originalnog slikovnog zapisa proslijeđuju koordinate središta listića i polumjeri radnog područja. To su vrijednosti koje se automatski određuju, ali se i korisniku nudi mogućnost vizualnog podešavanja.

Rezultat algoritma je slikovni zapis, odnosno matrica intenziteta širine 1440 točaka, pri čemu svaki stupac predstavlja očitavanu aktivnost u određenoj minuti.

Pseudo-kod algoritma za linearizaciju:

```

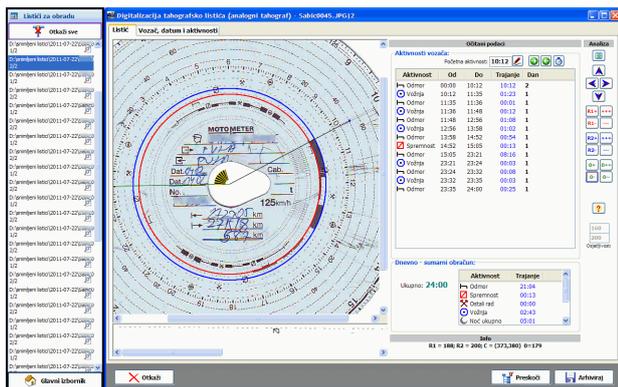
1. Odredi područje pretraživanja (rubovi kružnog vijenca)
2. Za svaki kut  $k$  (0..360) s pomakom 0.25 (1440 koraka - minuta)
   {
   za svaki  $r$  (R1..R2)
   {
       očitaj točku na slikovnom zapisu
        $A(XS+r\cos(k), YS+r\sin(k))$ 

       pohrani boju/intenzitet u  $B(4*k, r-R1)$ 
   }
   }
3. Vrati slikovni zapis B
  
```

U ovisnosti o kutu zakrenutosti listića β u sklopu iz rezultantnog zapisa/matrice B lako se dobiva očitavanje usklađeno s vremenskom skalom listića.

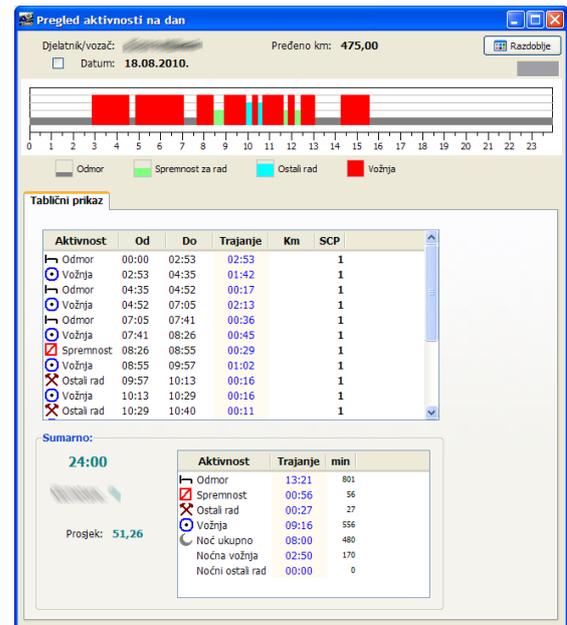
6. PROGRAM ZA OČITANJE I INTERPRETACIJU ZAPISA

Postupak za očitavanje skeniranih tahografskih listića iznesen u ovom članku potpuno je implementiran kroz programsko rješenje razvijeno za Windows operacijske sustave. Primjer korisničkog sučelja za očitavanje i manipulaciju očitanim podacima prikazuje slika 17.

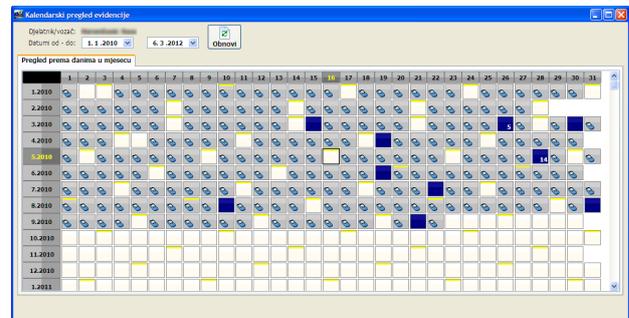


Slika 17. Sučelje programa za obradu listića

Razvijeno rješenje sadrži implementaciju kompletnog postupka opisanog u članku i prikazanog shematski na slici 14. Osim iznesenih algoritama, uključuje i mnoštvo drugih elemenata koji čine kompletan proizvod namijenjen autoprijevoznicima. Očitani podaci se evidentiraju u pouzdanu bazu podataka i povezuju s ostalim evidencijama - podacima s digitalnih tahografa i evidencijom AETR potvrda za slobodne dane, odnosno dane kad mobilni radnici (vozači) ne rade. Posebno je važna funkcionalnost prikaza i vizualizacije evidentiranih podataka. Podaci se prikazuju tablicom i grafički (slika 18.), a analiza je dodatno olakšana mogućnostima kalendarskog i pretraživanog sumarnog pregleda evidencije (slika 19.).



Slika 18. Grafički i tablični prikaz dnevnih aktivnosti



Slika 19. Kalendarski pregled za vozača

Razvoj programskog rješenja potiču korisnici koji nisu bili zadovoljni mogućnostima očitavanja tahografskih listića, a koje su im nudili dostupni i korišteni sustavi. Rješenje problema zahtijevalo je popriličan intelektualni napor, rezultati su zadovoljavajući, a primjena evidencijskog sustava u praksi svakodnevno potvrđuje kvalitetu rješenja.

7. ZAKLJUČAK

U svim državama EU i u državama potpisnicama AETR sporazuma o cestovnom prijevozu robe i putnika autoprijevoznici moraju brinuti o sigurnosti prometa. S tim u vezi propisano je vođenje evidencije o radnim aktivnostima vozača. Kroz praćenje aktivnosti vozača lako se uočavaju prekršaji i propusti koji se nastoje spriječiti.

S obzirom na starost voznog parka, većina autoprijevoznika u Republici Hrvatskoj posjeduje vozila s ugrađenim analognim tahografima. Obaveza vođenja evidencije o radnim aktivnostima vozača uključuje prijenos podataka s papirnatih tahografskih listića na računala. Ovim člankom opisan je prijedlog postupka obrade i očitavanja listića uz minimalna ulaganja u specijaliziranu opremu, koji je, uz dodatke vezane uz evidenciju podataka s digitalnih tahografa, potpuno

implementiran u razvijenom autorskom programskom rješenju. Članak donosi ključne implementirane algoritme, uz detaljno iznesene ideje koje su dovele do njihove primjene.

Iako je razvoj algoritama i pratećeg programskog rješenja opisanog u ovom članku izveden samostalno i neovisno, na temelju jasnih zahtjeva postoji mnogo sličnosti s algoritmima koje su primijenili drugi autori u vrijeme kad su slične potrebe nastale u starijim državama članicama EU ([6], [7]).

Poticaaj razvoju alata za očitavanje tahografskih listića dali su autoprijevoznici koji su se nakon uvođenja pravilnika o vođenju evidencije našli u nezavidnom položaju, s obzirom na to da se dotad nije inzistiralo na evidentiranju u digitalnom obliku. Isto tako, razvoj su dodatno potaknuli i neki korisnici stranih rješenja za evidenciju koji nisu bili zadovoljni pristupom digitalizaciji tahografskih listića. Tako je stvoreno domaće programsko rješenje koje, osim podrške za analogne implementira i podršku za digitalne tahografe i druge propisane evidencije, može zadovoljiti zahtjeve svih naših autoprijevoznika i za koje svakako postoji mjesto na tržištu.

8. LITERATURA

- [1] Zakon o radnom vremenu, obveznim odmorima mobilnih radnika i uređajima za bilježenje u cestovnom prometu, *Narodne novine* 60/08, 124/10
- [2] Pravilnik o prijenosu podataka o radnom vremenu mobilnih radnika i o vođenju evidencije, *Narodne novine* 43/09
- [3] Web – VDO – <http://www.vdo.com>
- [4] Pravilnik o tahografima i ograničavaču brzine, *Narodne novine* 88/08, 48/09
- [5] M. Mikac, V. Mikac "Izvedba programskog rješenja za očitavanje radnih aktivnosti vozača s digitalnih tahografskih kartica" Tehnički glasnik - Časopis Veleučilišta u Varaždinu, 2011 vol 5/2, pp. 21-28
- [6] A. Antonacopoulos, D.P. Kennedy: "Information Extraction from Complex Circular Charts", Proceedings of the 6th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR2001), Seattle, USA, September 2001, IEEE Computer Society Press, pp. 784-787
- [7] A. Antonacopoulos, D.P. Kennedy: "An Automated Tachograph Chart Analysis System", Document Analysis Systems V, Springer Lecture Notes in Computer Science, 2002, pp. 544-555

Kontakt:

mr.sc. Matija Mikac, dipl.ing. elektrotehnike
– VELV - Veleučilište u Varaždinu
– e-mail: matija.mikac@velv.hr

OPTIČKA POJAČALA S ERBIJEM DOPIRANIM SVJETLOVODOM

OPTICAL AMPLIFIERS WITH ERBIUM DOPED FIBER

Purković, D.¹, Vrhovski Z.¹, Petrović I.¹

¹Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvatska

Sažetak: U radu su prikazana osnovna ograničenja optičkih veza. Analizira se gušenje i disperzija signala koji propagira duž svjetlovoda. Dana su neka osnovna obilježja optičkih pojačala. Detaljno su prikazana svojstva optičkog pojačala s erbijem dopiranim svjetlovodom (EDFA), kao jedne od najvažnijih skupina optičkih pojačala i temelj regeneracije signala u optičkoj domeni. Na kraju će se prikazati i usporediti karakteristike šuma EDFA, te izmjerena pojačanja za pojedine snaga pumpanja, kao i pojačanje u višekanalnim sustavima.

Ključne riječi: Pojačanje, apsorpcija, EDFA, faktor šuma

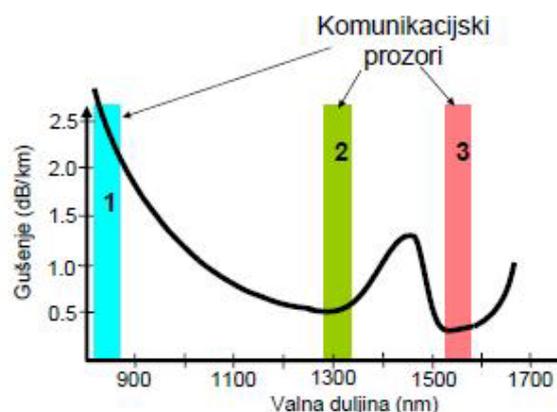
Abstract: The purpose of this paper is to show basic limitations of optical connections. It analyzes the attenuation and dispersion of the signal that propagates along the optical fiber. It gives some fundamental characteristics of optical amplifiers. The properties of optical amplifiers with erbium doped fiber (EDFA) are shown in detail, as one of the most important group of optical amplifiers and signal regeneration foundation in the optical domain. At the end, the measurement results for noise characteristics of EDFA and gain for different pump powers and amplification in multichannel systems are shown and compared.

Key words: gain, absorption, EDFA, noise factor

1. UVOD

Iako su se optička pojačala s dopiranim svjetlovodom počela proučavati još 1964. godine, zapravo su se počela koristiti 25 godina kasnije kada su usavršene tehnike proizvodnje. Prednost optičkih pojačala nad klasičnim elektroničkim regeneriranim signalima je u tome što ne zahtijevaju pretvorbu signala iz optičke u električnu domenu, već signal izravno pojačavaju u optičkoj domeni. Karakteristike pojačala (valna duljina na kojoj pojačalo radi i širina pojasa pojačanja) određeni su dodanim primjesama umjesto samim optičkim vlaknom. Mnogi kemijski elementi kao što su erbij, holmij, neodimij, samarij mogu se koristiti za realizaciju optičkih pojačala. Svi oni rade na valnim duljinama između 0.5-3.5 μm . Erbijem dopirana svjetlovodna pojačala (EDFA) su privukla najviše pozornosti jer osim što omogućavaju

izravno pojačanje optičkog signala, tj. nema potrebe da se optički signal prvo pretvori u električni, ona rade u području valnih duljina od približno 1.55 μm . Područje odgovara 3. komunikacijskom prozoru u kojem je gušenje signala najmanje i iznosi $\alpha \approx 0.2$ dB/km, kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Komunikacijski prozori [4]

2. OGRANIČENJA OPTIČKIH VEZA

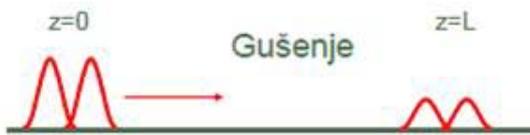
Gušenje i disperzija su dva glavna razloga ograničenja na maksimalnu duljinu optičke veze i na brzinu prijenosa.

2.1. Gušenje

Gušenje unutar svjetlovoda može se opisati diferencijalnom jednačinom (uobičajno za prijenosne linije s gubicima):

$$\frac{dP}{dz} = -\alpha z \quad (1)$$

gdje je P snaga optičkog signala u svjetlovodu, α koeficijent gušenja, a z je prijedeni put signala (slika 2.). Koeficijent gušenja ne uključuje samo materijalnu apsorpciju (uslijed nesavršenosti dielektrika) nego i ostale izvore gušenja kao što su npr. raspršenje, gušenje zbog prisustva primjesa, gušenje zbog nesavršenosti svjetlovodne strukture i sl.



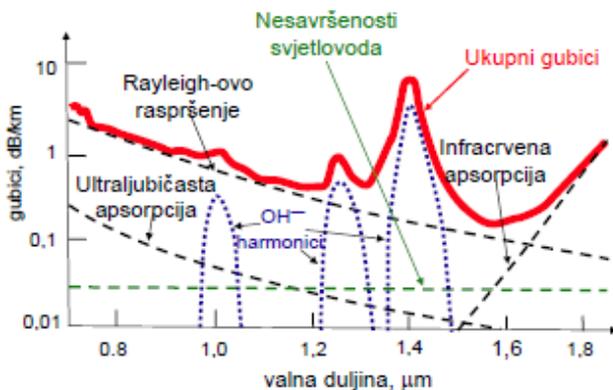
Slika 2. Prikaz gušenja signala [4]

Uobičajeno se α izražava u dB/km:

$$\alpha \left[\frac{dB}{km} \right] = -\frac{10}{L} \log \left(\frac{P_{izl}}{P_{ul}} \right) = 4.343\alpha \quad (2)$$

Razni mehanizmi utječu na gušenje u svjetlovodu, a neki od njih su apsorpcija, raspršenje elektromagnetskog vala, infracrvena apsorpcija, ultraljubičasta apsorpcija, Rayleighovo raspršenje te tehnološka gušenja, koja su izravno vezana uz tehnološke postupke pri proizvodnji svjetlovoda i moguće ih je smanjiti poboljšanjem postupka proizvodnje. Također do gušenja može doći zbog savijanja svjetlovoda. Prilikom savijanja može se dogoditi da nisu ispunjeni uvjeti totalne unutarnje refleksije na vanjskom obodu jezgre i tada dio zrake izlazi iz jezgre te vlakno zrači u okolinu i val u vlaknu može jako oslabiti.

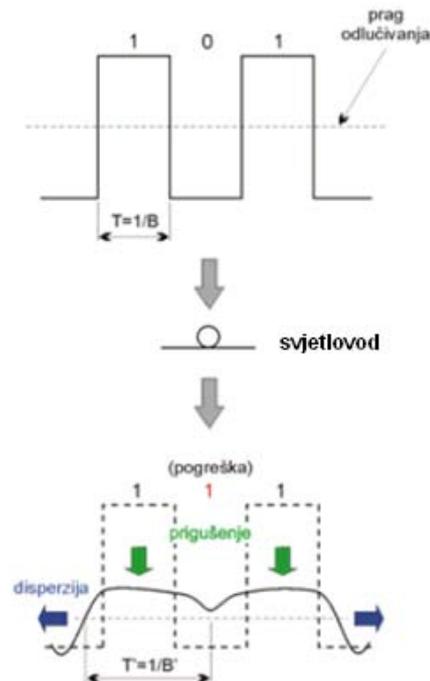
U tehnološka gušenja ubraja se i samo gušenje spoja, bilo da je varení spoj ili spoj ostvaren pomoću konektora. Varení spojevi imaju malo gušenje (< 0.05 dB). Spoj pomoću konektora koristi se na mjestima gdje se očekuju prespajanja (uređaji, rasklopni ormari) i gušenje takvog spoja ovisi o vrsti konektora (< 0.3 dB). Na slici 3 prikazani su uzroci gušenja u svjetlovodu.



Slika 3. Uzroci gušenja u svjetlovodu [4]

2.2. Disperzija

Disperzija je uz gušenje jedno od osnovnih ograničenja svjetlovoda. Očituje se kao proširenje i slabljenje signala. Prolaskom signala kroz svjetlovod dolazi do njegovog slabljenja i proširenja koje na prijamnoj strani rezultira pogrešnim očitanjem stvarnog poslanog slijeda bitova (slika 4.).



Slika 4. Učinci disperzije [4]

Osnovni uzroci disperzije poredani po iznosu proširenja signala ΔT :

- međumodalna disperzija
- kromatska disperzija
- polarizacijska disperzija

Disperzija također postavlja ograničenja na brzinu prijenosa i maksimalnu duljinu optičke veze.

$$\Delta T \leq \frac{T_0}{2}, \text{ odnosno } B_0 \leq \frac{1}{2\Delta T}, \quad (3)$$

gdje je ΔT proširenje signala, T_0 širina impulsa, a B_0 je brzina prijenosa.)

Međumodalna disperzija se još naziva i disperzija višestrukog puta, a očituje se pri prolazu zraka kroz svjetlovod pod različitim kutovima (npr. jedna zraka putuje aksijalno, a druga pod nekim kutem). Trebat će različito vrijeme da te dvije zrake dođu do prijarnika, pa će i brzina prijenosa ovisiti o razlici vremena putovanja pojedine zrake kroz svjetlovod.

Kromatska disperzija nastaje zbog ovisnosti grupne brzine o valnoj duljini. Kromatska disperzija se dijeli na materijalnu i valovodnu disperziju. Materijalna disperzija nastaje uslijed činjenice da indeks loma ovisi o valnoj duljini ($n = n(\lambda)$). Valovodna disperzija nastaje zbog činjenice da je koeficijent rasprostiranja β_z funkcija valne duljine ($\beta_z = \beta_z(\lambda)$).

Polarizacijska disperzija je najmanja od svih vrsta disperzije i zbog toga se često zanemaruje. Kod sustava s vrlo velikom brzinom prijenosa (10 Gb/s i više) ona postaje jedan od bitnih faktora ograničenja, pogotovo zato što se takvi sustavi projektiraju s malom ukupnom kromatskom disperzijom.

3. OPTIČKA POJAČALA

Većina optičkih pojačala pojačava upadnu svjetlost koristeći stimuliranu emisiju, isti princip kao i kod lasera. Doista, optičko pojačalo i nije ništa drugo već laser bez povratne veze, odnosno rezonatora. Najvažniji mu je parametar optičko pojačanje, koje nastaje kad se u pojačalo pumpa, dovodi snaga (bilo optički ili električki) kako bi se postigla inverzija populacije. Optičko pojačanje ne ovisi samo o frekvenciji (ili valnoj duljini) upadnog signala, već i o intenzitetu signala lokalne zrake u bilo kojoj točki pojačala. Tu ovisnost određuje medij unutar pojačala. Ovdje će se govoriti o pojačalu kao sustavu s dvije energetske razine i homogenim medijem. Koeficijent pojačanja takvog sustava se može napisati kao:

$$g(\omega) = \frac{g_0}{1 + (\omega - \omega_0)^2 T_2^2 + P/P_s}, \quad (4)$$

gdje je g_0 vršna vrijednost pojačanja, ω je optička frekvencija upadnog signala, ω_0 je prienosna frekvencija, a P je optička snaga signala koji se pojačava. Snaga zasićenja P_s ovisi o svojstvima medija u pojačalu. Parametar T_2 u jednadžbi se naziva dipolno vrijeme relaksacije i obično je vrlo maleno (< 1 ps). Vrijeme fluorescencije T_1 o kojem ovisi i snaga P_s još se naziva i vrijeme relaksacije populacije i varira između 100 ps i 10 ms, ovisno o mediju u pojačalu. Pomoću jednadžbe 4 mogu se odrediti širina pojasa pojačanja, faktor pojačanja i izlazna snaga u zasićenju.

3.1. Spektar pojačanja i širina pojasa

Promotrit će se režim rada u kojem pojačalo nije ušlo u područje zasićenja i za koji vrijedi $P/P_s \ll 1$ duž pojačala. Zanimajući izraz P/P_s u jednadžbi 4, koeficijent pojačanja postaje:

$$g(\omega) = \frac{g_0}{1 + (\omega - \omega_0)^2 T_2^2} \quad (5)$$

Jednadžba 5 pokazuje da se maksimum pojačanja postiže kad se frekvencija upadnog vala podudara s frekvencijom ω_0 . Smanjenje pojačanja za $\omega \neq \omega_0$ ravna se prema Lorentzovoj distribuciji koja je karakteristična za homogene sustave [1]. Širina pojasa pojačanja je definirana kao puna širina na polovici najveće vrijednosti spektra pojačanja $g(\omega)$. Za Lorentzov oblik spektralne linije širina pojasa je dana kao $\Delta\omega_g = 2/T_2$, odnosno kao:

$$\Delta\nu_g = \frac{\Delta\omega_g}{2\pi} = \frac{1}{\pi T_2} \quad (6)$$

Npr., $\Delta\nu_g \approx 5$ THz za poluvodička optička pojačala za koja je $T_2 \approx 60$ fs.

Pojačala s relativno velikom širinom pojasa se koriste u komunikacijskim sustavima jer je kod njih pojačanje približno jednako duž cijelog pojasa, čak i za višekanalne signale.

3.2. Šum pojačala

Sva pojačala pojačani signal degradiraju na vrijednost SNR (signal to noise ratio) zbog utjecaja spontane emisije koja tijekom pojačanja dodaje šum signalu. Odnos signal/šum (SNR) se izražava preko parametra F_n , koji se naziva faktor šuma pojačala, analogija s elektroničkim pojačalima.

$$F_n = \frac{(SNR)_{ul}}{(SNR)_{izl}}, \quad (7)$$

gdje se SNR odnosi na električnu snagu dobivenu kad je optički signal pretvoren u električnu struju.

$$(SNR)_{ul} = \frac{\langle I \rangle^2}{\sigma_s^2} = \frac{(RP_{ul})^2}{2q(RP_{ul})\Delta f} = \frac{P_{ul}}{2h\nu\Delta f} \quad (8)$$

$$(SNR)_{izl} = \frac{\langle I \rangle^2}{\sigma^2} = \frac{(RGP_{ul})^2}{\sigma^2} \approx \frac{GP_{ul}}{4S_{sp}\Delta f} \quad (9)$$

Iz ovih jednadžbi slijedi:

$$F_n = 2n_{sp}(G-1)/G \approx 2n_{sp}, \quad (10)$$

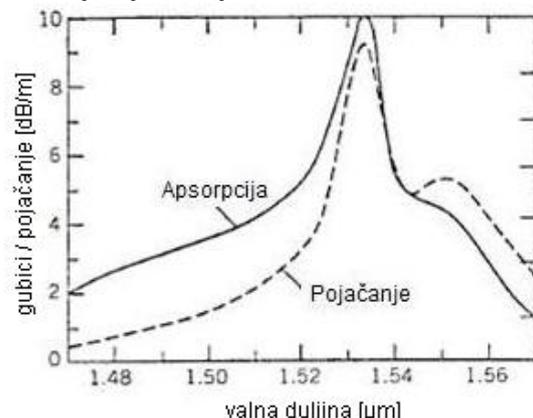
gdje je n_{sp} faktor spontane emisije i definira se kao:

$$n_{sp} = N_2 / (N_2 - N_1), \quad (11)$$

gdje su N_2 i N_1 gustoće stanja na pobuđenoj, odnosno osnovnoj energetske razine. Jednadžba 10 pokazuje jedno vrlo važno svojstvo optičkih pojačala, a to je da se SNR vrijednost pojačanog signala smanjuje za 3 dB, čak i za idealno pojačalo za koje je $n_{sp} = 1$. Za većinu praktičnih pojačala F_n može premašiti vrijednost 3dB i može iznositi od 6 do 8 dB [1]. Naravno, pri korištenju u optičkim komunikacijskim sustavima optička pojačala trebaju imati što manji F_n .

4. SVOJSTVA EDFA

EDFA se koristi u C i L frekvencijskim pojasevima, tj. na valnim duljinama od 1530-do 1565 nm, odnosno 1565-1625 nm. Dijagram ovisnosti apsorpcije i pojačanja o valnoj duljini dan je na slici 5.

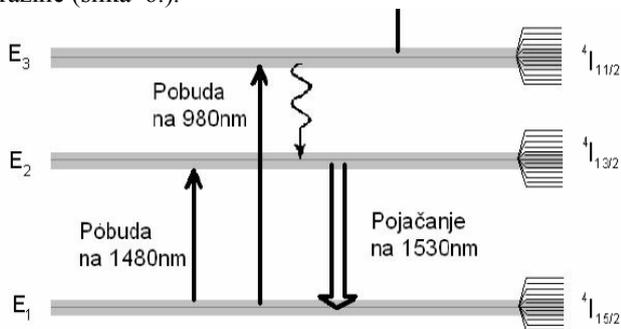


Slika 5. Ovisnost apsorpcije i pojačanja o valnoj duljini [4]

Bitan je odnos apsorpcije i pojačanja za pojedine valne duljine i vidljivo je kako je taj odnos optimalan upravo za područje valnih duljina oko 1,55 μm .

4.1. Zahtjevi na snagu pumpanja

Optimalna vrijednost dužine pojačala ovisi o snazi pumpanja, odnosno snazi koju je potrebno dovesti u sustav kako bi se atomi erbija pobudili na više energetske razine (slika 6.).



Slika 6. Izgled energetske razine erbija [4]

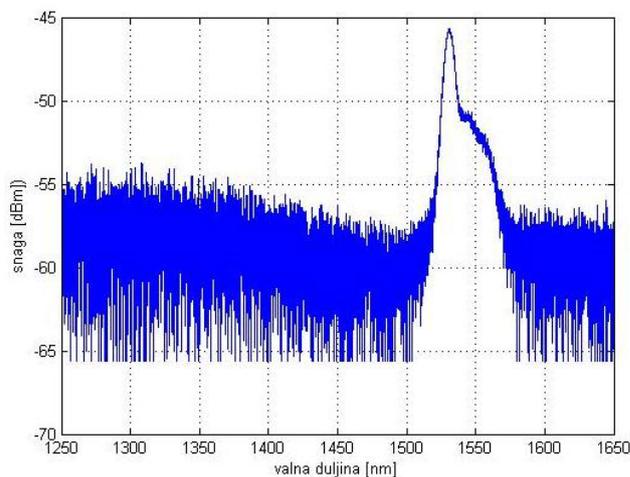
Pumpanje je moguće na dvije valne duljine, 980 nm i 1480 nm. U praksi, za pumpanje se koristi CW poluvodički laser, ali je signal u obliku niza impulsa (sadrži slučajne sekvence 1 i 0), a duljina trajanja pojedinog impulsa je obrnuto proporcionalna s brzinom prijenosa (bit rate). Kod EDFA pojačanje je konstantno tijekom vremena, pa čak i za impulse duljine 1 μs . To se događa zbog relativno velikog vremena fluorescencije povezanog s vremenom tijekom kojeg ioni erbija ostaju pobuđeni ($T_1 \sim 10$ ms). Kad su promjene signala puno kraće od vremena T_1 , ioni erbija ne mogu pratiti tako brze promjene. Kako su energije pojedinih impulsa tipično puno manje od energije zasićenja (~ 10 μJ), EDFA ima odziv na prosječnu vrijednost snage. Kao rezultat, pojačanje u zasićenju se ravna prema srednjoj snazi signala i pojačanje pojačala ne varira od impulsa do impulsa, čak ni za WDM signal.

4.2. Šum EDFA pojačala

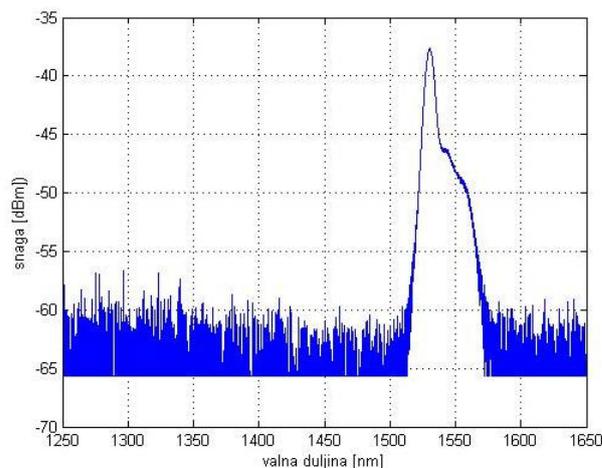
Faktor šuma F_n , $F_n = 2n_{sp}$ (jednadžba 3.1.9) osnovni je ograničavajući faktor pri izvedbi sustava i veličina. Faktor spontane emisije n_{sp} ovisi o relativnim populacijama N_1 i N_2 u osnovnim razinama i pobuđenim stanjima, i to kao $n_{sp} = N_2 / (N_2 - N_1)$. (jednadžba 3.1.10). Kako je rad EDFA baziran na energetskom dijagramu s tri razine, $N_1 \neq 0$ i $n_{sp} > 1$ očekuje se da je faktor šuma EDFA veći od idealne vrijednosti (3 dB). U obzir treba uzeti da se N_1 i N_2 mijenjaju duž svjetlovoda zbog njihove ovisnosti o snazi pumpanja i snazi signala; zbog toga n_{sp} treba usrednjiti duž pojačala. Kao rezultat dobije se faktor šuma ovisan i o dužini pojačala L i o snazi pumpanja P_p , te o pojačanju. Općenito, teško je istovremeno postići veliko pojačanje, nizak šum i visoku učinkovitost pumpanja. Jedno od ograničenja je i reflektirani signal koji putuje od kraja prema pumpi i utječe na snagu pumpanja. Ugradnja unutarnjeg izolatora ublažava ovaj problem. Relativno niska razina šuma EDFA čini ih idealnim izborom za realizaciju WDM

sustava (optički komunikacijski sustavi s multipleksiranjem po valnim duljinama).

Unatoč niskom šumu performanse optičkih sustava s velikim dužinama svjetlovoda, kada je potrebno koristiti višestruka EDFA, često su ograničene šumom pojačala. Šum pojačala također unosi vremensko podrhtavanje signala (*timing jitter*). Na sljedećim slikama prikazane su karakteristike šuma EDFA, za pumpanje na 980 nm uz snage pumpanja od 20 mW i 60 mW (slike 7. i 8.).

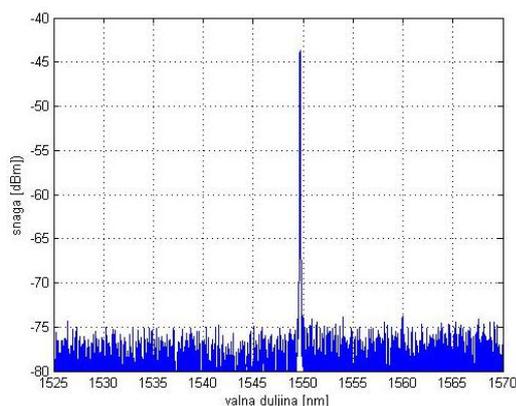


Slika 7. Šum EDFA uz snagu pumpanja 20mW

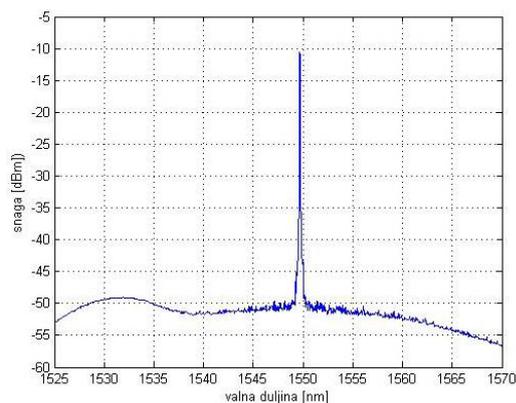


Slika 8. Šum EDFA uz snagu pumpanja 60mW

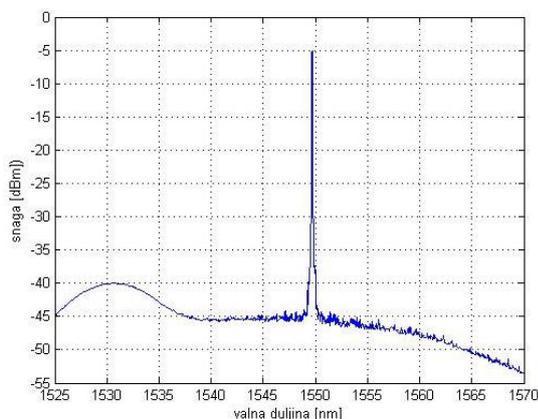
Osim karakteristike šuma, također su snimljene karakteristike pojačanja EDFA. Prvo je snimljen sam signal, generiran iz lasera valne duljine 1550 nm (slika 4.7.), a potom se u krug uključila i poluvodička laserska dioda koju smo koristili za pumpanje na valnoj duljini od 980 nm i to za različite snage pumpanja: 20 mW (uz gušenje na atenuatoru -10 dBm), 60 mW i 100 mW (uz gušenje na atenuatoru -20 dBm).



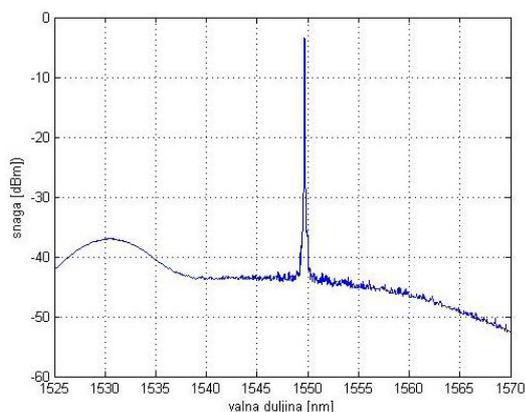
Slika 9. Signal na 1550 nm



Slika 10. Signal na 1550 nm uz snagu pumpanja 20mW



Slika 11. Signal na 1550 nm uz snagu pumpanja 60mW



Slika 12. Signal na 1550 nm uz snagu pumpanja 100mW

Na prethodnim slikama je vidljivo kako se povećanjem snage pumpanja dolazi u područje zasićenja. Tako već za snagu pumpanja veću od 60 mW imamo malu promjenu pojačanja signala s promjenom snage pumpanja, što se dobro vidi na slici 4.9., kod snage pumpanja 100 mW.

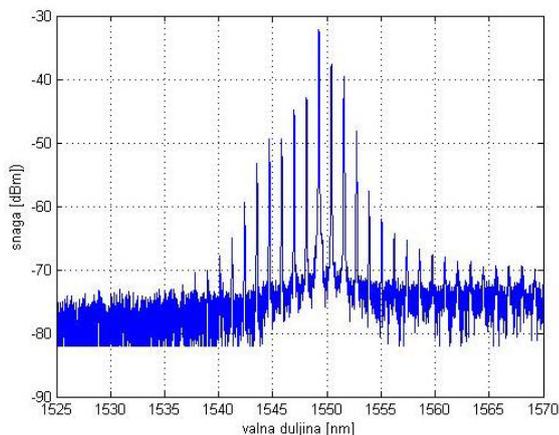
4.3. Višekanalno pojačavanje

Širina pojasa EDFA je dovoljno velika da se mogu koristiti u WDM sustavima. Ostvareno pojačanje je polarizacijski neosjetljivo. Također, međukanalno preslušavanje zbog modulacije gustoće nosioca, koje se javlja kod poluvodičkih optičkih pojačala (SOA), kod EDFA se ne javlja. Razlog je relativno velika vrijednost života nosioca (oko 10 ms), dok je to vrijeme kod SOA <1 ns. Spor odziv EDFA uzrok je nemogućnosti modulacije pojačanja na frekvencijama većim od 10 kHz. Drugi uzrok međukanalnog preslušavanja je odlazak pojačala u zasićenje zbog međukanalnih smetnji. Do njega dolazi zbog toga jer pojačanje pojedinog kanala ulazi u zasićenje, što zbog svoje vlastite snage (samozasićenje), i zbog snage signala susjednih kanala. Ovakva vrsta preslušavanja je prisutna u svim optičkim pojačalima, uključujući i EDFA. Može se izbjeći radom pojačala izvan područja zasićenja.

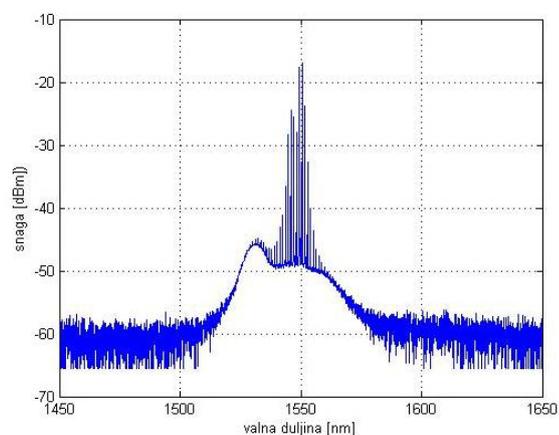
Glavno praktično ograničenje EDFA je nepostojanje spektralne uniformnosti pojačanja pojačala. Iako je spektar pojačanja EDFA relativno širok, što je vidljivo na slici 4.1., pojačanje je daleko od uniformnog, odnosno ravnog duž širokog raspona valnih duljina. Kao rezultat, različiti kanali WDM signala se različito pojačavaju. Ovaj problem naročito dolazi do izražaja u komunikacijskim sustavima za veće udaljenosti kod kojih imamo kaskade EDFA. Razlog je u tome što male oscilacije u pojačanju za pojedine kanale rastu eksponencijalno kroz kaskadu ulaznih pojačala, ako je spektar pojačanja jednak za sva pojačala u kaskadi. Čak i razlike od samo 0.2 dB mogu narasti do 20 dB za kaskadu od 100 pojačala, uzrokujući promjene snage signala s faktorom 100, što je u praksi

neprihvatljivo. Za približno jednako pojačanje svih kanala potrebno je sve kanale skupiti oko jednog od vrhova u spektru pojačanja EDFA. U jednostavnijem pristupu, ulazne snage različitih kanala se podešavaju tako da se smanje promjene snage na prijammiku na neku prihvatljivu razinu. Ovakav način je prihvatljiv za sustave s manjim brojem kanala, dok je neprikladan za WDM sustave s velikim brojem kanala. Čitava širina pojasa od 35 do 40 nm se može koristiti ako se uspije postići ravna karakteristika pojačanja. To se postiže korištenjem optičkog filtra čiji transmisijski gubici približno odgovaraju karakteristikama pojačanja (veliki u području velikog pojačanja, a mali u području niskog pojačanja) i koji se umeće nakon dopiranog dijela svjetlovoda. Korištenjem optičkog filtra izlazna snaga će postati konstantna za sve kanale. Mjesto na koje se umeće filter je također vrlo bitno. Ako se filter umetne prije pojačala, povećat će se šum, a stavljajući ga iza pojačala smanjit će se izlazna snaga.

Na slici 13. prikazan je višekanalni signal dobiven iz Fabry-Perot lasera, koji ima više rezonantnih modova, a koji su u našem slučaju predstavljali više kanala.

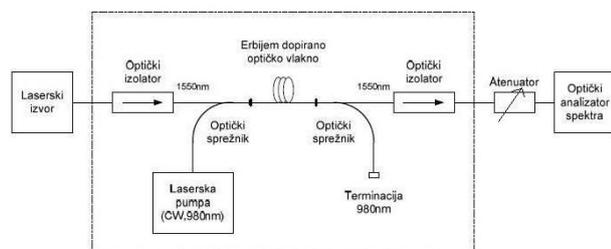


Slika 13. Višekanalni signal



Slika 14. Višekanalni signal uz snagu pumpanja 20mW

Vidljivo je da se EDFA koristi u dijelu karakteristike u kojem ima relativno konstantno pojačanje na koju je superponiran višekanalni signal. Slika 4.12. ne pokazuje stvarnu vrijednost pojačanja EDFA. Tijekom mjerenja (prema slici 4.13.) signal iz lasera je bio prigušen 15 dBm, a samo gušenje sustava u kojem se nalazilo EDFA je iznosilo oko 13 dBm, dok je na promjenjivom atenuatoru bilo postavljeno gušenje od 5 dBm. Stvarno pojačanje EDFA bismo dobili kad bi mjerili signal na izlazu bez prisustva EDFA u krugu, a potom ponovno s EDFA prisutnim u krugu.



Slika 15. Shema sustava za mjerenje karakteristika EDFA

5. ZAKLJUČAK

Erbijem dopirano svjetlovodno pojačalo (EDFA) je pojačalo koje omogućava direktno pojačanje optičkog signala, tj. nema potrebe da se optički signal prvo pretvori u električni. Time se pojednostavljuje izvedba komunikacijskog sustava, a postiže se i velika ušteda.

EDFA se koristi u C i L frekvencijskim pojasevima, tj. na valnim duljinama od 1530 do 1565 nm, odnosno 1565-1625 nm.

Širina pojasa EDFA je dovoljno velika da se mogu koristiti u WDM sustavima. Glavno praktično ograničenje EDFA je nepostojanje spektralne uniformnosti pojačanja pojačala. Iako je spektar pojačanja EDFA relativno širok, pojačanje je daleko od uniformnog, odnosno ravnog duž širokog raspona valnih duljina. Rezultat je taj da se različiti kanali WDM signala različito pojačavaju. Ovaj problem naročito dolazi do izražaja u komunikacijskim sustavima na veće udaljenosti, kod kojih imamo kaskade EDFA. Osnovne prednosti primjene EDFA su kompenziranje prigušenja optičkog vlakna, veliki frekvencijski pojas (~30 nm) i mogućnost istovremenog pojačavanja više kanala. To je pridonijelo naglom razvoju WDM sustava i optičkih komunikacija u cjelini.

6. LITERATURA

- [1] Govind P. Agrawal, Fiber-Optic Communications Systems, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2002.
- [2] T. G. Hodgkinson, R. A. Harmon, and D. W. Smith, Electron. Lett. 23, 513 (2009).
- [3] M. Bass, E. W. Van Stryland, Optical Society of America, McGraw-Hill Prof Med/Tech, 2002.
- [4] Predavanja iz predmeta Tehnologija optičkih komunikacija, Z.Šipuš, M. Bosiljevac, T. Komljenović, FER.

Kontakt:

Dalibor Purković, mag.ing.eit.
Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Trg Eugena Kvaternika 4,
43000 Bjelovar
tel. 043/241-185
mail: dpurkovic@vtsbj.hr

ATSC SUSTAV ZA RADIODIFUZIJU DIGITALNOG TELEVIZIJSKOG SIGNALA

ATSC SYSTEM FOR BROADCASTING THE DIGITAL TELEVISION SIGNAL

Dominović A.¹, Matković D.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Cilj ovoga rada je približiti američki sustav digitalne televizije koji je sličan europskoj normi, ali je modulacijski postupak i tehnologija u prijenosu potpuno različita. Prikazana je ATSC norma i njeni glavni dijelovi. Detaljno je opisan rad 8-VSB modulatora koji je glavni dio čitavoga sistema.

U radu su iznesena mišljenja stručnjaka koji su upućeni u ATSC sustav te je spomenut njegov daljnji razvoj.

Ključne riječi: digitalna televizija, ATSC, 8-VSB, prijammnik

Abstract: The aim of this paper is to present American system of digital television, which is similar to European standards in some areas but modulation process and technology for RF/transmission system are completely different. It is given the review of ATSC Standards and its major components. The paper describes the work of 8-VSB modulator, which is the main part of the whole system.

This paper summarizes the opinions of experts who are familiar with the ATSC system and the further future development of ATSC system.

Key words: digital television, ATSC, 8-VSB, receiver

1. UVOD

Posljednjih dvadeset godina dolazi do usvajanja novih normi i uvođenja digitalne televizije te gašenja analognog signala. Digitalna televizija je jako širok pojam i obuhvaća sve postupke od nastanka digitalne slike i zvuka, njihove obrade, kompresije, od prijenosa do isporuke korisniku. Digitalna televizija predstavlja sasvim novu tehnologiju u proizvodnji i emitiranju radijskog i televizijskog programa. Postoji nekoliko normi koje se upotrebljavaju u digitalnoj televiziji, a preporuča Međunarodna unija za telekomunikacije (ITU). Sve norme imaju svoje specifičnosti koje ih razlikuju od drugih normi. Kod nekih je to modulacija, kod drugih rezolucija koja se koristi, a možda i kanalno zaštitno kodiranje itd. Digitalni način emitiranja audio i videosignala otvorio je potpuno nove prostore za radiodifuziju i omogućio je integraciju više različitih servisa koji nisu prije postojali kod televizijskih normi.

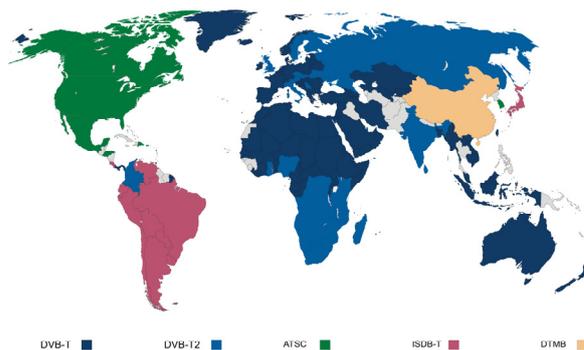
Cilj ovoga rada je prikazati američki sustav digitalne televizije.

2. DIGITALNA TELEVIZIJA

Digitalna zemaljska televizija (DTT – Digital Terrestrial Television) je digitalna tehnologija koja se odnosi na slanje i primanje video i audioinformacija putem digitalno moduliranih signala. Ona omogućuje veći broj kanala, bolju sliku i zvuk u istom frekvencijskom pojasu od analogne televizije.

Digitalna televizija također pruža različite interaktivne informacijske usluge kao što su programski vodiči (EPG), višekanalni zvuk, TV prodaja i igre.

Postoji nekoliko digitalnih televizijskih normi koje su razvijene i uvedene u upotrebu u različitim zemljama: ATSC u Sjevernoj Americi i Južnoj Koreji, DVB-T u Europi i većini zemalja Azije, Afrike te Australiji i Novom Zelandu, ISDB-T u Japanu i Brazilu, DMBT u Kini.



Slika 1. DTT norme

3. ATSC NORMA

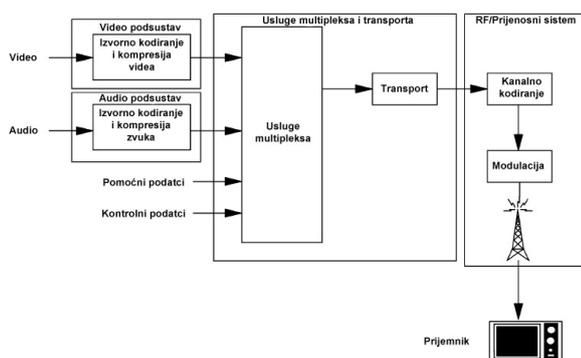
ATSC normu razvio je u ranim 90-im godinama prošlog stoljeća Grand Alliance, konzorcij koji su činile velike elektroničke i telekomunikacijske tvrtke te tehničko sveučilište MIT. Oni su se udružili kako bi razvili skup specifikacija za ono što je danas poznato kao HDTV (Televizija visoke kvalitete). ATSC formati također uključuju i formate standardne rezolucije, iako je

inicijalno trebalo da se pokrene samo HDTV usluga u digitalnom formatu.

ATSC norme označavaju se kao A/xx (xx je broj norme) i mogu se preuzeti besplatno s ATSC-ove internetske stranice na ATSC.org. ATSC norma A/53 sadrži sustav koji je razvio Grand Alliance (objavljena 1995. Godine), a normu je usvojila Federalna komisija za komunikacije (FCC) u Sjedinjenim Američkim Državama 1996. godine. Izmijenjena je u 2009. godini. ATSC norma A/72 odobrena je 2008. godine, a uvodi H.264/AVC video kodiranje za ATSC sustav.

U digitalnim komunikacijama, prema ATSC normi, dva su imena koja je važno zapamtiti kada se razmišlja o kompletnom DTV sustavu: 8-VSB i MPEG-2. 8-VSB je RF modulacijski postupak, a MPEG-2 je videoformat za komprimiranje. Za pretvorbu studijskog sadržaja visoke kvalitete u oblik pogodan za emitiranje putem odašiljača, prema DTV normama potrebne su dvije faze obrade: MPEG-2 kodiranje i 8-VSB modulator.

Osnovni blok dijagram ATSC DTV sustava emitiranja prikazan je na slici 2. Sastoji se od sljedećih podsustava: kodiranja i komprimiranja podataka, usluge multipleksa i transporta, prijenosa 8-VSB RF signala i 8-VSB prijammika.



Slika 2. Osnovni blok dijagram DTV sustava

4. BLOK DIJAGRAM ATSC DTV SUSTAVA

Osnovni blok dijagram koji predstavlja ATSC DTV sustav prikazan je na slici 2. On je baziran na prikazu koji je usvojila (ITU-R) međunarodna agencija za normizaciju iz područja radiokomunikacija (International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector, Task Group 11/3). Prema ovome modelu, digitalni televizijski sustav sadrži četiri važna elementa, tri služe za obradu i emitiranje signala te prijemnik potrošača.

4.1. Izvorni videoformati

Izvorni formati za ATSC normu odabrani su pažljivo da bi što više odgovarali karakteristikama filma: širok format slike i 24 slike u sekundi (24 fps), prikaz na računalnim zaslonima (kvadratni pikseli i progresivno skeniranje) i naslijeđenog televizijskog sustava (480 linija i ITU-R BT.601 preporuka), kao što je prikazano u tablici 1.

Tablica 1. Videoformati definirani ATSC normom

Vertikalni broj elemenata slike	Broj piksela jedne linije	Omjer slike	Izmjene slike
1080	1920	16:9	60 analiziranje s proredom 30 progresivno analiziranje 24 progresivno analiziranje
720	1280	16:9	60 progresivno analiziranje 30 progresivno analiziranje 24 progresivno analiziranje
480	704	4:3 i 16:9	60 progresivno analiziranje 60 analiziranje s proredom 30 progresivno analiziranje 24 progresivno analiziranje
480	640	4:3	60 progresivno analiziranje 60 analiziranje s proredom 30 progresivno analiziranje 24 progresivno analiziranje

4.2. Video i audio sustavi

Video i audiosustavi (slika 2.) odnose se na postupke smanjenja brzine prijenosa podataka videa, audia i pomoćnih digitalnih tokova podataka. Svrha kompresije je smanjiti broj bitova potrebnih za prezentaciju zvučnih i videoinformacija na razinu na kojoj bi se mogli prenositi u dostupnom pojasnom području. ATSC norma koristi MPEG-2 koder (osnovni i vršni profil) za kodiranje videa te ATSC standard AC-3 (Dolby Digital) za kodiranje zvuka. ATSC DTV norma definira videoformate za HDTV i SDTV (tablica 1.). ATSC prijammici rađeni su tako da mogu dekodirati HDTV i SDTV sadržaj pružajući sve dostupne programske servise s maksimalnom fleksibilnošću.

Pojam pomoćni podaci (ancillary data) potječe iz originalne A/53 norme i to je opći pojam koji uključuje kontrolne podatke i dopunske podatke, uključujući i podatke povezane s programskim audio i videopodacima. Iako je norma razvijena da definira transport i obradu podataka, ubrzo se uvidjelo da različiti formati podataka služe različitim svrhama i da su potrebne različite norme za metapodatke i druge dijelove ATSC norme. Podaci dostavljeni kao odvojeni dijelovi mogu pružiti neovisne servise, ali i podatkovne elemente vezane uz video i audioservise kao što je dodatni zvuk.

4.3. Usluge multipleksa i transporta

Usluge multipleksa i transporta (slika 2.) odnose se na dijeljenje svakog toka podataka u "pakete" informacija, sredstva za jedinstvenu identifikaciju svakog paketa uključujući i vrstu paketa, prikladne metode isprepletanja i multipleksiranja video, audio i pomoćnih paketa podatkovnih tokova u jedan jedinstven transportni tok podataka. Bit strukture i odnosa tokova podataka (bitstreams) prenosi se u toku podataka servisnih informacija, koje se također multipleksiraju u jedan transportni tok podataka. U razvoju transportnog toka podataka glavni cilj je bio međuoperabilnost između

digitalnih medija kao što su zemaljska digitalna televizija, kabelaška i satelitska distribucija, mediji za pohranu podataka i računalna sučelja. ATSC sustav koristi MPEG-2 prijenosni tok za paketizaciju i multipleksiranje video, audio i pomoćnih signala za digitalno emitiranje. MPEG-2 prijenosni tok razvijen je za primjenu gdje su kapacitet kanala i medij za pohranu ograničeni i zahtjev za učinkovit transportni tok podataka je najvažniji. Također pruža ključne vremenske (timing information) informacije prijammniku da može izvršiti sinkronizaciju video i audiopodataka.

4.4. RF prijenosni sustav

RF prijenosni sustav prikazan na slici 2. odnosi se na kanalno kodiranje i modulaciju. Kanalni koder uzima paketizirane digitalne tokove podataka, obrađuje ih i dodaje dodatne informacije koje pomažu prijammniku pri izdvajanju originalnih podataka primljenog signala, koji prilikom smetnji u prijenosu mogu sadržavati greške. Kako bi se zaštitili od smetnji koje oštećuju cijeli niz podatka i nasumičnih grešaka, paketi podataka isprepliću se prije prijenosa te se dodaje Reed-Solomon kanalno zaštitno kodiranje (FEC). Modulacija koristi digitalne informacije tokova podataka (bitstream) za modulaciju za prijenosnog signala. Osnovni modulacijski sustav nudi dva načina:

- 8-VSB za zemaljsko emitiranje
- 16-VSB namijenjen za kabelašku distribuciju

8-VSB rađen je za spektralnu iskoristivost, iskorištavajući maksimalno protok podataka s niskim pragom odnosa nositelj-šum (carrier-to-noise C/N) na mjestu prijama, visoku otpornost na dva ista kanala, smetnje susjednog kanala i visoku robusnost na pogreške u prijenosu. Ova svojstva 8-VSB dopuštaju DTV kanalu postojanje u okruženju prepunog spektra koji sadrži i analogne i digitalne televizijske signale. Osim toga, zahtjev za manjom energijom (obično 12 dB niže nego analogni NTSC) 8-VSB omogućava ATSC DTV postajama rad na kanalima gdje analogne postaje ne mogu raditi zbog smetnji. Spektralna učinkovitost i potrebna snaga karakteristike su kod 8-VSB bile ključne prilikom prelaska zemaljskog emitiranja iz analognog u digitalno zbog toga jer se nije dodjeljivao novi spektar za vrijeme prijelazne faze.

Poboljšani 8-VSB (Enhanced-VSB) način rada uključuje prijenos signala koji je kompatibilan unutar standardnog 8-VSB toka simbola koji se može primiti s nižim odnosom nositelj-šum od konvencionalnog 8-VSB. E-VSB način omogućava TV postajama da žrtvuju dio svojih podatkovnih kapaciteta (lošija slika) za dodatnu robusnost signala. Prilikom E-VSB prijenosa dio od približno 19.4 Mb/s podataka namijenjen je robusnom načinu, a dio je dodijeljen normalnom 8-VSB načinu. Međutim, količina prijenosa podataka kod krajnjeg korisnika smanjena je za robusni način zato što je dio podataka zamijenjen za dodatno kanalno zaštitno kodiranje (FEC) za ispravljanje pogrešaka koje se javljaju prilikom prijama signala u slabijim uvjetima (rezultat je poboljšanje od 6 dB).

4.5. Prijammnik

ATSC prijammnik obnavlja bitove koji predstavljaju originalne video, audio i druge podatke iz moduliranog signala. Konkretno, prijammnik obavlja sljedeće:

- traži odabrani 6 MHz kanal
- odbacuje susjedne kanale i druge izvore smetnji
- demodulira dobiveni signal primjenom kanalnog kodiranja za izradu prijenosnog toka
- identificira elemente podatkovnog toka pomoću transportne slojevite obrade
- odabire svaki željeni element i šalje ga na odgovarajuću obradu
- dekodira i sinkronizira svaki element
- obavlja pojedinačnu video, audio i podatkovnu obradu
- prezentira program na odgovarajući video i audio-pretvarač

Šum, smetnje i višestaznost su elementi vezani uz zemaljski prijenos za koje su sklopovi prijammnika projektirani da se nose s njima. Inovacije u izjednačavanju (equalization), kontrola automatskog dobitka, poništavanje smetnji, nositelji i vrijeme oporavka poboljšavaju prijam signala i stvaraju nove odlike proizvoda. Zapravo, današnji ATSC prijammnici pokazali su znatan napredak u kvaliteti prijama u odnosu na kvalitetu kod početnih prijammnika. Dekodiranje transportnih elementa koji čine program podrazumijeva da je potrebno jednostavno primijeniti MPEG i AC-3 specifikacije, iako su značajne inovacije moguće na polju efikasnosti sklopova ili postojeće potrošnje energije. Inovacije u video dekodiranju pružaju mogućnost za uštedu u memoriji, brzini i složenosti sklopova. Odlike proizvoda temeljene na kvaliteti slike također su raširene, a proizlaze iz inovacija u prikriivanju pogrešaka, pretvorbi formata, percepciji obrade slike i specifičnostima vezanim uz prikaz slike na ekranu. Korisnička sučelja i usluge temeljene na novim podacima važni su za odlike proizvoda.

5. PRIJENOS PODATAKA I INTERAKTIVNE MOGUĆNOSTI

Primjena digitalne televizije otvara nove granice u komunikaciji. Otvara put korištenju novih aplikacija koje izlaze izvan okvira emitiranja programa standardne televizije, s mogućnosti velikog tržišno-komercijalnog značaja.

Da bi se iskoristile nove mogućnosti aplikacija za prijenos podataka, ATSC je razvio paket standarda za prijenos podataka (data broadcast) (dokumenti A/90 – A/97) kako bi se omogućila široka paleta podatkovnih usluga koje mogu biti povezane s jednim ili više programa koji se emitiraju ili mogu biti samostalne usluge. To su aplikacije u rasponu od prijenosa zvuka ili slike do usluge tekstualnih servisa za dostavu osobnih podataka. Prijammnici za prijenos podataka mogu obuhvaćati osobna računala, televizijske prijammnike, samostalne prijammnike ili druge uređaje. Aplikacije za prijenos podataka usmjerene prema potrošačima mogu se podijeliti prema stupnju

povezanosti s glavnim videoprogramom, tj. prema sljedećem:

- Blisko povezani podaci (Tightly coupled data) namijenjeni da poboljšaju TV program u stvarnom vremenu. Gledatelj mijenja TV programe i simultano prima podatke s pojašnjenjima zajedno s njima.
- Slabo povezani ili neobavezni podaci (Loosely coupled data) odnose se na program, ali nisu blisko vremenski sinkronizirani s njime. Npr., obrazovni program može poslati dodatne materijale za čitanje ili kviz znanja unutar emitiranog programa.
- Nepovezani podaci (Noncoupled data) obično se nalaze u zasebnim "podatkovnim" virtualnim kanalima. Oni mogu biti namijenjeni za pregledavanje uživo, a to mogu biti naslovne vijesti, sportski rezultati ili burzovne usluge 24 sata dnevno.

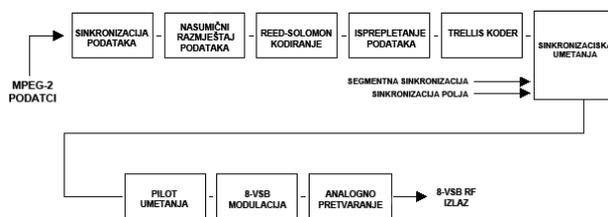
- Napredna zajednička aplikacijska platforma (Advanced Common Application Platform – ACAP): ACAP standard (dokumenat A/101) je platforma za interaktivne televizijske usluge. ACAP prikazuje interaktivni programski sadržaj koji se prikazuje na samostalnoj platformi, na tzv. zajedničkom prijammiku. Zajednički prijammik sadrži definiranu arhitekturu, modele izvođenja, sintakse i sematiku.

Pojam interaktivne televizije (ITV) je širok i obuhvaća širok niz aplikacija uključujući:

- prilagođene vijesti, vremensku prognozu i promet
- burzovne podatke, uključujući podatke u stvarnom vremenu investicijskih portfelja
- sportske rezultate i statističke podatke prema selektivnom odabiru korisnika
- igre povezane s programom
- video na zahtjev (Video on demand – VOD)

6. 8-VSB MODULATOR

8-VSB je RF modulacijski postupak korišten u DTV(ATSC) digitalnoj televizijskoj normi za prenošenje digitalnih bitova putem elektromagnetskih valova do korisnika. Budući da bilo koji zemaljski televizijski sustav mora prevladati brojne smetnje u kanalu i njihov utjecaj na izobličenje korisnog signala, kao što su zamucenje slike, dvostruka slika, šum signala, gubljenje signala da bi stigao do doma gledatelja, izbor pravog RF modulatora je vrlo važan. Na 8-VSB se temelji ATSC norma, a jedna od glavnih prednosti mu je veliki propusni opseg koji je potreban za prijenos HDTV (televizije visoke kvalitete) programa. Nedostatak mu je smanjena sposobnost da potpuno ukloni efekte višestaznosti koji dolaze do izražaja u urbaniziranim sredinama s visokim građevinama. Slika 3. pokazuje blok dijagram tipičnog 8-VSB pobudnog stupnja.



Slika 3. Blok dijagram 8-VSB pobudnog stupnja

6.1. Sinkronizacija podataka

Prvo što radi 8-VSB pobudni stupanj kod primanja MPEG-2 paketa podataka je sinkronizacija vlastitih unutarnjih sklopova prema dolazećem signalu. Prije nego što se dogodi bilo koja obrada signala, 8-VSB pobudni stupanj mora točno identificirati početak i kraj svakog MPEG-2 paketa podataka. Ovo se ostvaruje upotrebom MPEG-2 sinkronizacijskog bajta. MPEG-2 paketi su veličine 188 bajta s prvim bajtom u svakom paketu koji je uvijek sinkronizacijski. U daljnjoj obradi MPEG-2 sinkronizacijski bajt se odbacuje te će se zamijeniti ATSC segmentnom sinkronizacijom u kasnijoj fazi obrade.

6.2. Nasumični razmještaj podataka

S izuzetkom sinkronizacije segmenata i polja, 8-VSB *bit stream* mora imati privid nasumičnog prirodnog šuma. To je zbog toga jer odašiljački signal određene frekvencije mora imati spektar s jednolikom razdiobom energije da bi mogao koristiti dodijeljeni kanalni prostor uz najveću učinkovitost. Ako podaci sadrže obrasce ponavljanja, ponavljajući ritam tih obrazaca uzrokovat će da se RF energija emitiranog signala koncentrira u određenim diskretnim područjima frekvencijskog spektra ostavljajući rupu na drugim frekvencijama. To podrazumijeva da će određeni dijelovi 6 MHz kanala biti prekomjerno iskorišteni, dok će drugi biti neiskorišteni. U nasumičnom razmještaju svaki bajt vrijednosti se mijenja u skladu s poznatim obrascem pseudo nasumičnim generatorom brojeva. Ovaj proces je obrnut u prijammiku kako bi se podaci povratili prema određenom redoslijedu.

6.3. Reed-Solomon kodiranje

Reed-Solomon kodiranje je kanalno zaštitno kodiranje (FEC) primijenjeno na blok dolaznog toka podataka. Kanalno zaštitno kodiranje toka podataka (Forward Error Correction) je opći termin koji se koristi za opisivanje različitih tehnika koje se mogu koristiti za ispravljanje pogrešaka koje se mogu dogoditi tijekom odašiljanja podataka. Atmosferski šumovi, višestazno širenje radiovala, slabljenje signala i nelinearnost odašiljača sve to može izazvati greške u bitovima. Kanalno zaštitno kodiranje može otkriti i ispraviti te pogreške, ali u određenim granicama.

Reed-Solomon koder uzima svih 187 bajtova dolaznog MPEG-2 paketa podataka (bajt sinkronizacijskog paketa je uklonjen) i matematički njima manipulira kao blokom da stvori neku vrstu "digitalnih minijaturnih skica"

sadržaja bloka. Ta skica zauzima dodatnih 20 bajtova koji su potom stavljeni na kraj izvornog 187 bajtnog paketa. Tih 20 bajtova poznati su i kao *Reed-Solomon* paritetni bajtovi.

Prijamnik će usporediti primljeni blok od 187 bajtova sa 20 paritetnih bajtova da ustvrdi ispravnost primljenih podataka. Ako su pogreške otkrivene, prijamnik može koristiti paritetne bajtove da točno locira mjesta pogrešaka, da mijenja oštećene bajtove i rekonstruira izvorne podatke. Do 10 bajtova pogreški po paketu mogu se korigirati. Ako postoji više pogrešaka bajtova u određenom paketu, paritetne "minijaturne skice" više ne nalikuju na primljeni blok podataka pa se ispravnost podataka više ne može provjeriti i pogreške ispraviti, a cijeli MPEG-2 paket mora biti odbačen.

6.4. Ispreplitanje podataka

Ispreplitanje podataka ispremešta sekvencijalni redosljed protoka podataka i raspršuje podatke MPEG-2 paketa na vremenske periode u rasponu oko 4.5 ms uz korištenje međusprenjnika memorije, u cilju smanjenja osjetljivosti emitiranog signala na vrstu smetnji kojom se stvaraju pogreške u zahvaćenim nizovima bajtova. Sklop za ispreplitanje toka bajtova tada sastavlja nove pakete podataka s uključivanjem dijelova bajtova iz raznih drugih MPEG-2 paketa. Ti novi rekonstruirani paketi podataka su iste dužine kao i izvorni MPEG-2 paketi: 207 bajtova (nakon *Reed-Solomon* kodiranja).

6.5. Trellis koder

Trellis koder je još jedan oblik kanalnog zaštitnog kodiranja. Za razliku od *Reed-Solomon* kodiranja, koji cijeli MPEG-2 paket tretira istovremeno kao blok, *Trellis kodiranje* razvija kod kroz praćenje toka bitova što se razvija kroz vrijeme. Prema tome, *Reed-Solomon kodiranje* je poznato kao kodiranje bloka podataka, dok je *Trellis kodiranje* konvolucijski kod.

Za *Trellis kodiranje* svaki 8-bitni bajt je podijeljen u četiri toka, 2-bitne riječi. U *Trellis koderu* svaka 2-bitna riječ koja stigne je u odnosu na predhodnu 2-bitnu riječ, 3-bitni kod je matematički generiran za opisivanje prijelaza iz predhodne 2-bitne riječi u trenutku 1. Ti 3-bitni kodovi su zamjene za orginalne 2-bitne riječi i prenose se unutar linijskog televizijskog signala kao simboli na osam razina od 8-VSB (3 bita = $2^3 = 8$ kombinacija ili razina). Za svaka dva bita koji uđu u *Trellis koder*, tri bita izađu van. Iz toga razloga za 8-VSB sistem kaže se da je 2/3 prijenosni koder.

Trellis koder u prijamniku koristi primljene 3-bitne prijelazne kodove da obnovi razvoj toka podataka iz jedne 2-bitne riječi na sljedeću. Na ovaj način *Trellis koder* slijedi "trag" kako se signal pomiče od jedne riječi prema drugoj kroz vrijeme. Snaga *Trellis koder* je u njegovoj sposobnosti da prati povijest signala kroz vrijeme i odbaci potencijalno pogrešne informacije (pogreške) na temelju prošlih signala i trenutno pristiglih.

6.6. Sinkronizacija i pilot signali

Sljedeći korak u lancu obrade signala je umetanje pomoćnih signala koji pomažu 8-VSB prijamniku u točnom lociranju i demoduliranju emitiranog RF signala. To su ATSC pilot, segmentna sinkronizacija i sinkronizacija polja. Pilot i sinkronizacijski signali se umeću nakon nasumičnog kodiranja i kanalnog zaštitnog kodiranja (FEC) da se ne bi uništila određena vremena i amplitudni odnosi koje ti signali moraju posjedovati kako bi bili učinkoviti.

Oporavak vremenskog signala da bi se dekodirao primljeni valni oblik oduvijek je bio zahtijevan zadatak u digitalnim RF komunikacijama. Podaci moraju biti uzorkovani pomoću takta u prijamniku da bi se točno mogli slijediti i dekodirati. Prijamnik ima svoj vlastiti takt koji se sinkronizira pomoću segmentne sinkronizacije. Taj takt "govori" prijamniku kada može očekivati sljedeći *Trellis broj*. U točno određenom vremenu amplituda emitiranog signala se uzorkuje i uspoređuje prema osam mogućih vrijednosti. Najbliži broj prolazi prema *Trellis* dekeru koji koristi tri primljena bita i kreira iz njih originalna dva bita stvarnih podataka. Najvažniji je proračun točnog vremena uzorkovanja zato što se svake sekunde prenese 10,760,000 *Trellis brojeva*, i bez točnog uzorkovanja vladao bi potpuni kaos. U prijamniku se takt generira iz točno primljenih podataka. Rezultat takta sustava brzo se "ruši" kada šum ili razina interferencije raste do točke kada se zaprimi značajna količina pogrešaka.

Prvi pomoćni signal je ATSC pilot. Neposredno prije modulacije mali DC pomak se primjenjuje na 8-VSB osnovni signal koji je prethodno bio na 0 volti bez istosmjerne komponente. To uzrokuje da se pojavi mali ostatak nositelja na nultoj točki frekvencije proizvedenog spektra modulacije. To je ATSC pilot. On omogućava 8-VSB prijamniku "da se zakači" na nešto neovisno od podataka koji se prenose.

Ostali pomoćni signali su ATSC segment i polje sinkronizacije. ATSC segment podataka sastoji se od 207 bitova umetnutih paketa podataka. Nakon *Trellis kodiranja*, segment od 207 bajtova smješten je u osnovni pojas od 828 simbola na 8 razina signala. ATSC sinkronizacijski segment od 4 impulsna simbola dodaje se na početak svakog segmenta podataka i zamjenjuje prvi bajt izvornog (sinkronizacijskog) MPEG-2 paketa podataka koji nedostaje. Segment sinkronizacije pojavi se samo jedanput svakih 832 simbola i uvijek poprimi pozitivno-negativno-pozitivno oblik impulsa.

Korelacijski krugovi u 8-VSB prijamniku su ponavljajuće prirode segmentne sinkronizacije, što je u suprotnosti s pozadinskim pseudo-nasumičnim podacima (nasumični razmještaj podataka). Vraćeni segment sinkronizacije koristi se da prijamnik obnovi takt sistema i uzme uzorak primljenog signala. Zbog njihove učestalosti ponavljanja signali velike razine osciliraju i traju duže pa segmentnu sinkronizaciju prijamnik lako uoči. Rezultat toga je da takt može biti ažurno obnavljan i kod šuma i velikih smetnji koje nadilaze mogućnost

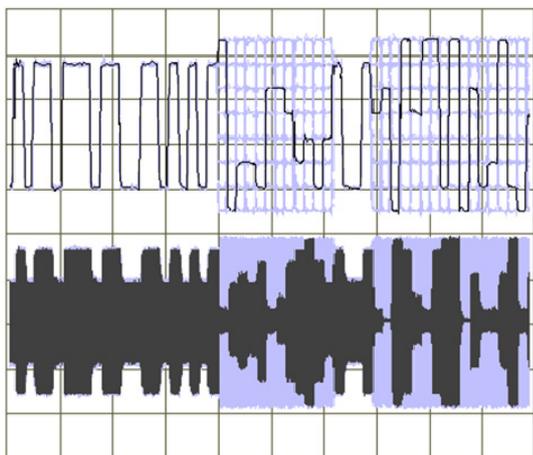
obnavljanja podataka (do 0 dB SNR obnavljanje podataka zahtijeva minimalno 15 dB SNR). Ovaj robusni sinkronizacijski sustav, zajedno s ATSC pilotom, omogućava da se prijamnik brzo oporavi tijekom promjene kanala i drugih prijelaznih uvjeta.

Robusnost segmentne sinkronizacije i sinkronizacije polja dopuštaju točan oporavak takta i uklanjanje dvostrukih slika u 8-VSB prijammiku, čak i kada su aktivni podaci potpuno oštećeni zbog loših uvjeta prijama. To omogućava prilagodljivo uklanjanje dvostrukih slika te traženje i oporavak korisnog signala prije nego se podaci uspješno dekodiraju.

6.7. AM modulacija

Nakon što se osnovnom pojasu DTV signala s osam razina dodaju sinkronizacijski i pilot pomaci, tada se amplitudno modulira međufrekvencijski nositelj (IF). To stvara veliki, dvostruki bočni pojas IF spektra oko frekvencije nositelja, kao što je prikazano na slici 5. Širina pojasa tog IF signala je preširoka da se prenese u dodijeljenom 6 MHz kanalu. Na sreću, postoje razni trikovi koji se mogu upotrijebiti za filtriranje velike većine toga spektra, bez uništavanja bilo kojih digitalnih informacija koje se žele prenijeti. Pogled na sliku 4. otkriva veliki stupanj suvišnosti u dvostrukom bočnom pojasu AM spektra. Unutar spektra gornjeg i donjeg bočnog pojasa sadržaj komponenti signala je od nižih prema višim frekvencijama gledano od nositelja i cijeli donji bočni pojas je zrcalna slika gornjeg bočnog pojasa. To omogućava da se odbaci gotovo cijeli donji bočni pojas i svi bočni režnjevi u gornjem bočnom pojasu. Preostali signal (gornja polovica od spektra oko nositelja) i dalje se može prepoloviti na osnovi *Nyquistove teorije*, u kojoj se navodi da je samo $\frac{1}{2}$ širine frekvencijskog pojasa potrebna za prijenos digitalnog signala na određenoj frekvenciji uzorkovanja.

Ostatak filtriranja dvostrukog bočnog pojasa IF spektra obavlja se u sljedećoj fazi obrade *Nyquistovim filtrom*.

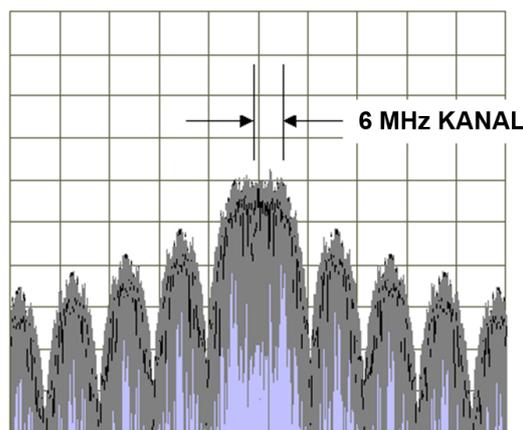


Slika 4. Osnovni pojas od osam razina signala AM moduliran na IF nositelju

Vrh: Osnovni pojas od osam razina na kraju polja segmentne sinkronizacije. Svijetlo-sivi tragovi u pozadini prikazuju mnoštvo linijskih intervala videosignala.

Dno: Drukčije polje segmentne sinkronizacije nakon AM modulacije IF nositelja. Ovojnica moduliranog signala nije simetrična oko nultog nositelja. Mali DC pomak dodan je signalu osnovnog pojasa prije modulacije. To stvara mali ostatak pilota nositelja na nedomuliranom nositelju frekvencije.

Dvostruki bočni RF spektar stvoren AM modulacijom u osnovnom pojasu signala na IF nositelju preširok je da bi stao u 6 MHz kanal.

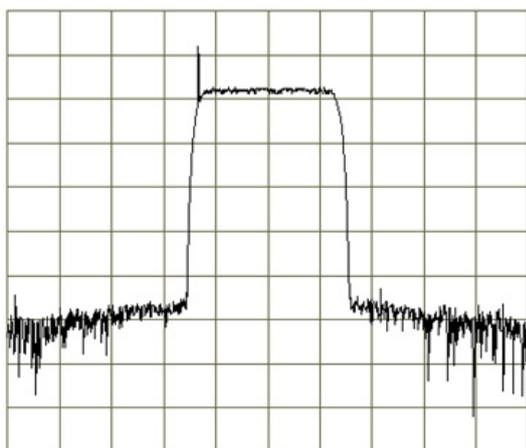


Slika 5. Dvostruki bočni pojas RF spektra nastao nakon AM modulacije

6.8. Nyquistov filter

Rezultat povećanja podataka u signalu u obliku umetanja dodatnih podataka za ispravljanje pogrešaka i sinkronizacijskih podataka povećava brzinu prijenosa podataka izvan okvira od 19.39 Mbit/sec na ulazu u pobudni stupanj, te dostiže 32.28 Mbit/sec na izlazu iz *Trellis koda*. Budući da se 3 bita prenese u svakom simbolu na 8 razina konstelacije 8-VSB-a, to je rezultiralo brzinom prijenosa simbola od $32\text{Mbit}/3 = 10,76$ milijuna simbola u sekundi. Na temelju *Nyquistovog teorema* zna se da se 10,76 milijuna simbola u sekundi može prenositi u ostatku bočnog opsega (VSB), uz minimalnu frekvenciju širine pojasa od: $\frac{1}{2} \times 10,76 \text{ MHz} = 5,38 \text{ MHz}$. Kako je dodijeljena širina pojasa kanala od 6 MHz, vidljivo je da nije cijeli kanal iskorišten nego ima sigurnosni pojas (označavaju se grčkim slovom α) od 620 kHz koji zauzimaju 11% širine kanala. Sigurnosni pojasevi zauzimaju dijelove spektra na početku i kraju prijenosnog kanala.

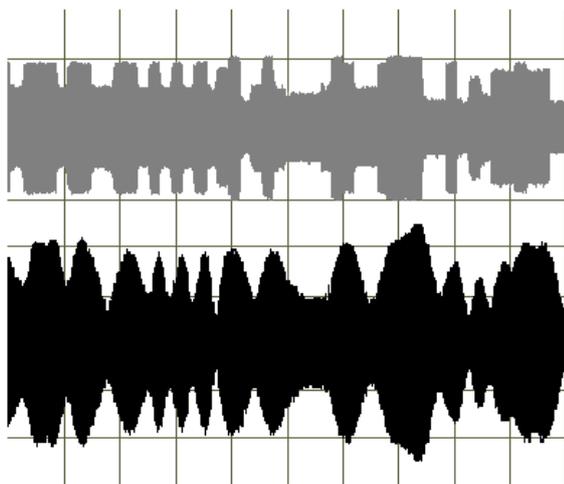
Slika 6. prikazuje rezultat amplitudno-frekvencijskog odziva nakon *Nyquistovog VSB filtera*. Vidi se djelomično prigušeni bočni pojas (sigurnosni pojasevi), prisutnost ATSC pilota na donjem rubu kanala, a donji bočni pojas RF gotovo je uklonjen.



SPAN: 20 MHz VERT SCALE: 10 dB / div

Slika 6. RF frekventijski spektar ATSC signala

Virtualna eliminacija donjeg bočnog pojasa u filtru, zajedno s uskopojasnim filtriranjem gornjeg bočnog pojasa, stvara vrlo značajne promjene RF valnog oblika koji se zapravo prenosi. 8-VSB ovojnica gubi uredan stepeničasti oblik koji je imala prije filtriranja. Kolona "kvadratnih" impulsa simbola koja je postojala kod IF signala s dva bočna pojasa promijenjena je impulsnim odzivom uskopojasnog *Nyquistovog filtra*. Na slici 7. gornji dio prikazuje valni oblik ovojnice IF signala prije filtriranja, a donji dio nakon filtriranja. Vidljivo je da su se kvadratični prijelazi izgubili i poprimili više oblik šuma.



Slika 7. Učinak *Nyquistovog filtra* na IF ovojnicu

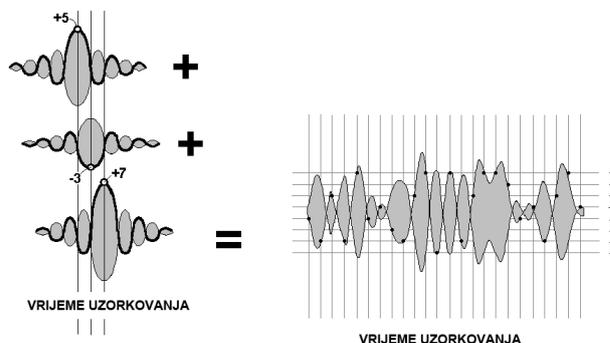
Pogledom na sliku 7. može se uočiti razlika u IF signalu. Gornji dio slike prikazuje signal prije filtriranja, a donji dio nakon *Nyquistovog filtriranja* u kojem ima oblik više sličan šumu.

Kada je frekvencija pojasa prijenosa pravokutnog signala ograničena, signal gubi svoje kvadratne rubove i oscilira u vremenu prije i poslije skokovite promjene. Za digitalni signal od 8 razina to bi bilo vrlo nepovoljno zbog osciliranja prije i poslije naglih skokova u amplitudi, jer bi jedan simbol impulsa izazvao miješanje

s prethodnim i sljedećim impulsom i tako bi iskrivio njihove razine i narušio sadržaj njihovih informacija.

Još uvijek postoji način da se prenesu 8-VSB impulsi simbola, ako se promatra da se informacije na osam razina mogu prepoznati samo tijekom preciznog uzorkovanja u prijamniku. U svim drugim slučajevima amplituda impulsa simbola je nevažna i može se mijenjati na bilo koji način tako dugo dok amplituda u trenutku preciznog uzimanja uzorka predstavlja jednu od potrebnih osam razina amplitude.

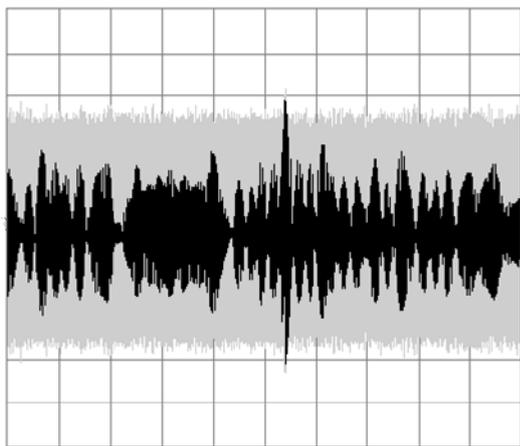
Ako je uskopojasno filtriranje frekvencije učinjeno ispravno prema *Nyquistovom teoremu*, rezultat će biti ortogonalni niz impulsa simbola. To znači da će prilikom svakog preciznog uzorkovanja samo jedan impuls simbola doprinijeti konačnoj ovojnici RF valnog oblika, a svi prethodni i budući impulsi simbola pojavljuju se na nultom prijelazu svoje amplitude u tom trenutku. To je prikazano na slici 8.: kada takt prijammnika uzrokuje RF valni oblik, obnovljen napon će predstavljati samo trenutnu amplitudu simbola (jedan od osam mogućih oblika).



Slika 8. Ortogonalni niz impulsa simbola

U bilo kojem trenutku uzorkovanja (okomita crta), samo jedan impuls simbola doprinosi ukupnoj amplitudi simbola, a svi ostali impulsi doživljavaju nulti prijelaz. Dobivena RF ovojnica odgovara na osam digitalnih razina samo tijekom preciznog uzimanja uzoraka. Impulsi simbola su simetrični u valnom obliku ovojnice moduliranog RF signala.

U svakom trenutku između vremena uzorkovanja ukupna RF ovojnica ima valni oblik sastavljen od zbroja desetaka prijašnjih i idućih simbola, budući da svi simboli imaju amplitudu različitu od nule između vremena uzorkovanja. Pojednostavljeno, slika 8. prikazuje uskopojasne impulse simbola u intervalu od 10 uzoraka, u stvarnosti oni se protežu na mnogo duže vrijeme. Ove vrijednosti različite od nule (između vremena uzorkovanja) od mnoštva signala mogu stvarati velike vrijednosti napona signala. Rezultat toga je signal vrlo sličan signalu bijelog šuma. To je prikazano na slici 9.: omjer vršne i efektivne vrijednosti signala mogu biti vrijednosti od 8 do 10 dB, iako se RF vršna vrijednost može ograničiti na odašiljaču na vrijednosti od 6 do 7 dB uz minimalne posljedice.



Slika 9. 8-VSB RF valni oblik na izlazu iz pobudnog stupnja

6.9. Analogno odašiljanje i ostatak donjeg bočnog pojasa 8-VSB signala

Nakon *Nyquistova VSB filtera*, 8-VSB međufrekvencija (Intermediate frequency(IF)) signala se konvertira na dodijeljene frekvencije kanala u UHF ili VHF frekvencijske pojaseve. Tada se kanalni RF izlaz 8-VSB pobudnog stupnja šalje na DTV odašiljač. Odašiljač je zapravo RF pojačalo snage. RF izlazni signal velike snage filtrira se na izlazu odašiljača i potiskuje neželjene signale izvan frekvencijskog pojasa uzrokovane zbog nelinearnosti odašiljača. Posljednja karika u prijenosnom lancu je antena koja emitira na kanalu 8-VSB DTV signal pune snage.

U kućnom prijammiku preneseni signal se demodulira u suprotnom smjeru prema istim načelima koji su opisani u 8-VSB modulatoru.

7. BUDUĆNOST ATSC NORME

Nova norma za digitalni zemaljski prijenos televizijskog signala u Sjedinjenim Američkim Državama pojavit će se u sljedeće tri godine, kaže Mark Aitken, potpredsjednik za napredne tehnologije Sinclair Broadcast grupe i predsjednik ATSC TSG/S4 specijalne grupe zaslužne za normu mobilne digitalne televizije A/153. Za industriju koja je završila potpuni prijelaz na digitalno emitiranje sredinom 2009. godine, Aitkenov stav može izgledati drastičan. Iako je gašenje emitiranja analognog signala i prelaska na potpuno emitiranje digitalnog signala završena u lipnju 2009. godine, ono nije uključivalo nove tehnologije. Kao primjer, glavni element norme VSB star je 20 godina. "Danas živimo u viziji onoga što je bilo moguće prije 20 godina," kaže Aitken.

ATSC 2.0 bit će izgrađen na postojećim normama za digitalni zemaljski prijam, koje se temelje na MPEG-2 kompresiji. MPEG-2 usvojen je za DTV 1994. godine. U međuvremenu videokodeki su se razvili te su postali učinkoviti. Ipak MPEG-2 pruža odgovarajuću kompresiju za televiziju visoke kvalitete u emitiranom 6 MHz kanalu, koji je i izvorni cilj DTV standarda. Naprednije značajke kao što je 3D sadržaj zahtijevaju naprednije kompresije kao što je MPEG-4 AVC.

Međutim, 100 milijuna TV uređaja ili samostalnih prijammnika u domovima korisnika dekodira samo MPEG-2 sadržaj. Tijekom sastanka inženjera i saveznih zakonodavaca 2010. godine zaključeno je da će za potpuni prelazak na MPEG-4 AVC kodiranje zemaljskog televizijskog signala biti potrebno najmanje 13 godina.

ATSC 2.0 omogućavat će naknadno praćenje programa ili usluge videosadržaja na zahtjev korisnika i drugih podataka. Također će uključivati napredno videokodiranje kao što je MPEG-4 AVC, mogućnost gledanja 3D sadržaja, sposobnosti uvjetnog pristupa koji će omogućiti pretplatnički sadržaj u digitalnom zemaljskom prijemu te poboljšati sposobnost mjerenja gledanosti. ATSC 2.0 povezat će internetsku vezu i emitiranje televizijskog sadržaja kako bi se omogućilo nakladnicima u elektroničkim medijima i proizvođačima da imaju veliki izbor mogućnosti i sadržaja koje mogu implementirati u budući program i potrošačke proizvode. Rad na ATSC 2.0 odvija se brzo pa se očekuje da će biti dovršen tijekom 2012. godine.

8. ZAKLJUČAK

Prelazak iz analognog emitiranja televizijskog signala u digitalno emitiranje završena je ili je pri kraju u većini tehnološki razvijenih država. U radu su spomenute norme koje su poslužile za taj prelazak, a opisana je ATSC norma i njena struktura.

Pogledom na normu i njenu strukturu može se vidjeti da je digitalno emitiranje složen proces koji se provodi u više faza. Opisom rada 8-VSB modulatora kao središnjeg dijela čitavog sustava vidljivo je kako se signal priprema i oblikuje za prenošenje.

Budućnost ove norme sigurna je sljedećih nekoliko godina, ali u pripremi je nova norma koja će omogućiti više fleksibilnosti za budući razvoj digitalne televizije u SAD-u.

9. LITERATURA

- [1] Walter Fischer, (2003) *Digital Video and Audio Broadcasting Technology: A Practical Engineering Guide*, Springer, Heidelberg-New York
- [2] Michael Silbergleid, Mark J. Pescatore, (2000) *The Guide To Digital Television*, (What exactly is 8-VSB anyway? By David Sparano) Miller Freeman Psn Inc
- [3] Jerry Whitaker, (2005) *Mastering Digital Television: The Complete Guide to the DTV Conversion*, McGraw-Hill Standard Handbooks, New York
- [4] (http://broadcastengineering.com/news/atsc_dtv_technology_group_09152011/), siječanj 2012.
- [5] (<http://broadcastengineering.com/RF/dtv-standard-mark-aitken-sinclair-11032011/index.html>), veljača 2012.
- [6] (<http://www.tvnewscheck.com/article/2011/06/14/51860/atsc-is-busy-moving-tv-into-the-future>), veljača 2012.

REALIZACIJA DOKUMENTARNO-PROMOTIVNOG FILMA O OPĆINI CESTICA

CREATING A DOCUMENTARY-PROMOTIONAL VIDEO ON THE CESTICA MUNICIPALITY

Kralj J.¹, Matković D.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: U ovom radu opisana je povijest i razvoj dokumentarnog filma s naglaskom na sam početak ove vrste filma. Opisan je postupak izrade dokumentarno-promotivnog filma, od ideje, snimanja pa do konačnog proizvoda. Istaknute su tehnike snimanja i editiranja slike i zvuka koje su korištene prilikom izrade dokumentarno-promotivnog filma. Opisana je i tehnička oprema korištena za ostvarenje dokumentarno-promotivnog filma. Na kraju rada napravljena je usporedba izrađenog dokumentarno-promotivnog filma sa sličnim dokumentarnim filmom profesionalne produkcije s umjetničkog i tehničkog stajališta.

Ključne riječi: dokumentarno, videokamkorder, predprodukcija, produkcija, postprodukcija

Abstract: This paper briefly describes the history and development of a documentary film focusing on the beginnings of a documentary film. It describes the procedure for making the documentary - promotional film from the initial idea, through shooting to final product. Techniques of recording and editing that are used when creating the documentary - promotional film are highlighted. In a short outline describes the technical equipment used for the realization of the documentary - promotional film. At the end of paper a comparison is made with a similar documentary film of professional production from artistic and technical point of view.

Key words: documentary, videokamkorder, pre-production, production, post-production, shot

1. UVOD

Dokumentarni film je filmski rod koji teži prikazivanju stvarnih događaja, osoba i pojava u svojem prirodnom okruženju, te mu je kao takvom istinitost zapisa glavni atribut. Sam naziv dokumentarni film govori da je bit toga filmskog roda dokumentiranje, izrada dokumenta koji je zapravo vjerna kopija zbilje. Projekcijom takvog filma širokoj publici neminovno se dokumentarnom filmu pridodaje prizvuk promotivni, jer prezentirajući neku informaciju ujedno i promoviramo tu informaciju.

Problematika dokumentarnog filma je u vjerodostojnosti. Prilikom snimanja samo prisustvo snimateljske ekipe navodi aktere filma na promjenu ponašanja, što na kraju narušava vjerodostojnost dokumenta. Taj problem najviše je izražen kod snimanja dokumentarnih filmova o životinjama. Da bi se doskočilo tom problemu koriste se skrivene kamere, zum objektiv i ostala tehnička pomagala. Bitni faktori u prikazu zbilje jesu autor i montaža. Svaki autor ima svoju granicu miješanja u zbilju. Montažom se izostavljaju neki dijelovi priče i tako se ne prenosi kompletna priča.

Rad svakako prati izradu dokumentarno-promotivnog filma: dogovor s naručiteljem filma o ideji, predprodukcija, produkcija i postprodukcija, montaža i snimanje na DVD medij. Svaka faza je razrađena u teoretskom i praktičnom dijelu. Da bi se film snimio što efikasnije, potrebna je detaljna priprema u predprodukciji. Tu je napravljen popis potrebne opreme, određene su lokacije snimanja, izabrana je snimateljska ekipa i sugovornik te su napisana pitanja za intervju. U produkciji se odrađuje predprodukcijski plan rada. U postprodukciji slijedi montaža i grafička obrada dokumentarno-promotivnog filma.

Teoretski su opisane korištene tehnike snimanja i editiranja slike, a opisane su i osnove rada s videokamerom. Sljedeći dio rada govori o korištenoj opremi. Svaki komad opreme općenito je opisan u teoretskom smislu pa su tako opisani korišteni modeli: videokamera, stativ za videokameru, mikrofon i rasvjeta. Na kraju se snimljeni rad uspoređuje s dokumentarnim filmom sličnog trajanja i teme u produkciji profesionalnog video-studija. Povlače se neke poveznice između ta dva uratka i naglašavaju razlike kao što je razlika u budžetu i kvaliteti finalne obrade.

Ukratko, rad prolazi kroz sve faze izrade kraćeg dokumentarno-promotivnog filma i to s praktičnim i teoretskim naglaskom.

2. OSNOVE TEORIJE DOKUMENTARNOG FILMA

Dokumentarni film daje do znanja da se radi o filmu koji dokumentira pojedine osobe i teme iz stvarnog života, tj. leksikonska definicija dokumentarnog filma glasi: "Dokumentarni film prikazuje stvarne događaje i

osobe.” Kako je dokument reprodukcija ili duplikat izvornog uzorka, potrebna je stanovita objektivnost autora prilikom izrade dokumentarnog filma. Jasno je da potpuna objektivnost autora prilikom izrade ove vrste filma nije moguća iz jednostavnih tehničkih zahtjeva kao što su trajanje filma, odabir kadrova i sl. Sama prisutnost snimateljske ekipe i spoznaje da je objekt dokumentarnog filma sniman dovodi do promjene ponašanja objekta, a time se gubi određena doza zbilje. Problemi koji remete težnju da se stvarnost dokumentira nepromijenjeno osnovna je poteškoća u kreaciji i definiciji dokumentarnog filma. Dokumentarni film je autorsko djelo, a prema tome i složeni sustav koji ne nastaje sam po sebi. Kako sustav ima svog kreatora, taj kreator unosi sebe u svjedočanstvo i samim time donosi leksikonsku definiciju dokumentarnog filma u diskutabilnu poziciju. Tako se postavlja osnovni problem dokumentarnog filma, a taj je koju si količinu uplitanja u zbilju autor može dopustiti. Naravno da neizmijenjeni sadržaji zbilje moraju imati pravo prvenstva pred izmišljenima. Montažom se najviše utječe na zbilju jer autor odabire kadrove koje će prikazati. Na taj način autor neke činjenice jednostavno izostavi iz dokumentarnog filma pa određene informacije ne dospiju do gledatelja, što dosta utječe na percepciju dokumentirane zbilje.[1]

Postoje tri osnovna utjecaja na dokumentarni film, a to su tehnološki, sociološki i estetski. Tehnološki utjecaj odnosi se na razvoj tehnologije koji je omogućio da se određeni događaji snime s minimalnim intervencijama u stvarni događaj. Sociološki utjecaj odnosi se na autorove socijalne prilike, na politička opredjeljenja i izbore koji će djelovati na dokumentarni film prilikom izrade. Estetski utjecaj ovisi o tome kakvo je autorovo poimanje dokumentarnog filma. [2]

'Stvarni' (eng. "actuality") film

Dokumentarni film počinje prije 1900. godine. Kratki filmovi trajanja do jedne minute snimali su se u jednom kadru, a teme su bile izlazak radnika iz tvornice, uplovljavanje broda ili dolazak vlaka na stanicu. Takvi filmovi su bili preteča današnjeg dokumentarnog filma i zvali su se "stvarni" filmovi. Većinu tih prvih filmova snimili su braća Auguste i Louis Lumière. Prvi takav prikazani film bio je "Radnici napuštaju Lumière tvornicu u Lyonu" (fra. *La Sortie des usines Lumière à Lyon*). Trajao je 46 sekundi i prikazivao je radnice koje izlaze iz velike zgrade. [3]



Slika 2.1. Filmska slika iz filma "Radnici napuštaju Lumière tvornicu u Lyonu" [4]

U razdoblju od 1898. do 1906. godine ističe se francuski kirurg Eugène-Louis Doyen koji snima seriju „kirurških“ filmova, kao što je operacija razdvajanja sijamskih blizanaca, te prvi koristi film u znanstvene svrhe. [3]

Dokumentarni film

John Grierson je 1926. godine u tekstu objavljenom u New York Sun-u koristio naziv dokumentarni film. U vrijeme Drugog svjetskog rata dokumentarni film se koristio kao propaganda za podizanje morala nacističkih trupa (*Leni Riefenstahl, "Pobjeda volje"*), ali i na strani savezničke vojske kao kontra propaganda. Nakon toga dokumentarni film dobiva promotivnu notu koju zadržava do danas. Kako dokumentarni film sadrži informacije o osobi ili događaju koje su većini gledatelja nepoznate, on te informacije lako plasira širokim masama gledatelja. Tako se 60-tih i 70-tih godina 20. stoljeća u Latinskoj Americi dokumentarni film masovno koristio kao jako političko oružje protiv neokolonijalizma i kapitalizma. Moderni dokumentarni filmovi poput *Fahrenheit 9/11* ili *The Cove* uz snažnu odaslanu poruku imaju i visoku zaradu. To su dokumentarni filmovi u kojima autori često subjektivno zadiru u aktualne priče, ali zbog toga pridobivaju suosjećanje i pažnju gledatelja, a time dobivaju jasno odaslanu poruku širokim masama i financijski uspješni.[3]

3. ZAHTJEVI DOKUMENTARNO-PROMOTIVNOG FILMA O OPĆINI CESTICA

Da bi se ostvario dokumentarno-promotivni film potrebno je da naručitelj filma odredi zahtjeve ili ciljeve filma. Neki od zahtjeva mogu biti trajanje filma, sadržaj, lokacije snimanja, sugovornici, vrijeme snimanja i ostalo. Ti zahtjevi bitni su kako bi realizator filma imao smjernice prilikom procesa izrade filma, a naručitelj bi dobio film u skladu s njegovim očekivanjima.

Osnovni zahtjevi dokumentarno-promotivnog filma o općini Cestica su:

- vrijeme trajanja
- lokacije snimanja
- sugovornici
- termini snimanja

Vrijeme trajanja određeno je zahtjevom da film mora prikazati neke osnovne znamenitosti općine Cestica u što kraćem vremenskom intervalu, kako gledatelj ne bi morao izdvajati previše vremena za gledanje filma. Dokumentarno-promotivni film mora trajati najviše 15 minuta.

Lokacije snimanja koje moraju biti u ovom dokumentarnom filmu su vinorodni brežuljci Barbara, rijeka Drava i etnološka kuća. Te lokacije odabrane su jer opisuju krajolik općine Cestica, tradiciju vinogradarstva u tom kraju, povezanost uz rijeku Dravu i povijest spomenute općine. Unaprijed su snimljene fotografije koje prikazuju zadane lokacije.



Slika 3.1. Vinogorje Barbara [5]



Slika 3.2. Rijeka Drava [5]



Slika 3.3. Unutrašnjost „Stare hiže“ [5]

Kako bi dokumentarno-promotivni film dobio dimenziju više, treba pronaći sugovornike koji će svojim iskazom posvjedočiti o bogatoj kulturnoj, umjetničkoj i povijesnoj baštini cestičkog kraja. Sugovornik mora imati uvid u stare običaje i navike življenja da što zornije opiše događaje i svoja iskustva iz prošlosti, te da ih usporedi s današnjima. Budući da je riječ o kraju koji usko živi s vinogradarstvom i poljoprivredom, idealni termin za snimanje je kasno ljeto kada počinje berba vinograda i ostalih plodova. U to doba najbolje se pokazuju ljepote cestičkog kraja.

4. ZAHTJEVI U PREDPRODUKCIJI, PRODUKCIJI I POSTPRODUKCIJI KOD IZRADE FILMA

Predprodukcija

Predprodukcija je faza rada u procesu produkcije (proizvodnje) filma. Kako bi snimanje teklo što lakše, potrebno je napraviti temeljitu pripremu za snimanje filma. Osnovni dio te pripreme je napraviti scenarij, istražiti teren, pregledati lokaciju snimanja, popisati potrebnu opremu, odabrati snimateljsku ekipu i na kraju napraviti troškovnik.[6]

Prije izrade scenarija za dokumentarno-promotivni film o općini Cestica napravljeno je kraće istraživanje i obilazak terena kako bi se odredile lokacije snimanja i sugovornik. Kako su već bile zadane neke smjernice za odabir lokacije i sugovornika, odabrane su četiri lokacije:

- rijeka Drava u Lovrečanu (kod ribičke kuće)
- brežuljci Barbara (Prekorje)
- brežuljci Barbara (Mihnace)
- etnografska kuća „Stara hiža“

Za sugovornicu je odabrana Evica Lazar, vlasnica „Stare hiže“, skupljačica starinskih eksponata i običaja, spisateljica i slikarica. Intervju u filmu odvija se u prostorijama etnografske kuće gdje gđa Lazar prikazuje svoje predmete, priča o povijesti „Stare hiže“ i kako se nekad živjelo u cestičkom kraju. Kako ona piše i pjesme na autohtonom narječju cestičkog kraja, recitirat će neke od njih. Videozapisi s ostale tri lokacije služe kao materijal za vizualno dočaravanje cestičkog kraja. Da bi se intervju snimio što uspješnije, treba unaprijed napisati pitanja na koja će sugovornik odgovarati. Dokumentarno-promotivni film ne zahtijeva strogu temu razgovora, pa su pitanja u obliku smjernica koje sugovornika navode na temu o kojoj najviše zna i koja je najzanimljivija.

Pitanja:

1. Imate veliku kolekciju starina. Odakle tolika strast za kolekcionarstvom te vrste?
2. Koliko vremena Vam je trebalo da skupite ovu kolekciju?
3. Koliko je stara „Stara hiža“?
4. Opišite nam kako se nekad živjelo u kući kao što je „Bakina hiža“?
5. Kako je nekad tekao suživot uz nekad hirovitu, a danas pitomu Dravu?
6. Koliko je Drava pomagala ljudima da prežive?
7. Narječje cestičkog kraja je jako zanimljivo. Pod jakim je utjecajem njemačkog i slovenskog jezika zbog položaja cestičkog kraja i razvoja povijesnih tokova. Koristite li prilikom pisanja pjesama pravo autohtono cestičko narječje?
8. Možete li nam odrecitirati neku od Vaših pjesama?
9. O čemu uglavnom govore Vaše pjesme?
10. Vi i slikate. Što Vas nadahnjuje kad uzmete kist u ruke?
11. Kako je nekad izgledao život na brežuljcima Barbare?
12. Koji su bili najveći problem tih ljudi?
13. Kakve su alate koristili?

14. Ima li tih alata u Vašoj kolekciji?
 15. Općina graniči sa Slovenijom. Kakav je suživot sa Slovencima bio nekad, a kakav je danas?
 16. Prema Vašem mišljenju, jesu li ljudi cestičkog kraja Zagorci ili Podravci?
 17. Prema čemu Vas srce više vuče, prema Dravi ili bregima?
 18. Molim Vas, možete li nam pročitati još jednu Vašu pjesmu?
 Hvala Vam na odvojenom vremenu.
 Sljedeći korak je određivanje snimateljske ekipe i popis opreme. Snimatelj je Mario Naranda, intervju vodi Josip Kralj, a poslove asistenta obavlja Maja Naranda. Kako se snima na otvorenim i zatvorenim lokacijama, u skladu s tim treba pripremiti opremu.

Oprema koja je potrebna za snimanje dokumentarno-promotivnog filma o općini Cestica:

- kamera (ENG kamera Sony DVCAM DXF-801CE)
- dvije baterije za kameru
- dvije kasete za kameru
- kasete s trakom za čišćenje glave videokamere
- bijeli zaslon za podešavanje balansa bijele boje
- stativi (Libec LS-38(2A) i Manfrotto TR546GB)
- bežični mikrofoni (Sennheiser EW 100 ENG G3)
- dodatne baterije za mikrofoni
- rasvjeta (reflektori)
- nosači za rasvjetu
- naponski kabeli za rasvjetu
- fotoaparat

Kompletno snimanje ovog dokumentarnog filma obaviti će se u dva dana. Prvi dan snimat će se na vanjskim lokacijama. Potrebno je snimiti total Drave kod ribičke kuće u Lovrečanu i krupne planove uz Dravu, kao što su ptice i krajolik uz obalu. Nakon toga snimanje će se nastaviti u vinogradima Barbara. Snimat će se total cijelog kraja s Prekorja i pogled na crkvu u Lovrečanu i Radovcu. U Mihnacu treba snimiti krupne i srednje planove stare kleti i vinograda. Drugi dan snimat će se u etnografskoj kući „Stara hiža“, gdje će biti i intervju s Evicom Lazar. Treba snimiti okoliš i interijer kuće, slike i kolekcija starina u krupnim planovima. Za snimanje interijera potrebna je dodatna rasvjeta. Nakon što je napravljen predproduksijski plan, izrađen je troškovnik. Predviđeni troškovnik za film o općini Cestica predviđa najam opreme za dva dana (2000 kn), uslugu snimatelja (četiri sata 1600 kn), uslugu montaže (šest sati 4800 kn) i prijevoz (400 kn). Ukupni trošak iznosi 8800 kuna (rujan 2011. godine).

Produkcija

Pod nazivom produkcija podrazumijevamo dio izrade filma gdje je započeto snimanje svih potrebnih kadrova koji su zadani u predprodukciji. Materijal snimljen u fazi produkcije kasnije se u postprodukciji koristi za daljnju obradu. Ova faza također je poznata kao "točka bez povratka" i više nije financijski isplativo odustajanje od projekta.[7] Snimanje prvog dana počinje prema predproduksijskom planu: snimanje kadrova Drave kod ribičke kuće u Lovrečanu. Kada se stigne na određite

potrebno je postaviti opremu. Nakon toga obilazi se lokacija i određuje se položaj kamere naspram položaja sunca. Zatim treba napraviti balans bijele boje.



Slika 4.1. Balans bijele boje [5]

Nakon što je oprema spremna za snimanje, počinje snimanje kadrova prema planu. Najprije su snimljeni totali Drave i ribičke kućice. Zatim su snimane ptice i okoliš u krupnom planu. Prilikom snimanja takvih kadrova treba imati na umu da je prije bilo kakve akcije kamerom, kao što su panorama ili zum, potrebno snimiti nekoliko sekundi statičnog kadra. Isto tako je potrebno snimiti nekoliko sekundi statičnog kadra nakon što završimo akciju kamerom, kako bi kasnije olakšali posao montažeru. Pospremanjem opreme u automobil završeno je snimanje na lokaciji Drava. Snimanje se nastavlja na lokaciji Prekorje i Mihnace. Ponovo se postavlja balans bijele boje, nakon čega slijedi snimanje kadrova prema predproduksijskom planu.



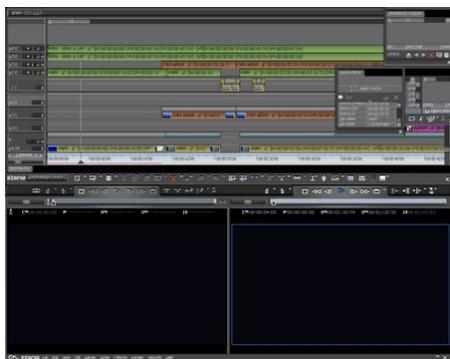
Slika 4.2. Snimatelj upravlja kamerom [5]

Drugog dana snimanja potrebno je snimiti intervju i etnografsku kuću „Stara hiža“. Prije početka snimanja napravljen je pregled svih prostorija unutar kuće te je odabran prostor za intervju. Postavljena su tri reflektora za dodatnu rasvjetu, napravljen je balans bijele boje, postavljen je mikrofoni i napravljen je test tona. Budući da su obavljene sve pripreme, počinje snimanje intervjuja. Za snimanje intervjuja korišten je srednji i blizi plan. Prilikom snimanja intervjuja snimljeni su i krupni kadrovi gestikulirajućih ruku i ostalih pokreta govornika. Nakon toga snimljena je kuća u srednjem planu i eksponati u krupnom planu.

Postprodukcija

Postprodukcija je završna faza u videoprodukciji. U ovom se dijelu prikupljeni videomaterijal editira, obrađuje i montira. Komponiraju se pjesme i zvučni efekti, stvaraju se grafički videoefekti te se sve zajedno

spaja u konačan film. [8] Nakon što je sav videomaterijal snimljen, on se pomoću videokonzole prebacuje na tvrdi disk računala. Da bi se izbjeglo slučajno gubljenje videomaterijala, on se sprema na dvije lokacije. Program u kojem je obrađivan i montiran videomaterijal je Edius 5.



Slika 4.3. Sučelje programa Edius 5 [9]

Nakon što je sav videomaterijal prebačen na tvrdi disk računala, počinje pregledavanje materijala. Zvuk se razdvaja i sprema u posebnu mapu da ga se, ako zatreba, dodatno doradi. Budući da je zvuk dobre kvalitete i da financije ne dopuštaju obradu u nekom audiostudiju, korišten je originalni zapis zvuka bez ikakvog dodatnog editiranja. Videozapis se stavlja na vremensku traku za videomaterijal, a audiozapis se stavlja na audiotraku. Ukupni materijal se sav pregledava i ako ima nekih grešaka one se izbacuju. Kadrovi se grubo „režu“ i postavljaju u logičan slijed, tako se dobije grubi uvid u sam redoslijed filmskih kadrova. Zatim počinje spajanje materijala u cjelinu. Svaki kadar treba detaljno pregledati da na njemu ne bi ostala koja slika (frame) iz prijašnjeg kadra. Konačni proizvod mora biti zanimljiv gledatelju, pa se zato moraju izbjegavati dugi i zamorni kadrovi (osim ako je nužno koristiti duge kadrove), videomaterijal mora imati ritam koji gledatelja drži zainteresiranim za temu. Videomaterijal koji je u toj fazi montaže pregledava se, te se proučava redoslijed kadrova i dinamika odvijanja filma. Nakon što je montaža kadrova gotova, izrađuje se uvodna i odjavna špica. Kompletan videomaterijal se pregledava kako bi se izbjegle pogreške i onda se eksportira. U programu DVD Lab izrađuje se DVD sadržaj te se snima na DVD medij.



Slika 4.4. Sučelje programa DVD Lab [10]

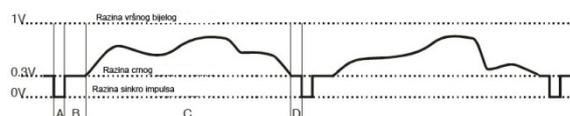
5. TEHNIKE SNIMANJA I EDITIRANJA SLIKE I ZVUKA

Tehnike snimanja

Dobra tehnika snimanja kamerom ide s dobrom videoprodukcijom, što znači da snimatelj jako utječe na vrsnoću produkcije. Snimatelj mora kombinirati odličan rad kamerom i dobru ekspoziciju imajući na umu estetske aspekte snimke kao što su boja, kompozicija i specijalni efekti. Potrebno je razmotriti razne aspekte videosnimanja kako bi se došlo do što optimalnije snimke. Neki od tih aspekata su ekspozicija, balans bijele boje, vodoravna panorama, okomita panorama, zumiranje, preoštravanje i kompozicija kadra. [11]

Ekspozicija

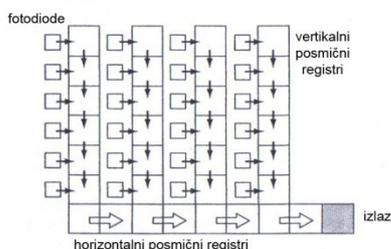
Ekspozicija je tehnički termin koji označava izlaganje filma određene osjetljivosti određenoj jakosti svjetla u određenoj vremenu. Ista definicija vrijedi i za moderne kamere s CCD slikovnim sensorima (čipovima), samo što treba skrenuti pozornost na neka svojstva CCD čipa i televizijskog signala kako ne bi došlo do problema prilikom snimanja. Naime, televizijski signal (slika 5.1.) nalazi se u području jednog volta. U području od 0V do 0,3V (A) nalaze se impulsi za sinkronizaciju, na razini 0,3V je crna razina slike, a na 1V je vršno bijelo (C). Dakle, na slici 5.1. je vidljivo da se informacije o slici unutar televizijskog signala (C) moraju nalaziti unutar pojasa od 0,3V do 1V.



Slika 5.1. Valni oblik linijskog videosignala [13]

CCD čip sastoji se od minimalno 450 000 piksela koji su zapravo fotoosjetljive diode. Kada na te fotodiode pada svjetlo, u njima se diže napon - što je svjetla više i napon je viši, te se tako stvaraju elementi slike. Problem se javlja zato što CCD čipovi mogu podnijeti napon od nekoliko volti, a sve što je iznad 0,7 volti je iznad vršnog bijelog, a to znači i nadekspozirano. Kako bi se kontrolirala količina svjetla koja pada na CCD čip, koristi se otvor iris i brzina zatvarača. Kod snimanja iznimno rasvijetljenih scena odabire se veća brzina zatvarača (od 1/50s prema 1/125s, 1/250s, 1/250s, 1/500s) i/ili manji relativni otvor objektiv (veći F-broj, od F5,6 prema F11). Zbog kratkog vremena osvjetljavanja (zatvarač) i smanjene količine svjetla (iris, blenda), na fotodiodama se ne stigne stvoriti veća količina naboja. Stvorene količine naboja (odgovaraju normalno ekspoziranoj slici) spremaju se u posmični registar kao elementi slike, a fotodiode se pripreme za osvjetljavanje i stvaranje naboja za novu sliku. Arhitekture CCD čipova kojima je određen način skladištenja i prenošenja naboja stvorenog na fotodiodama do izlaza slikovnog senzora (CCD čipa) poznate su pod nazivima FT (Frame transfer), IT (Interline transfer) i FIT (Frame interline transfer). Na slici 5.2. prikazana je IT arhitektura CCD slikovnog

senzora. Iz fotodiode se naboji sele u vertikalne posmične registre kako bi se fotodiode mogle resetirati (isprazniti naboj do 0V) i tako pripremiti za sljedeće otvaranje zatvarača i stvaranje naboja proporcionalne jakosti svjetla koje na njih pada. Zatim se te informacije vertikalno prema dolje pomiču u horizontalni posmični registar i dolaze na izlaz kao videosignal. Nakon dodavanja horizontalnih sinkronizacijskih impulsa videosignal dobiva oblik prikazan na slici 5.1.[2]



Slika 5.2. IT arhitektura CCD slikovnog senzora[2]

Balans bijele boje

Za razliku od ljudskog oka koje svaki bijeli objekt registrira kao bijeli bez obzira kakvim je izvorom svjetlosti osvjetljen, kamera to ne može. Kameru je potrebno podesiti kako bi bijeli objekt obasjan izvorom svjetlosti različite temperature bijele od one memorirane u kameri mogla registrirati kao bijeli. Svaki izvor svjetlosti isijava svjetlost različite temperature boje pa zato kameri bijeli objekti mogu biti crvenkasti ili plavkasti. Balans bijele boje je potreban da se kameri zada (definira) referentna bijela boja za koju R, G i B signali iz kamere odgovaraju onima koji bi se dobili snimanjem pod rasvjetom čija temperatura iznosi 6500K (D65 – referentna bijela boja televizijskog sustava). Na taj način je kod prikazivanja slike na ekranima, čiji su primari odabrani za referentnu bijelu boju D65, osigurana korektna reprodukcija bijele boje, a time onda i svih ostalih boja.[11]



Slika 5.3. Razlika između lošeg i dobrog balansa bijele boje [14]

Vodoravna panorama

Panoramski pokret još se naziva i švenk (njem. schwenken), a to je pokret kamerom u određenom smjeru oko osi panoramiranja. Vodoravna panorama nastaje

okretanjem panoramske glave oko okomite osi u vodoravnom smjeru. To je najčešće izvođeni panoramski pokret i ima mogućnost izvođenja vodoravne panorame u kutu od 360°. No, taj pokret od 360° teško je izvesti tako da snimatelj hoda oko postolja sa standardnom panoramskom glavom i istodobno kroz tražilo nadzire kadar, pa se najčešće izvodi pomoću glave na daljinsko upravljanje s elektromotorom.[12]

Okomita panorama

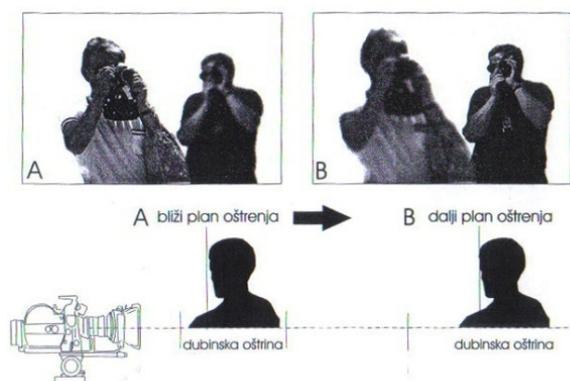
Okomita panorama pokret je oko vodoravne osi, a odvija se u okomitom smjeru pokretanja panoramske glave. Ovisno o konstrukciji i vrsti panoramske glave, te o postolju i kameri, okomita se panorama izvodi u kutu od približno 40°-180°. Kod panoramskih glava posebne konstrukcije mogući su pokreti i do 360°. [12]

Zumiranje

Zum objektiv je optičko-mehanički sklop kojim se može kontinuirano mijenjati vidni kut, tj. omjer preslikavanja unutar određenoga raspona. Zumiranje je sužavanje ili proširenje vidnog kuta kod kojeg se ne mijenjaju perspektivni odnosi u kadru nego samo izrez, tj. plan filmske slike, odnosno snimanog prizora. Mijenjanjem vidnog kuta dobije se dojam optičkog primicanja ili odmicanja snimanog prizora. Kako se mijenja vidni kut, tako se mijenja i dubinska oštrina, a postavljeni plan oštrenja ostaje na istoj udaljenosti. Podrazumijeva se da se tijekom zumiranja po potrebi može mijenjati i plan oštrenja. Ručno podešavanje zuma je relativno neprecizno te nije praktično za korištenje, pa su zato suvremeni zum objektivni upravljani elektromotorno. [12]

Preoštravanje

Oblikovanje slike pomoću dubinske oštine, određivanje plana oštine, preoštravanje s objekta na objekt i praćenje objekta u kretanju oštrinom kreativni su parametri kinematografije i snažno su snimateljsko izražajno sredstvo. Plan oštine potrebno je stalno pratiti i mijenjati sukladno karakteru prizora i kretanju aktera scene ili karakteru panoramskog pokreta. Preoštravanjem kod uskokutnih objektivna male dubinske oštine dobiva se prividan pokret u slici. [12]



Slika 5.4. Preoštravanje s plana na plan [12]

Kompozicija kadra

Kadar je jedinica filmskog izlaganja, dio filma, u kojemu se bez ikakvih promatračkih prekida prati prizorno zbivanje.[15]

Kompozicija kadra je vizualni raspored prizornih pojava u izrezu kadra. Obuhvaća sljedeće postupke: određivanje mizanscene, izbor tipa perspektivnih odnosa između njih, usuglašavanje likovnih odnosa različitih prizornih i ekranskih površina. Osnovna načela koja vode kompoziciju kadra: načelo raspoznavalačke pogodnosti (sve što je važno za razumijevanje prizora raspoređeno je u izrezu), načelo pozornosti (izborom izreza, smještajem u izrezu i usuglašavanjem perspektivnih i površinskih odnosa usmjerava se i vodi pažnja jednim prizornim pojavama, uz potiskivanje drugih) te motivacijsko načelo (biraju se takve motrišno-perspektivne i likovne odrednice koje su motivirane izlagačkim kontekstom, širim značenjem zbivanja). Kompozicija je centralna kad je najvažnija prizorna pojava smještena u centru izreza kadra, a decentrirana ako je smještena po strani. Decentracijom se oslobađa akcijski prostor koji upućuje na važnost prizornog i izlagačkog konteksta. Kompozicija je neutralna (»transparentna« – ne privlači pozornost na sebe) ako je vođena gornjim načelima, a stilizirana je (retorička) ako suvislo od njih odstupa, ili ako odstupa od nekih standarda viđenja (kosi i preokrenuti kadar). [17]

Tehnike editiranja slike i zvuka

Montaža je filmski postupak kojim se u kontinuitetu projekcije postiže diskontinuirano (isprekidano, skokovito) prikazivanje prostorno-vremenskih zasebnih isječaka vanjskoga svijeta. Montaža je nužna u filmu iz više razloga: zbog duljine filma, različitih lokacija snimanja, zbog kvarova tehnike ili grešaka stvaraoca filma ili zbog tehničkih ograničenja kao što su duljina vrpce i trajanje baterije. Zbog tih faktora snimanje se mora prekidati i ponavljati pa se na montažu mora misliti već prije snimanja filma. Funkcija montaže je spojiti dva ili više kadra u slijed. Takav spoj može se napraviti na više načina. Kadrovi se spajaju montažnim sponama. Postoji više vrsta montažnih spona, a to su rez, pretapanje, zatamnjenje i odtamnjenje te zavjesa. Svaka od tih montažnih spona razlikuju se tehnologijom izrade, ali još važnije svojim izgledom. Budući da svaka spona ima svoj izgled, ona automatski različito doprinosi utisku ta dva kadra pa tako njihova funkcija može biti drukčija. [1]

Rez

Rez je temeljna i prvotna montažna spona. Najjednostavnija je montažna spona gdje se kraj jednog kadra direktno lijepi na početak dugog kadra. Rez omogućuje skokovito mijenjanje kadrova različite prostorne i vremenske fizičke realnosti. Najbrže ritmičke izmjene kadrova rade se pomoću reza. Zbog te osobine učinak reza je iznenađenje, pa čak i šok. Rez se koristi za opisivanje i analizu jer se pomoću skokova s raznih strana može razgledati isto mjesto. Koristi se i za nabranje pomoću niza rezom spojenih kadrova. Vrlo jednostavno se rezom može gledatelja navesti na

uspoređivanje raznih predmeta ili situacija jer je prijelaz brz pa gledatelj najlakše primijeti razliku između kadrova. Kod dugotrajnih i monotonih radnji rezom se uvodi dinamika u radnju. Takvu radnju snima se iz različitih rakursa i planova, zatim se kadrovi spajaju rezom kako bi se izbjegla monotonija, a ipak ostaje naglašena dugotrajnost radnje. Rez se koristi i za spajanje zvukova. [1]

Pretapanje

Za razliku od reza, ostale montažne spona imaju mnogo ograničeni izražajni repertoar. Kod pretapanja slika i zvuci jednog kadra blijede i na kraju nestaju, dok se istodobno slika i zvuci sljedećeg kadra pojavljuju. Pretapanje traje od nekoliko desetinki sekunde do nekoliko sekundi. Dok se rez koristi u više svrha, pretapanje se koristi samo kako bi se dočarao protok vremena. Kad su dva kadra spojena pretapanjem, gledatelj će spontano, podsvjesno ili svjesno doživjeti tu vezu kadrova kao da je između njih prošlo neko neodređeno vrijeme. Nestajanje prostora, vremena i zvuka jednog kadra i nastajanje prostora, vremena i zvuka drugog kadra nemoguće je bez nekog prolaska vremena. To je razlog zašto se pretapanje često koristi u filmovima kronika i u biografijama kako bi se svjesno naglasio vremenski tok, duljina zbivanja i protjecanje vremena kao bitne egzistencijalne činjenice.[1]

Zatamnjenje i odtamnjenje

Zatamnjenje je pretapanje kadra u potpuno crnilo, dok je odtamnjenje potpuno suprotno od zatamnjenja, pretapanje iz potpunog crnila u novi kadar. Zatamnjenje i odtamnjenje su montažne spona koje se u filmu gotovo uvijek koriste jedna za drugom. Kao i kod pretapanja, ova montažna spona se koristi za dočaravanje toka vremena, ali za razliku od pretapanja koristi se na definitivnom završetku nekog razdoblja i na definitivnom početku novog razdoblja. Zatamnjenje ima vrijednost točke u filmu kojom završava neka veća cjelina pa zato svi filmovi završavaju zatamnjenjem. Da bi se prikazao dolazak nekog novog poglavlja u filmu koje nije posljedični nastavak prethodnog, retorički je najefikasnije odtamnjenje. Ista montažna spona koristi se i za zvuk (fade in i fade out). Svaki film počinje postepenim pojačavanjem zvuka (fade in), a završava postepenim stišavanjem zvuka (fade out).[1]

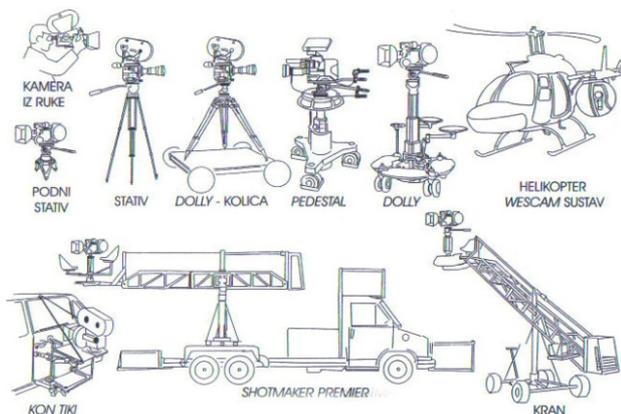
Zavjesa

Najrjeđe korištena od spomenutih montažnih spona je zavjesa. Naziv je dobila zbog efekta sličnog spuštanju zavjese u kazalištu, horizontalnog ili vertikalnog. Oba su kadra istog svjetlosnog intenziteta, samo što se kadar koji dolazi pojavljuje na rubu platna i brišući istiskuje prvi kadar sve dok ga potpuno ne prekrije. Pomoću zavjese izražava se nadmoć drugog kadra nad prvim. Važnost kadra koji dolazi veća je od kadra koji se istiskuje, pa se dobiva efekt „bilo je, pa prošlo“ i nastavlja se priča novim tokom.[1]

6. TEHNIČKA OPREMA

Postav kamere

Stativ je temeljni pribor za postav kamere. Stanje kamere, statično ili dinamično, uvelike ovisi o postavi kamere. Razvijene su razne naprave za postav kamere, od jednostavnih postolja do složenih sklopova kojima upravlja više ljudi ili računala. Pod nazivom stativ smatramo temeljni tronožac, dok se sve ostale naprave za postav kamere nazivaju postolja. Sam snimatelj u fizičkom smislu je postolja prilikom snimanja kamerom iz ruke. S obzirom na pokretljivost, postolja se dijele na vozna i nevozna. Vozna su postolja sva priručna vozila koje se koriste za dinamičko kretanje kamere kroz prostor pa kod takvih postolja možemo govoriti o dinamičkom postavi kamere, a mogu biti od jednostavnih dolly-kolica do specijaliziranih filmskih vozila. Nevozna postolja su nosači koji ne dopuštaju dinamičko kretanje kamere kroz prostor, pa se takav postav kamere naziva statički postav. Kod nevoznih postolja moguća je izvedba panoramskih pokreta kamere i na taj je način dopušten jedan aspekt dinamičkog postava kamere iako se radi o statičkom postavu. [12]



Slika 6.1. Postolja za postav kamere [12]

Prilikom snimanja dokumentarno-promotivnog filma o općini Cestica korištena su dva stativa s fluidnom panoramskom glavom - Libec LS-38(2A) i Manfrotto TR546GB.

Fluidna panoramska glava omogućuje upravljanje kamerom pomoću poluge koja se pritišće u suprotnom smjeru od željenog smjera kretanja kamere. Snimatelj lijevom rukom upravlja zumom i oštrinom, a desnom pomoću poluge upravlja pokretima kamere. Fluidna panoramska glava omogućuje prigušenje pokretljivosti oko vodoravne i okomite panoramske osi što olakšava zahtjevne panoramske pokrete kamerom. Ima sustav protuutega koji kameru automatski povlači u vodoravni položaj. [12]

Stativ Libec LS-38(2A) je u paketu s fluidnom glavom Libec H38. Ukupna nosivost stativa je maksimalno 8 kg, najveća visina je 159,5 cm, najmanja visina 55 cm, a ukupna težina stativa s glavom je 5,8 kg. Glava Libec H38 omogućava vodoravnu rotaciju od 360°, okomiti

pomak od + 90° do - 80°. Stativ je napravljen od aluminijske.



Slika 6.2. Stativ Libec LS-38(2A) s Libec H38 glavom [17]

Manfrotto TR546GB s glavom Manfrotto HD501HDV je aluminijski stativ koji teži 5,1 kg i podnosi maksimalno opterećenje od 6 kg. Najveća visina mu je 170 cm, a najmanja 44 cm. Glava Manfrotto HD501HDV omogućava vertikalnu rotaciju od - 60° do + 90° i horizontalnu panoramsku rotaciju od 360°.



Slika 6.3. Stativ Manfrotto TR546GB s glavom Manfrotto HD501HDV i torbom [18]

Kamera

Profesionalna videokamera je tehničko sredstvo vrhunske kvalitete za snimanje elektroničkih pokretnih slika.

Podjela profesionalnih videokamera:

- videokamera za prikupljanje vijesti elektroničkim putem ili ENG kamera (eng. Electronic news gathering) - reporterske videokamere ili videokamere za elektroničko novinstvo
- videokamera za elektroničku produkciju na terenu ili EFP kamere (eng. Electronic field production)
- studijske videokamere
- daljinske videokamere

Profesionalne prijenosne videokamere dimenzijski su veće od malih potrošačkih kamera i obično se nose na ramenu ili se montiraju na stativ.

Prilikom snimanja dokumentarno-promotivnog filma o općini Cestica korištena je ENG kamera. ENG kamere prvotno su zamišljene kao kamere za snimanje kratkih

reportaža na terenu, no s vremenom su zbog svoje lake primjene u svim uvjetima postale dominantan tip profesionalne videokamere. Koriste je manji video studiji za snimanje svadbi i sličnih proslava, ali i profesionalni video studiji za snimanje glazbenih spotova, reklama, dokumentarnih filmova, prijenosa uživo i sl. Iako se ENG kamere u nekim segmentima mogu uspoređivati s malim potrošačkim kamkorderima, postoje velike razlike, a neke od njih su:

- veličina - ENG kamere su veće pa se nose na ramenu ili se montiraju na stativ, i teže što smanjuje podrhtavanje slike
- 3 CCD ili CMOS čipovi, po jedan za svaku primarnu boju
- mogućnost promjene objektiva
- manualna i direktna kontrola zuma
- automatsko upravljanje može se kompletno isključiti, a postavkom balansa bijele boje, otvorom blende i fokusom može se upravljati manualno
- utor za priključivanje prijenosnog bežičnog mikrofona
- manualna kontrola snimanja zvuka

Korištena je kamera Sony DVCAM DSR-250. Neke od značajki kamere su 12X optički zum, pojačanje od 0, 3, 6, 9, 12, 18 dB, brzina zatvarača od $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{10000}$, minimalno osvjetljenje 2 lux-a. Kamera ima crno-bijelo CRT tražilo veličine 1.5 inča i TFT panel veličine 2.5 inča. Težina kamere je oko 4.5 kg, bez baterije. Maksimalno je moguće snimiti 270 minuta s jednim punjenjem baterije.[19]



Slika 6.4. Kamera Sony DVCAM DSR-250 [19]

Mikrofon

Prilikom snimanja dokumentarno-promotivnog filma korišten je osobni ili rever bežični mikrofon. Prvi naziv je dobio po tome što svaka snimana osoba ima takav mikrofon, a drugi jer se prikopčava snimanoj osobi na mjesto gdje dolazi rever. Za takvu vrstu mikrofona potrebno je imati cijeli set kojem pripada prijamnik, predajnik i mikrofon. Prijamnik se montira na kameru umjesto standardnog mikrofona kamere, a predajnik se obično prikopčava snimanoj osobi na remen s leđne strane da se ne vidi. Zatim se u predajnik uključi mikrofon koji se pričvrsti na odjeću u području torza snimane osobe, najviše 20 centimetara udaljen od usta. Domet takvih setova je minimalno 50 metara, a moguće je i više.[2]

Korišten je Sennheiser EW 100 ENG G3 set za snimanje zvuka. Set se sastoji od EK100 G3 prijemnika, SKP100

G3 predajnika i ME2 mikrofona. Značajke ovog UHF bežičnog mikrofona su 1680 podesivih frekvencija i spremanje 12 mogućih unaprijed zadanih frekvencija.[20]



Slika 6.5. Set Sennheiser EW 100 ENG G3 [20]

Rasvjeta

Osnovna uloga rasvjete je rasvjetljavanje prizora da bi bio vidljiv, usmjeravanje pozornosti gledatelja na željeni detalj, stvaranje ugodaja i treće dimenzije. Rasvjetna tijela možemo podijeliti na rasvjetna tijela s lećom i rasvjetna tijela bez leće.

Prilikom izrade dokumentarnog filma o općini Cestica korišten je obasjavač koji pripada rasvjetnim tijelima bez leće. Ima jednostavnu konstrukciju koja se sastoji od kućišta, zrcala i žarulje, što mu daje veliku efikasnost jer nema gubitaka svjetlosti. Obasjavač osvjetljava veliku površinu i to svjetlom dvostrukog karaktera. Jedan dio svjetla je tvrdi i jačeg intenziteta jer dolazi direktno iz žarulje, a drugi dio je mekaniji i slabijeg intenziteta jer dolazi odbijanjem svjetla od zrcala. Posljedica toga je i dvostruka sjena, jedna tvrđa, a druga mekša.[21]



Slika 6.6. Obasjavač [21]

7. ANALIZA REALIZIRANOG DOKUMENTARNO-PROMOTIVNOG FILMA

Da bi se ocijenila vrijednost dokumentarno-promotivnog filma o općini Cestica napravljena je komparacija s dokumentarnim filmom „Iz vrtloga smrti u vječnost“. Film „Iz vrtloga smrti u vječnost“ napravljen je prilikom otkrivanja spomenika u spomen na veliku nesreću na rijeci Dravi kod Preloga koja se dogodila 13. rujna 1953. godine, te je uradak profesionalne produkcije. Tog dana dogodila se najveća europska nesreća na rijekama u kojoj je izgubilo život 14 ljudi. Prilikom prelaska čamcem preko Drave došlo je do prevrtanja i tragedije. [9]

Prilikom otkrivanja spomenika žrtvama kod kapelice sv. Huberta grad Prelog je naručio snimanje kraćeg dokumentarnog filma o tragediji. Film je izradio studio Vipro i u izradi filma su sudjelovale četiri osobe: snimatelj, novinar, ton majstor i montažer. U filmu su intervjuirane tri osobe, dvije sudionice koje su preživjele tragediju i velečasni Antun Hobljaj. Još su i snimani kadrovi mjesta na Dravi gdje se ta tragedija dogodila, misa za žrtve tragedije, otkrivanje spomenika žrtvama te puštanje vijenaca u Dravu. Snimanje filma zahtijevalo je tri izlaska na teren kompletne ekipe (snimatelj, novinar i ton majstor) i uz pripreme novinara ono je trajalo oko 11 sati. Nakon snimanja uslijedila je montaža koja je trajala četiri radna dana. Krajnje trajanje filma je 15 minuta, a cijena je bila 10 tisuća kuna (rujan 2008. godine).



Slika 7.1. Omot DVD-a „Iz vrtloga smrti u vječnost“ [9]

Dokumentarno-promotivni film o općini Cestica moguće je komparirati s filmom „Iz vrtloga smrti u vječnost“ kako s umjetničkog, tako i s tehničkog stajališta. I jedan i drugi film nemaju veliku umjetničku vrijednost, već se ističe dokumentarna vrijednost filma. Glavni aspekt tih filmova bio je objektivizirati događaje i ljude. Korištena je ista oprema što se tiče kamere i montaže videa. Razlika je u snimanju zvuka: „Iz vrtloga smrti u vječnost“ sniman je u studiju, dok dokumentarni film o općini Cestica nije zbog financijskih razloga sniman u studiju. Četiri profesionalne osobe na području filma radile su sedam dana na izradi filma o tragediji na Dravi, a na filmu o općini Cestica radio je profesionalni snimatelj i dva amatera na ostalim poslovima (montaža, novinarstvo i asistiranje prilikom snimanja). Oni su radili četiri dana, dva su dana snimali i dva su dana radili montažu. Predviđeni troškovnik za film o općini Cestica napravljen u predprodukcijom planu, a iznosi 8800 kn. Najveća razlika je u tome što je taj film napravljen bez predviđenih novčanih sredstava i na bazi volonterstva snimatelja, montažera i asistenta, te je svu opremu sponzorirao foto i video studij Vipro iz Preloga. Film o tragediji na Dravi proizvod je profesionalne produkcije i budžet mu je 10 000 kn.

8. ZAKLJUČAK

Ovaj rad prolazi kroz ostvarenje dokumentarno-promotivnog filma o općini Cestica. Početak rada bavi se počecima dokumentarnog filma, a to su ujedno i sami počeci filma uopće. U ratnim razdobljima dokumentarni film dobiva novu ulogu i značaj, koristi se kao jako

propagandno sredstvo, ali to je i logičan slijed razvoja dokumentarnog filma. Do danas se dokumentarni film razvio u informativno-propagandno sredstvo u kojem autor često uz prijenos stvarnosti prenosi svoje mišljene o toj stvarnosti.

Sam početak realizacije dokumentarno-promotivnog filma je usko vezan uz definiranje zahtjeva. To je prva faza izrade filma. Jako je bitna u smislu da naručitelj mora autoru precizno prenijeti svoje zahtjeve, kako bi autor imao jasne smjernice za rad. Ako su zahtjevi loše definirani, konačni proizvod bi mogao stanovito odstupati od zamisli naručitelja.

Predprodukcija je ključna faza u kojoj se dobrom pripremom u vidu istraživanja terena i povijesti, te tehničkim stvarima kao što su odabir opreme i snimateljske ekipe može jako ubrzati ili usporiti proces izrade dokumentarnog filma. U ovoj fazi određuje se i cijena, naime financije uvelike određuju način na koji se pristupa projektu. Najveći problem prilikom razrade predprodukcijom plana zadavao je odabir sugovornika. Većina ljudi koji su bili odabrani nisu htjeli sudjelovati u projektu iz mnogih razloga, kao što su npr. trema, strah, nezainteresiranost i sl.

Nakon što se odradi predprodukcija potrebo je slijediti zacrtane ciljeve, naravno uz sitne promjene ako treba, u fazi produkcije. Iskustvo snimatelja vrlo pomaže prilikom snimanja jer o njegovom radu ovisi vrsnoća produkcije. Snimatelj mora znati koristiti tehnike snimanja i ujedno imati na umu estetske aspekte slike. Za vrijeme snimanja dokumentarno-promotivnog filma veliku ulogu odigralo je iskustvo snimatelja. Bez iskusnog snimatelja vrijeme snimanja bi se znatno odužilo i neki važni detalji ostali bi nezapaženi. Dobro snimljeni kadrovi, u kasnijoj fazi prilikom montaže, olakšavaju posao i štede vrijeme (time i novac) montažeru. Kako bi snimatelj i montažer dobro odradili svoj posao, moraju biti upoznati s tehnikama snimanja i editiranja slike i zvuka. Snimatelj mora ovladati ekspozicijom, balansom bijele boje, zumom, panoramskim pokretima i kompozicijom kadra. Dobar montažer bi trebao znati u kojem trenutku koju montažnu sponu koristiti (rez, pretapanje, zatamnjenje, odtamnjenje ili zavjesu) jer svaka daje poseban efekt i ritam filmu. Kako bi se takav projekt odradio, potrebno je imati uvid u tehničku opremu kao što je videokamera, stativ, mikrofoni i rasvjeta. Korištena oprema sasvim je zadovoljila potrebe snimanja, naravno i zbog iskustva i snalžljivosti snimatelja.

Zadnji dio rada uspoređuje dokumentarno-promotivni film o općini Cestica sa sličnim filmom profesionalne produkcije studija Vipro („Iz vrtloga smrti u vječnost“). Iako oba filma imaju velikih tehničkih sličnosti, osnovna razlika je u iskustvu i profesionalnosti ljudi koji su radili na njemu. Ta činjenica navodi na zaključak da je jedan od osnovnih faktora za izradu nekog dokumentarnog filma budžet. Veći budžet daje prostor za najam bolje opreme i ljudi, ali na drugoj strani daje naručitelju i veća očekivanja.

9. LITERATURA

- [1] Peterlić, A. Osnove teorije filma. Hrvatska sveučilišna naklada, 2001.
- [2] Ward, P.; Bermingham, A.; Wherry, C. Multiskilling for Television Production. Focal press, 2003.
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Documentary_film, lipanj, 2011.
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Workers_Leaving_the_Lumière_Factory lipanj 2011.
- [5] fotografije – Kralj Josip, kolovoz 2011.
- [6] www.mojmikro.si/v_praksi/nauci_se/kaj_pa_pred_s_nemanjem_in_po_njem kolovoz 2011.
- [7] <http://www.zebra-studio.com/frame/video/produkcija>, kolovoz, 2011.
- [8] <http://poslovnavigizija.hr/hr/foto-studio/video-produkcija>, kolovoz 2011.
- [9] Studio VIPRO, kolovoz 2011.

ZAVRŠNI RADOVI – ELEKTROTEHNIKA
od 07.06.2011. do 27.04.2012.

	PREZIME I IME	TEMA ZAVRŠNOG RADA	MENTOR
1	Pintarić Danijel	Elektromotorni pogon žičanih teretnih dizala	Josip Huđek, dipl.ing.
2	Jakopović Vladimir	Dinamička stanja elektromotornog pogona	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
3	Meštrić Mario	Frekvencijski regulirano dizalo	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
4	Rešetar Robert	Metode pokretanja asinkronih motora	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
5	Ivanušec Nikola	Psihoakustičko ispitivanje izobličenja na osjet kvalitete reprodukcije čistog tona i glazbe	dr.sc. Zlatan Ribić
6	Klobučarić Tomislav	Automatizacija obiteljske kuće - programsko rješenje	mr.sc. Mario Punčec, dipl.ing.
7	Ivančić Davor	Poredni istosmjerni generator	dr.sc. Branko Tomičić
8	Somođi Mladen	Prototipni digitalni sklop za mjerenje brzine temeljen na PIC16F84A mikrokontroleru	mr.sc. Mihael Kukec, dipl.ing.
9	Ratković Marko	Pulsni oksimetar	mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.
10	Pleh Ivan	Bežično upravljanje Arduino razvojnim sklopom pomoću Bluetooth veze	mr.sc. Mihael Kukec, dipl.ing.
11	Ratković Davor	Prototipni sklop i programska podrška za mjerenje i prikaz temperature	mr.sc. Mihael Kukec, dipl.ing.
12	Lacko Pavle	Implementacija sustava ZABBIX u telekomunikacijskoj mreži	mr.sc. Ladislav Havaš
13	Krnjak Danijel	Strujni transformatori	dr.sc. Branko Tomičić
14	Čekunec Danko	Upravljanje dizalom zgrade trokatnice	mr.sc. Mario Punčec, dipl.ing.
15	Antolašić Bojan	Upravljanje tlaka i nivoa pomoću PID regulatora	mr.sc. Mario Punčec, dipl.ing.
16	Boj Branimir	Detektor plina sa SMS upravljanjem	mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.
17	Šestani Nino	PIC/GSM alarm bez korištenja AT naredbi	mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.
18	Putar Vedran	Regulacija brzine vrtnje asinkronog motora izmjenjivačem s utisnutim naponom pomoću impulsno-širinske modulacije prostornog vektora	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
19	Turk Nikola	Impulsno-širinska modulacija prostornog vektora	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
20	Horvatić Tomislav	Prikaz EKG signala na LCD zaslonu pomoću PIC mikrokontrolera	mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.
21	Škrlec Kristijan	Analiza obrade signala na maketi fotopletizmografa	Miroslav Horvatić, dipl.ing.
22	Martinčević Smodek Tomica	Udarni trolpolni kratki spoj transformatora	dr.sc. Branko Tomičić
23	Hojski Dražen	Ispitivanje stanja kaveznog rotora	dr.sc. Branko Tomičić
24	Kovačić Goran	Dinamička stanja elektromotornog pogona sa jednofaznim asinkronim motorom	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
25	Sever Siniša	Automatika za sigurnosna vrata sa PLC-om i TD 200 pokaznikom	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
26	Predragović Tomislav	Električna osovina sa dvogrednom mosnom dizalicom	Josip Huđek, dipl.ing.
27	Majsan Marino	Automatizacija linije za punjenje krastavaca	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
28	Lapov Stipe	Nesimetrično opterećenje transformatora	dr.sc. Branko Tomičić
29	Benjak Stjepan	Transformator u V-spoju	dr.sc. Branko Tomičić
30	Hauptman Marko	Prilagodba i parametriranje mikrokontrolera za daljinski nadzor	mr.sc. Ladislav Havaš
31	Mađarić Ivica	Oblikovanje sustava za daljinski nadzor i upravljanje putem Web sučelja	mr.sc. Ladislav Havaš
32	Horvat Dražen	Automatizirana mješaonica stočne hrane	mr.sc. Mario Punčec, dipl.ing.
33	Karničnik Tihomir	Automatika za upravljanje T-raskrižjem pomoću PLC	Dunja Srpak, dipl.ing.el.

34	Vadas Marko	Zagrijavanje transformatora	dr.sc. Branko Tomičić
35	Šamec Kristijan	Generatori s permanentnim magnetima	dr.sc. Branko Tomičić
36	Puača Bojan	Upravljanje koračnim elektromotorom realizirano korištenjem mikrokontrolera	mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.
37	Svetec Ivica	Sustav za nadzor pomoću SMS poruka	mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.
38	Svetec Ivica	Detekcija broja otkucaja srca i tjelesne temperature pacijenta	mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.
39	Mikac Darko	Umjeravanje vodomjera	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
40	Podvezanec Damir	PID regulator temperature realiziran PIC mikrokontrolerom	mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.
41	Đebi Danijel	Prototipni sklop i programska podrška mjerača za udaljenosti izrađenog pomoću ultrazvučnog senzora na Arduino razvojnoj platformi	mr.sc. Mihael Kukec, dipl.ing.
42	Kos Mario	Pogon jednofaznog motora s dva statorska namota	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
43	Horvat Dominik	Ostvarenje dvosmjernog prijenos podataka između dva mikrokontrolera pomoću RF veze te prijenosa podataka između mikrokontrolera i računala Bluetooth vezom	mr.sc. Mihael Kukec, dipl.ing.
44	Srpak Mario	Bežično upravljanje koračnim motorom mikrokontrolerom PIC16F887 pomoću RF veze	mr.sc. Mihael Kukec, dipl.ing.
45	Ivančić Nenad	Vjetroagregat sa sinkronim generatorom	dr.sc. Branko Tomičić
46	Jagić Davor	Uvođenje GIS-a u HEP ODS d.o.o. Elektra Zabok	mr.sc. Ladislav Havaš
47	Pretković Dubravko	Automatizacija proizvodne linije u tvornici stočne hrane	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
48	Sekol Zoran	Projekt stabilnih sustava u automatiziranoj vatrozaštiti	Josip Huđek, dipl.ing.
49	Furjan Goran	Elektromotorni pogon električnim strojevima s permanentnim magnetima	Josip Huđek, dipl.ing.
50	Slukić Vedran	Bežično programiranje mikrokontrolera PIC16F877 pomoću Bluetooth sučelja osobnog računala	mr.sc. Mihael Kukec, dipl.ing.
51	Barić Tomislav	Analiza stabla kvara na primjeru elektro komponenata motornih vozila	dr.sc. Živko Kondić
52	Lukavečki Mirko	Korištenje termografije u održavanju industrijskih postrojenja	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
53	Fečkeš Igor	Vizualizacija procesa automatizirane hranilice	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
54	Knezić Damir	Automatizacija punilice mlijeka zamjenom relejne logike PLC-om	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
55	Dokić Nikola	Vizualizacija procesa punjenja i pakiranja staklenki	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
56	Kneklin Andre Ivan	Parametriranje protokola za dinamičko usmjeravanje IP prometa u bežičnoj mreži sa tri pristupne točke spajanja	mr.sc. Ladislav Havaš
57	Čoh Franjo	Upravljanje crpkama za vodu rashladnog kruga staklarske peći	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
58	Škudar Marko	Mjerenje i regulacija temperature zraka u prostorijama realizirana korištenjem računala i akvizicijske kartice	Miroslav Horvatić, dipl.ing.
59	Kraus Ivica	Modifikacija sustava EMP-a za sušenje želatinskih kapsula	Josip Huđek, dipl.ing.
60	Barulek Luka	Elektromotorni pogon sa kolektorskim strojem	Dunja Srpak, dipl.ing.el.
61	Stanko Davor	Pogonski kvarovi kod asinkronih motora	Dunja Srpak, dipl.ing.el.

ZAVRŠNI RADOVI – MULTIMEDIJA, OBLIKOVANJE I PRIMJENA
od 14.06.2011. do 30.05.2012.

	PREZIME I IME	TEMA ZAVRŠNOG RADA	MENTOR
1	Križan Siniša	Autodesk Maya – povezivanje i plugin metode	Damir Vusić, dipl.ing.
2	Jug Mario	Usporedba i primjena elektrofotografskog i ink-jet CtP postupka u tisku malih naklada	dr.sc. Marin Milković, prof. visoke škole
3	Novak Denis	Utjecaj prijeloma naslovnice dnevnih novina na potencijalne kupce	Dean Valdec, dipl.ing.
4	Đuras Krunoslav	Upravljanje promjenama u organizacijama	mr.sc. Mario Tomiša, dipl.ing.
5	Jakopec Brigita	Škola i oglašavanje: reklamna kampanja za Elektrostrojarsku školu Varaždin	Darijo Čerepinko, dipl.ing.
6	Jurešić Kristina	Utjecaj dominantnog oka na percepciju prilikom fotografiranja	Mario Periša, dipl.ing.
7	Naranda Maja	Fotografija kao javna ili privatna stvar	pred. Mario Periša, dipl.ing.
8	Trojko Domagoj	Razvoj korisničkog sučelja za osobe s ograničenim snalaženjem s tehnologijom mobilne telefonije	Damir Vusić, dipl.ing.
9	Čerjavić Dario	Tutorial za izradu plakata u aplikaciji Adobe Photoshop	Damir Vusić, dipl.ing.
10	Čut Tomislav	Utjecaj intenziteta svjetla na reprodukciju boje u digitalnoj fotografiji	pred. Mario Periša, dipl.ing.
11	Murić Dino	Primjena <i>trappinga</i> za tisak ambalaže	Dean Valdec, dipl.ing.
12	Ferenčak Ivan	Produkcija autorske skladbe glazbenog dueta — realizacija u digitalnoj audio radnoj stanici	mr.sc. Robert Logožar, dipl.ing.
13	Bogatinovski Karmen	Produkcija autorske skladbe glazbenog dueta — kompozicijski, aranžerski i vokalni aspekti	mr.sc. Robert Logožar, dipl.ing.
14	Cerjan Milan	Napredna upotreba Adobe Photoshopa – fotorealistične montaže	Damir Vusić, dipl.ing.
15	Canjuga Alen	Emocionalni branding u 21. stoljeću	mr.sc. Mario Tomiša, dipl.ing.
16	Janković Mario	Upotreba WordPressa u izradi web sjedišta	mr.sc. Mario Tomiša, dipl.ing.
17	Čondrić Katarina	Likovni aspekti fotografije	Mario Periša, dipl.ing.
18	Đurin Mirjana	Psihologija boja na ambalaži kreme za ruke	dr.sc. Igor Zjakić
19	Plantak Ivana	Utjecaj i psihologija kombinatorike boja u poslovnim prostorima	dr.sc. Igor Zjakić
20	Plečaš Marino	Uloga ilustracije u grafičkom dizajnu	mr.sc. Mario Tomiša, dipl.ing.
21	Šestak Antonija	Psihologija boja na ambalaži kave	dr.sc. Igor Zjakić
22	Turanjanin Maja	Utjecaj osnovnih promjenjivih parametara pisama na čitljivost teksta	dr.sc. Igor Zjakić
23	Kokotec Nikola	Upravljanje kriznim situacijama i alati za njihovo rješavanje	Darijo Čerepinko, dipl.ing.
24	Firšt Emil	Automatizacija radnog tijeka u grafičkoj pripremi	Dean Valdec, dipl.ing.
25	Koren Ana	Umjetnička fotografija	Mario Periša, dipl.ing.
26	Todorovski Andrej	Plakat kao element vizualne komunikacije	mr.sc. Mario Tomiša, dipl.ing.
27	Ribić Tomislav	Tipografija dvadeset i prvog stoljeća	mr.sc. Mario Tomiša, dipl.ing.
28	Vuk Antun	Praktična kalibracija Ink Jet pisača	dr.sc. Marin Milković, prof. visoke škole
29	Petrić Dario	Kartoni – od tehnologije proizvodnje do konačne primjene	Damir Vusić, dipl.ing.
30	Jelušić Jelena	Greške u tisku nastale zbog neadekvatnog dizajna i rješenja	Damir Vusić, dipl.ing.
31	Čalopek Krešo	Uloga fotografije u zaštiti okoliša	pred. Mario Periša, dipl.ing.
32	Turkalj Miran	Produkcija zabavno-informativne emisije Xica TV	mr.sc. Dragan Matković
33	Juren Ivan	Odnos elemenata kompozicije i formata slike	Mario Periša, dipl.ing.

34	Gajević Srđan	Integracija teksta i slike u izradi prijeloma časopisa	Dean Valdec, dipl.ing.
35	Vujčec Irma	Stolno izdavaštvo, izrada prijeloma brošure Veleučilišta u Varaždinu	Dean Valdec, dipl.ing.
36	Pavlović Zoran	Automatizacija prijeloma u InDesignu pomoću baze podataka	Dean Valdec, dipl.ing.
37	Majnarić Tin	Usporedba tehnika kolorne podloge (Chroma key) kod snimanja emisija u studiju	mr.sc. Dragan Matković
38	Brezovec Tea	Autodesk Maya – Poligonalno i NURBS modeliranje	dipl.ing. Damir Vusić
39	Drvarek Bojan	Primjena programskog okruženja SynthEdit za kreaciju softverskih sintetizatora zvuka	mr.sc. Robert Logožar, dipl.ing.
40	Kahriman Nikola	Skladanje, aranžiranje, izvedba i glazbena produkcija instrumentalne rock skladbe	mr.sc. Robert Logožar, dipl.ing.
41	Hajster Bojan	Izmjera akustičkih izolacijskih svojstava vrata primjenom različitih metodologija i instrumentacije	mr.sc. Robert Logožar, dipl.ing.
42	Ban Ivan	Glazbena produkcija dviju autorskih pjesama rock sastava	mr.sc. Robert Logožar, dipl.ing.
43	Gyofi Martina	Izrada videospota rock glazbe	mr.sc. Dragan Matković, dipl.ing.
44	Milec Zlatko	Vizualni identitet superjunaka	mr. sc. Mario Tomiša, dipl. ing
45	Goričanec Radovan	Dizajn web stranica za ljude s posebnim potrebama	mr. sc. Mario Tomiša, dipl. ing
46	Kunić Bojan	Interna komunikacija kao element poslovne strategije	Darijo Čerepinko, dipl. ing.
47	Krajcer Igor	Marketing i oglašavanje na Internetu	Darijo Čerepinko, dipl. ing.
48	Oršolić Miroslav	Unaprijeđenje komunikacije i oglašavanje na Internetu za ma le poduzetnike	Darijo Čerepinko, dipl. ing
49	Stuparić Renato	Dinamička obrada web stranica pomoću WordPress sustava	mr.sc. Mario Tomiša, dipl.ing
50	Šestak Tomislav	Joomla CMS – ”open source” sustav za upravljanje web sadržajima	mr.sc. Mario Tomiša, dipl.ing
51	Žuliček Mario	Integrirana marketinška komunikacija u lokalnoj zajednici: primjer Lepoglave	Darijo Čerepinko, dipl. ing.
52	Habunek Danijela	Integrirana marketinška komunikacija za promociju novog Pilates studija u Varaždinu	Darijo Čerepinko, dipl. ing.
53	Prizl Marko	Rebranding kao alat povećanja prodaje prehrambenog proizvoda	Darijo Čerepinko, dipl. ing.
54	Tomšić Roberta	Novine kao grafički proizvod	mr. sc. Mario Tomiša, dipl. ing.
55	Maradin Dario	Brainstorming u procesu izrade brošure studija Multimedija, oblikovanje i primjena	mr. sc. Mario Tomiša, dipl. ing.
56	Čovran Krunoslav	Autodesk Maya – Dynamics	Damir Vusić, dipl. ing
57	Domuzin Zoran	Autodesk Maya – renderiranje: Mental Ray	Damir Vusić, dipl. ing
58	Korač Hrvoje	Autodesk Maya – Dynamics: Particles	Damir Vusić, dipl. ing
59	Ribić Danijel	Autodesk Maya – Izrada 3D karaktera za igre	Damir Vusić, dipl. ing
60	Vadunec Miroslav	Autodesk Maya – Realističnost prikaza uz studio HDR osvjetljenje	Damir Vusić, dipl. ing
61	Glad Hrvoje	Boje u fleksotisku	Damir Vusić, dipl. ing
62	Kotlar Mario	Ptex – Sustav mapiranja tekstura	Damir Vusić, dipl. ing
63	Saraja Mateja	Adobe Photoshop – selektiranje i maskiranje	Damir Vusić, dipl. ing
64	Jamnik Matija	Osnove Qt razvojnog okvira sa posebnim naglaskom na mobilne aplikacije	mr. sc. Mihael Kukec, dipl. ing
65	Čihal Ivana	Analiza digitalnog tiska na tekstilu	dr. sc. Marin Milković
66	Čupić Emil	Utjecaj boje na percepciju proizvoda i marketing	dr. sc. Marin Milković
67	Kolarek Ida	Vizualni efekti koji induciraju iluziju kretanja	dr. sc. Marin Milković
68	Švetak Tomislav	Analiza karakteristika „Computer to plate“ sustava	dr. sc. Marin Milković
69	Mundar Mario	Problem perspektive i uloga 3D fotografije u arhitekturi	pred. Mario Periša, dipl. ing
70	Alešković Karmen	Medijska fotografija	pred. Mario Periša, dipl. ing

71	Kostanjevec Sanja	Javna edukacijska kampanja za poticanje doniranja organa nakon smrti	Darijo Čerepinko, dipl. ing
72	Košćak Klaudija	Prednosti i nedostaci oglašavanja trgovačkog društva u lokalnoj zajednici	Darijo Čerepinko, dipl. ing
73	Posavec Emil	Usporedba izrade plakata velikih formata u offsetnoj i digitalnoj tehnici tiska	dr.sc. Marin Milković
74	Pošpaić Ivan	Autodesk Maya – Osvjetljenje i realističan prikaz objekta	Damir Vusić, dipl. ing
75	Hrašćanec Hrvoje	Autodesk Maya – Izrada animacije lica	Damir Vusić, dipl. ing
76	Cindrić Gordon	Proizvodnja dokumentarnog glazbenog filma	mr.sc. Dragan Matković, dipl.ing.
77	Mesec Martin	Određivanje karakteristika prijeloma dnevnih novina i njegov utjecaj na čitljivost teksta	Dean Valdec, dipl. ing
78	Prohaska Ivan	Skladanje, aranžiranje, izvedba i glazbena produkcija instrumentalne skladbe u „Gypsy-Jazz“ stilu	mr. sc. Robert Logožar, dipl.ing.
79	Dominović Alen	ATSC sustav za radiodifuziju digitalnog televizijskog signala	mr.sc. Dragan Matković, dipl.ing.
80	Kralj Josip	ATSC sustav za radiodifuziju digitalnog televizijskog signala	mr.sc. Dragan Matković, dipl.ing.
81	Premužić Mihaela	Optimalna čitljivost	dr. sc. Igor Zjakić
82	Peić Dalibor	Skeniranje i digitalizacija podataka za primjenu u tiskanom i digitalnim medijima	Dean Valdec, dipl. ing
83	Mihalic Marko	Arhiviranje fotografija	Mario Periša, dipl.ing
84	Čižmak Luka	Digitalna tamna komora	Mario Periša, dipl.ing
85	Novak Denis	Usporedba alata za stolno izdavaštvo: InDesign / QuarkXPress	Dean Valdec, dipl.ing.
86	Kelemen Ivana	Akustičko projektiranje audiolaboratorija Veleučilišta u Varaždinu	mr. sc. Robert Logožar, dipl.ing
87	Dubovečak Mario	Projektiranje i izrada vrata audiolaboratorija na Veleučilištu u Varaždinu, te izmjera akustičkih izolacionih svojstava	mr. sc. Robert Logožar, dipl.ing
88	Međimurec Nenad	Definiranje zahtjeva softverskog sustava za učenje pomoću osobnih prenosivih uređaja	mr.sc. Mihael Kukec, dipl.ing
89	Horvat Dario	Tutorial za izradu logotipa upotrebom Adobe aplikacija	Damir Vusić, dipl. ing.
90	Jelenski Goran	Plakati u političkim kampanjama	Dean Valdec, dipl. ing

ZAVRŠNI RADOVI – PROIZVODNO STROJARSTVO
od 07.06.2011. do 27.03.2012.

	PREZIME I IME	TEMA ZAVRŠNOG RADA	MENTOR
1	Radmanić Boris	Projektiranje i razrada hladnjače manjeg kapaciteta, za čuvanje jabuka	Damir Maderić, dipl.ing.
2	Međeral Renato	Tehnologija izrade nosača rashladnog ventilatora RV-250-2	mr.sc. Zlatko Botak
3	Kolarek Matija	Proces proizvodnje vratila za stolnu bušilicu ALZTRONIC 14	mr.sc. Zlatko Botak
4	Grđan Dalibor	Proizvodni postupak izrade stožastog para zupčnika s ravnim zubima	mr.sc. Zlatko Botak
5	Vincek Matija	Proces proizvodnje kućišta reduktora GGB-S-3 lijevanjem u pješčani kalup	mr.sc. Zlatko Botak
6	Habulan Mario	Analiza postupaka održavanja motornih vozila na primjeru autocentra "Kos" i motornih vozila Renault	dr.sc. Živko Kondić
7	Kanjir Alen	Sustav upravljanja mjernom, kontrolnom i ispitnom opremom u poduzeću ITAS prvomajska d.d.	dr.sc. Živko Kondić
8	Vuković Igor	Proizvodni postupak izrade prirubnice stroja za pakiranje tekućih medija	mr.sc. Zlatko Botak
9	Koričan Mario	Proces proizvodnje armature filtra DN300 lijevanjem u pješčani kalup	mr.sc. Zlatko Botak

10	Gotal Marko	Projektiranje i razrada rashladnog uređaja za hlađenje ormara za čuvanje pivskih bačvi	Damir Mađerić, dipl.ing.
11	Šemiga David	Razrada i ispitivanje uređaja za hlađenje i distribuciju vina pakiranog u "bag in box" ambalaži	Damir Mađerić, dipl.ing.
12	Pintarić Mario	Projektiranje i razrada geotermalne dizalice topline	Damir Mađerić, dipl.ing.
13	Habulan Marko	Proces, tehnologija, kontrola i organizacija proizvodnje inox cijevi za zavojnice rashladnih uređaja	dr.sc. Živko Kondić
14	Vlah Nikola	Horizontalna preša-balirka potiska 30 tona	Franjo Maroević, dipl.ing.
15	Baranašić Miro	Proces izrade poklopca tlačne posude visokonaponskog prekidača	mr.sc. Zlatko Botak

ZAVRŠNI RADOVI – GRADITELJSTVO
od 14.06.2011. do 05.04.2012.

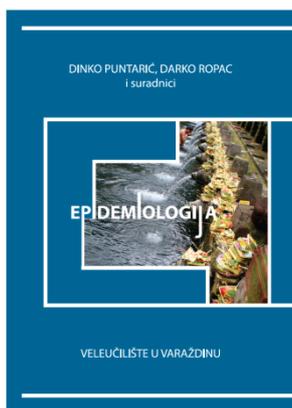
	PREZIME I IME	TEMA ZAVRŠNOG RADA	MENTOR
1.	Videc Robert	Postupak ugovaranja izvođenja radova	Mirna Amadori, dipl.ing. građ.
2.	Trabe Tanja	Praćenje pomaka i deformacija betonskih brana	dr.sc. Milan Rezo
3.	Maček Darko	Zidovi kao nosivi i nenosivi elementi u graditeljstvu	Mirna Amadori, dipl.ing. građ.
4.	Kovačić Denis	Podovi kao konstrukcije i završne obloge	Mirna Amadori, dipl.ing. građ.
5.	Šarić Krunoslav	Određivanje maksimalnih protoka pomoću parametarskih metoda na slivu potoka Gradišćak	mr.sc. Ivica Mustać
6.	Banić Hrvoje	Kućne instalacije	Mirna Amadori, dipl.ing. građ. Martina Cesar Kelemen, dipl.ing. građ.
7.	Biškup Siniša	Statički proračun "fert" stropa i a.b. elemenata obiteljske kuće	dr.sc. Krešo Ivandić, doc.
8.	Čusek Ivica	Sustavi odvodnje	Mirna Amadori, dipl.ing. građ.
9.	Feljan Nevinko	Koncepti inženjeringa okoliša u vodnom gospodarstvu	dr.sc. Zvonimir Vukelić, redoviti prof.
10.	Horvat Josipa	Dozvole za izgradnju mosta na Sutli	Mirna Amadori, dipl.ing. građ.
11.	Hranilović Vjenceslav	Primjena suvremenih materijala i rješenja u graditeljstvu kod geotehničkih zahvata	prof.dr.sc. Božo Soldo, dipl.ing.
12.	Kos Blaženka	Projektno - tehnička dokumentacija	Mirna Amadori, dipl.ing. građ.
13.	Turković Željko	Koncepti zahvata površinskih voda	dr.sc. Zvonimir Vukelić, redoviti prof.
14.	Vindiš Matija	Statički proračun a.b. elemenata obiteljske kuće	dr.sc. Krešo Ivandić, doc.
15.	Horvat Emil	Primjena mlaznog injektiranja u zaštiti građevinske jame	prof.dr.sc. Božo Soldo, dipl.ing.
16.	Zorec Janja	Montažno građenje	Mirna Amadori, dipl.ing. građ.
17.	Čižmešija Zvonimir	Potvrđivanje sukladnosti betona kao građevnog proizvoda prema normi HRN EN 206-1	dr.sc. Krešo Ivandić, doc.
18.	Benjak Mladen	Prijedlog vodoopskrbe u Varaždinskom topličkom gorju	prof.dr.sc. Mladen Kranjčec
19.	Futač Vladimir	Sanacija klizišta na paralelnoj cesti autoceste Zagreb-Macelj	prof.dr.sc. Božo Soldo, dipl.ing.
20.	Magdalenić Josip	Kućne instalacije	Mirna Amadori, dipl.ing. građ.
21.	Vincek Davor	Proizvodnja prednapregnutih elemenata	Mirna Amadori, dipl.ing. građ.
22.	Ivanušec Dario	Predgotovljeni betonski proizvodi-linijski konstrukcijski elementi: stup kao element promatran u postupku proračuna kroz faze proizvodnje, transporta, gradnje i korištenja građevine	dr.sc. Krešo Ivandić, doc.
23.	Vresk Siniša	Izvanredno održavanje mosa preko rijeke Drave na D3 kod Varaždina	prof.dr.sc. Božo Soldo, dipl.ing.
24.	Čačko Matija	Organizacija izvedbe radova obiteljske kuće	Mirna Amadori, dipl.ing. građ.

25	Herceg Marko	Primjer proračuna AB ploče na proboj	dr.sc. Krešo Ivandić, doc.
26	Horvat Sandra	Projekt organizacije građenja centra za odgoj i obrazovanje Tomislav Špoljar u Varaždinu	Mirna Amadori, dipl.ing.grad.
27	Ipša Matija	Primjer zamjene temeljnog tla	prof.dr.sc. Božo Soldo, dipl.ing.
28	Miholčić Ivan	Načini odvodnje prometnica	dr.sc. Zvonimir Vukelić, redoviti prof.
29	Petak Matej	Organizacija izvedbe radova kuća u nizu	Mirna Amadori, dipl.ing.grad.
30	Vešligaj Nikola	Organizacija građenja dvodjelne športske dvorane Đurmanec	Mirna Amadori, dipl.ing.grad.
31	Vulić Ivan	Primjer proračuna AB ploče nosive u dva smjera	dr.sc. Krešo Ivandić, doc.
32	Šalković Darko	Drvene krovne konstrukcije i pokrovi	Mirna Amadori, dipl.ing.grad.

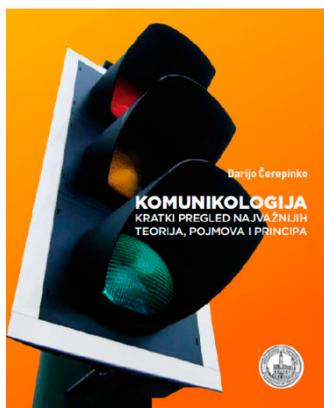
ZAVRŠNI RADOVI – TEHNIČKA I GOSPODARSKA LOGISTIKA
od 28.06.2011. do 16.05.2012

	PREZIME I IME	TEMA ZAVRŠNOG RADA	MENTOR
1	Liber Ana	Logistika povrata otpadnih vozila	mr. sc. Sanjana Buć
2	Novak Nedeljko	Prijedlog poboljšanja upravljanja službom TPV-a	dr.sc. Dragutin Funda
3	Slunjski Davor	Uloga i mjesto mikro klime u primarnom proizvodnom procesu tova peradi	dr.sc. Živko Kondić
4	Detić Mario	Razvoj, izrada i poboljšavanje stroja za izdvajanje zrna pšenice	dr.sc. Živko Kondić
5	Margetić Nikolina	Sustav upravljanja sigurnošću i zaštitom zdravlja pri radu u odjelu radiologije opće bolnice Varaždin	dr.sc. Živko Kondić
6	Makaj Sabina	Proces skladištenja robe i verifikacije robe od dobavljača na primjeru trgovačkog poduzeća Baumax	dr.sc. Živko Kondić
7	Križanec Mladen	Specifičnosti organizacije i menadžmenta u građevinskoj industriji	dr.sc. Dragutin Funda
8	Mavrek Antonio	Sustavi zaštite zdravlja i sigurnosti na radu zaposlenika	dr.sc. Dragutin Funda
9	Petak Danijela	Društveno odgovorno poslovanje	dr.sc. Dragutin Funda
10	Novotny Darko	Sustavi upravljanja kvalitetom	dr.sc. Dragutin Funda
11	Vranić Mladen	Distribucija i skladištenje borbenih sredstava	dr.sc. Kristijan Rogić
12	Šambar Marko	Primjena automatski vođenih vozila u skladištima	dr.sc. Goran Đukić
13	Vučković Ana	Sustav upravljanja sigurnošću i zaštitom zdravlja pri radu u odjelu za rehabilitaciju specijalne bolnice za medicinsku rehabilitaciju Varaždinske Toplice	dr.sc. Živko Kondić
14	Juran Domagoj	Implementacija HACCP-a u proizvodnji bučinog ulja	dr.sc. Dragutin Funda
15	Vitez Nikola	Informatizacija skladišta	mr.sc. Ladislav Havaš, dipl.ing.
16	Bogomolec Robert	Uloga izgradnje malih hidroelektrana na tržištu EES Hrvatske	Darko Kuća, dipl.ing.el.
17	Rihtarić Tanja	Značaj primjene ISO norme u upravljanju ljudskim potencijama	mr.sc. Sanjana Buć;
18	Miličević Martina	Organizacija logistike međunarodne distribucije robe	mr.sc. Sanjana Buć;
19	Peček Luka	Upotreba revizijskih izvještaja pri donošenju odluka menadžmenta	dr.sc. Dragutin Funda
20	Anđel Alen	Marketinški plan poduzeća "Ivančica" Ivanec	dr.sc. Dragutin Funda
21	Križek Ivana Aurelija	Modernizacija alatnih strojeva	Božo Bujanić, dipl. ing
22	Željeznjak Tamara	Utjecaj kemijskog sastava na mehanička svojstva polietilenske folije	Božo Bujanić, dipl. ing

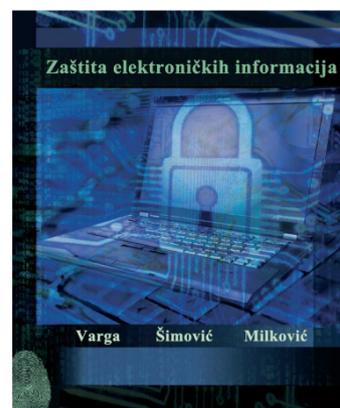
23	Kelemen Mirna	Upravljanje ljudskim potencijalima organizacije	Tomislava Majić, mag. oec
24	Makaj Mišel	Poboljšanje poslovnih procesa uporabom benchmarkinga	Tomislava Majić, mag. oec
25	Ružić Nikola	Uloga strateškog menadžmenta u poslovanju poduzeća	Tomislava Majić, mag. oec
26	Detić Tomislav	Poslovni benchmarking	Tomislava Majić, mag. oec
27	Sokolić Denis	Projektiranje skladišta-Primjena suvremenih metoda i tehnologija	dr.sc. Goran Đukić
28	Žmuk Marko	Distribucija mliječnih proizvoda	dr.sc. Kristijan Rogić
29	Krištofić Marijeta	Prikaz i analiza skladišnog sustava poduzeća Linea Cod d.o.o.	dr.sc. Goran Đukić;
30	Megloba Damjan	Željeznički prijevoz i infrastruktura kao element fizičke distribucije roba	dr.sc.Kristijan Rogić
31	Marković Marina	Trendovi u tehničko – tehnološkim karakteristikama viličara	dr.sc. Goran Đukić
32	Varović Jasmina	Prikaz i analiza skladišnog sustava i procesa poduzeća Oprema -Ludbreg	dr.sc. Goran Đukić
33	Kucec Marija	Prikaz i analiza skladišnog sustava i procesa poduzeća Hespo d.o.o. Prelog	dr.sc. Goran Đukić
34	Maloić Helena	Prikaz i analiza skladišnog sustava i procesa skladišta Intereurope	dr.sc. Goran Đukić
35	Lončar Mario	Logistički outsourcing prijevoznog poduzeća na primjeru Vindije Varaždin	Goran Kolarić, dipl.ing.
36	Kolar Mario	Realizacija nabave u građevinskom poduzeću	Goran Kolarić, dipl.ing.
37	Mraz Katarina	Meduodnos logističkog planiranja proizvodnje, distribucije i transporta na primjeru Belupo d.d.	Goran Kolarić, dipl.ing.
38	Darabuš Martina	Lanac opskrbe i logistika u poduzeću Vitis d.o.o.	mr.sc.Goran Kozina dipl.ing
39	Hendija Bruno	Distribucija kućanskih aparata Končar	dr.sc. Kristijan Rogić

**EPIDEMIOLOGIJA**

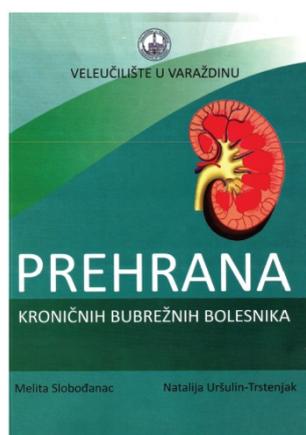
DINKO PUNTARIĆ, DARKO ROPAC I SURADNICI

**KOMUNIKOLOGIJA, KRATKI PREGLED NAJVAŽNIJIH TEORIJA, POJMOVA I PRINCIPA**

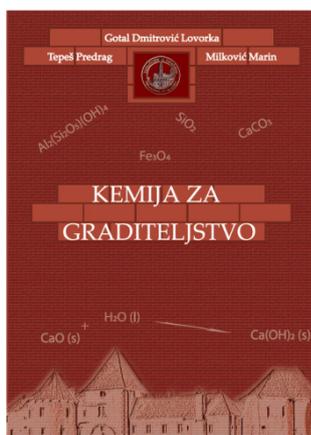
DARIJO ČEREPINKO

**ZAŠTITA ELEKTRONIČKIH INFORMACIJA**

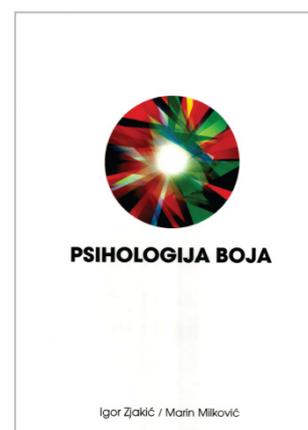
MATIJA VARGA, VLADIMIR ŠIMOVIĆ, MARIN MILKOVIĆ

**PREHRANA KRONIČNIH BUBREŽNIH BOLESNIKA**

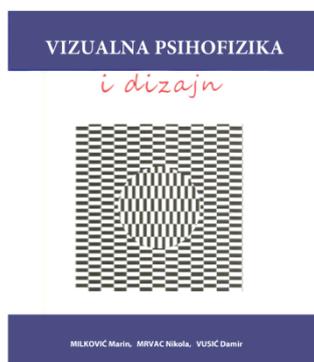
NATALIJA URŠULIN-TRSTENJAK

**KEMIJA ZA GRADITELJSTVO**

LOVORKA GOTAL DMITROVIĆ, PREDRAG TEPEŠ, MARIN MILKOVIĆ

**PSIHOLOGIJA BOJA**

IGOR ZJAKIĆ, MARIN MILKOVIĆ

**VIZUALNA PSIHOFIZIKA I DIZAJN**

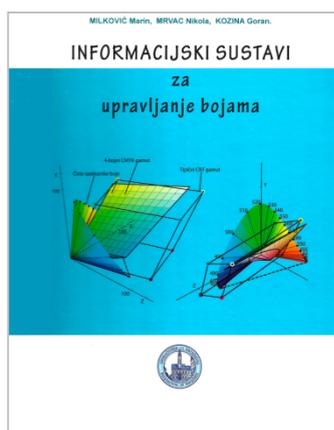
MARIN MILKOVIĆ, NIKOLA MRVAC, DAMIR VUSIĆ

**KOLORIMETRIJA U MULTIMEDIJSKIM KOMUNIKACIJAMA**

MARIN MILKOVIĆ, IGOR ZJAKIĆ, DAMIR VUSIĆ

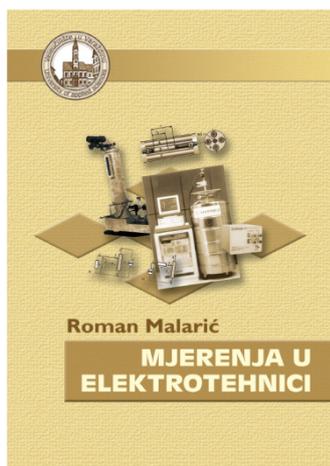
**SUSTAVI VREDNOVANJA BOJE**

DEAN VALDEC



INFORMACIJSKI SUSTAVI ZA UPRAVLJANJE BOJAMA

MARIN MILKOVIĆ, NIKOLA MRVAC, GORAN KOZINA



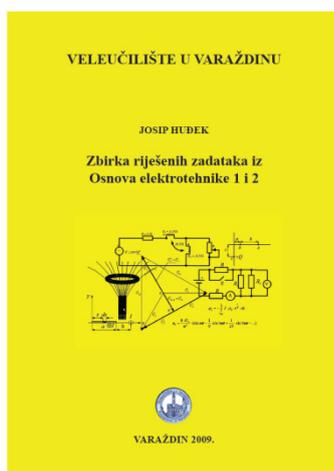
MJERENJA U ELEKTROTEHNICI

ROMAN MALARIĆ



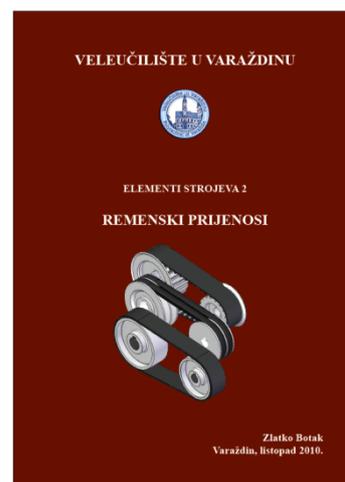
STATISTIČKA KONTROLA KVALITETE

ŽILJKO KONDIĆ



ZBIRKA RIJEŠENIH ZADATAKA IZ OSNOVA ELEKTROTEHNIKE 1 I 2

JOSIP HUĐEK



ELEMENTI STROJEVA 2 – REMENSKI PRIJENOSI

ZLATKO BOTAK

VELV PRIMIO DVA VRIJEDNA CERTIFIKATA

Predsjednik Uprave certifikacijske kuće 'TüV Croatia' Đuro Tunjić, uručio je po završetku postupka certifikacije predstavnicima Veleučilišta Certifikat ISO 9001:2008 i Certifikat o energetske učinkovitosti.



ISO 9001:2008 međunarodni je standard koji regulira sustav upravljanja kvalitetom u području rada i ustrojstva organizacija i koji jamči kontinuitet u razini kvalitete rada Veleučilišta. Certifikat o energetske učinkovitosti, kojim se definira razina potrošnje i uštede energije, od kraja ove godine bit će obavezan za sve zgrade javne namjene, a Veleučilište u Varaždinu uvodi ga među prvima u Varaždinskoj županiji, ali i u Hrvatskoj.

O vrijednosti dobivenih certifikata govori i činjenica da je VELV certificirala hrvatska podružnica renomirane njemačke certifikacijske kuće 'TüV', koja se smatra jednom od najvećih i najjačih certifikacijskih kuća u Europi. 'TüV Croatia' dio je 'TüV Nord Grupe', kuće koja djeluje već 140 godina i zapošljava 16.000 većinom visokoobrazovanih stručnjaka te ima urede u 70 zemalja diljem svijeta, što dovoljno govori o razini i kriterijima koji su primijenjeni prilikom procesa certifikacije, a što dobivene certifikate čini još značajnijima.

Primajući potvrde o zadovoljenju spomenutih standarda dekan Veleučilišta, prof. dr. sc. Marin Milković istaknuo je kako je riječ o primjeni, ali i nastavku kontinuiranog usmjerenja prema trajnom povećanju kvalitete poslovnih procesa na ustanovi te poboljšavanju uvjeta i načina rada na Veleučilištu. 'Ne mislimo stati samo na ovome', istaknuo je Milković, 'već dalje planiramo podizati razinu kvalitete potrebe i za certifikate u području zaštite na radu, zaštite okoliša i drugih'. Doc. dr. sc. Živko Kondić, predsjednik povjerenstva za unapređenje i osiguranje kvalitete naglasio je kako je riječ reorganizaciji unutarnjeg ustrojstva ustanove usmjerenog prema standardima međunarodno usvojenih smjernica, čime će Veleučilište dodatno ojačati svoju reputaciju i poziciju. Predsjednik Uprave 'TüV Croatia' Đuro Tunjić istaknuo je zadovoljstvo suradnjom s Veleučilištem te naglasio kako je VELV dostigao standarde koji će mu u budućnosti olakšati poslovanje, ali i otvoriti mnoga, do sada potencijalno zatvorena vrata.

Dobivanje ova dva vrijedna certifikata još je jedan dokaz da Veleučilište u Varaždinu, s više od 3000 studenata na šest različitih studija, spada u sam vrh veleučilišta i visokih škola u Hrvatskoj. Na temeljima Visoke elektrotehničke škole u Varaždinu, koja je počela s radom akademske godine 2001/02. u samo nekoliko godina preraslo u jednu od vodećih institucija ovog tipa u Hrvatskoj, a razvoj i podizanje kvalitete studiranja nastaviti će i u idućim godinama.