

## Značaj modularnog dizajna proizvoda u održivom razvoju preduzeća

MILOŠ D. VORKAPIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju - CMT, Beograd

PREDRAG D. POLJAK, Univerzitet u Beogradu,

Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju - CMT, Beograd

DRAGAN Ž. ČOČKALO, Univerzitet u Novom Sadu,

Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin”, Zrenjanin

DEJAN B. ĐORĐEVIĆ, Univerzitet u Novom Sadu,

Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin”, Zrenjanin

Stručni rad

UDC: 502.131.1:658.512.2

658.512.2

DOI: 10.5937/tehnika1704581V

*U ovom radu je prikazan značaj modularne arhitekture u održivom razvoju preduzeća. Primena modularnog dizajna omogućava razvijanje proizvodnog programa koji se bazira na rezultatima sopstvenog razvoja. Na primeru, proizvodnje transmitera konstatovano je da modularna arhitektura omogućava proizvodnju nezavisnih entiteta, omogućava realizaciju proizvoda na nepristupačnim mestima, realizuje module prema tačno definisanoj tehničkoj dokumentaciji, omogućava lako servisiranje, popravke i unapređenje. U radu je opisan algoritam za ponovnu upotrebu materijala koji ukazuje na značaj kupca u zatvorenom toku materijala. S tim u vezi, ŽCP uključuje zaštitu životne sredine kao stratešku odluku u održivom razvoju preduzeća.*

**Ključne reči:** modularni dizajn, ŽCP, održivi razvoj, upotrebljeni proizvod, transmieter

### 1. UVOD

Kupac dobija ulogu glavnog pokretača bitnih aktivnosti u održivom razvoju preduzeća. Prome-nom pravila ponašanja u poslovnom okruženju nameće se i potreba za novom poslovnom filozofijom.

Hauschild i dr. [1] i Hart [2] ukazuju da u održivom razvoju preduzeća treba obratiti posebnu pažnju na organizaciju procesa proizvodnje kroz: smanjenje potrošnje energije i resursa, smanjenje emisije štetnih gasova, smanjenje upotrebe toksičnih materijala; upotrebu materijala dobrih karakteristika i kvaliteta, kao i mogućnost nadogradnje, popravke i reciklaže proizvoda.

Takođe, danas je u upotrebi koncept „čistije proizvodnje”. Koncept podrazumeva novi pristup proizvodnje bez ugrožavanja ljudskih života ili eko sistema. Čistija proizvodnja, predstavlja niz preventivnih postupaka u proizvodnji kako bi se smanjio nastanak otpada ili ograničila neefikasna upotrebe energije, vode i drugih resursa.

Cilj ovog rada je da se ukaže i na značaj kupca, zatvoreni tok materijala i značaj ponovne upotrebe upotrebljenih/dotrajalih/neispravnih proizvoda. U održivom razvoju preduzeća postoje dobri razlozi za ponovnu upotrebu proizvoda, a oni se ogledaju kroz: smanjenje troškova za proizvođače i potrošače, uštede u energiji i sirovinama; i smanjenje troškova odlaganja.

S tim u vezi, Nasr i Thurston [3], Umeda i dr. [4] razmatrali su „dizajn za ponovnu proizvodnju”, tj. reč je o tehnologiji koja je fokusirana na detaljnom dizajnu proizvoda kroz: rastavljanje i ponovnu upotrebu za više životnih ciklusa. To podrazumeva da proizvod mora da bude pouzdan, trajan, zamenljiv, popravljiv i ponovo dostupan, odnosno da zadrži identitet i funkcionalnost.

### 2. MODULARNI DIZAJN U ŽIVOTNOM CIKLUSU PROIZVODA

Na tržištu, neki proizvodi se uvode i nestaju brzo. Cooper [5] ukazuje da brzo menjanje tehnologije, jaka konkurencija i dinamične želje i potrebe kupaca ubrzavaju tempo i životnim ciklusom proizvoda (ŽCP), tako da postojeće proizvode čine zastarelim. ŽCP postaje sve kraći, a poruka rukovodstvu preduzeća je da inovira/proizvodi proizvode ili ih pusti da nestanu sa tržišta.

Generalno, prema savremenim shvatanjima ŽCP se odnosi na ukupno provedeno vreme od ulaza materijala, proizvodnje, montaže elemenata i sklopova u zajedničku

Adresa autora: Miloš Vorkapić, Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd, Njegoševa 12

e-mail: worcky@nanosys.ithm.bg.ac.rs

Rad primljen: 15.03.2017.

Rad prihvaćen: 17.04.2017.

celinu, korišćenje proizvoda do reciklaže ili odlaganja u otpad [6].

Danas se savremena preduzeća susreću sa sve kraćim ŽCP. Prema Ming i dr. [7] pojava opcije „masovnog prilagođavanja” (unapred definisani moduli za nodogradnju) omogućava fleksibilnu izradu novih proizvoda tokom njihovog životnog ciklusa. Gu i dr. [8] ukazuju na značaj modularnog dizajna proizvoda u ŽCP.

Takođe, autori ukazuju koliki je značaj modularne arhitekture u funkcionalnoj interakciji između komponenata u smislu razmene materijala, energije i signala, kao i u slaganju odnosa u prostornom i geometrijskom smislu (povezivanje, pozicioniranje, savijanje, hermetičnost). Modularna arhitektura proizvoda deli proizvod na module koji mogu da se menjaju i kojima je moguće menjati geometrijsku veličinu ili funkcije s ciljem dobijanja različitih varijanti proizvoda [9].

Gu i Sosale [10] predstavili su modularnu arhitekturu (ili modularnu metodologiju) kojim se definišu faktori bitni za analizu ŽCP-a.

Modularna arhitektura podrazumeva projektovanje komponenti i njihovo pakovanje u module. S tim u vezi, prema studiji [10], modularni dizajn u odnosu na ŽCP ima sledeće prednosti:

- deli dizajn na paralelni razvoj proizvoda,
- poboljšava proizvodnju i montažu,
- pospešuje standardizaciju,
- omogućava nesmetano servisiranje proizvoda,
- omogućava unapređenje proizvoda,
- omogućava rekombinaciju elemenata unutar proizvoda,
- omogućava recikliranje, ponovnu upotrebu i bacanje proizvoda,
- prilagođava proizvod potrebama kupaca.

Budući da su moduli fizički povezani jedni sa drugima, projektantu se daje mogućnost da realizuje različite kombinacije modula u formi novog proizvoda [4]. Dakle, arhitektura omogućava spajanje komponenti ili zabranjuje mešanje i usklađivanje komponenti [11].

Takođe, kod projekatana postoji pritisak da se analiziraju sličnosti ili kompatibilnosti, kao i nezavisnost elemenata unutar arhitekture modula [12].

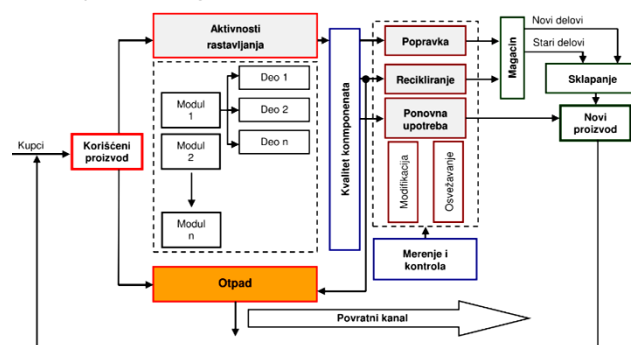
### 3. ZATVORENA PETLJA

U otvorenim lancima snabdevanja, kupci i prodavci se ponašaju kao nezavisni entiteti. Materijal se kupuje od dobavljača, zatim se vrši ulazna kontrola materijala i na kraju se skladišti u magacin. Sledi proces proizvodnje, odnosno proces transformacije

materijala u gotov proizvod. Na izlazu vrši se kontrola novog proizvoda, a nakon kontrole finaliziran proizvod skladišti se u magacin gotovih proizvoda.

Na slici 1, prikazan je kupac kao dobavljač, odnosno javlja se u ulozu prodavca korišćenih proizvoda [13]. Kao polazna osnova za izradu bloka dijagrama korišćene su razne studije [3], [14], [15], [16].

Korišćeni proizvod se javlja kao polazna osnova u održivom razvoju preduzeća. Na slici 1, prikazana je zatvorena petlja protoka materijala, što ima za cilj uštedu u materijalu, ukupnom ulazu energije i smanjenje otpada i emisije štetnih gasova [3].



Slika 1 - Zatvorena petlja protoka materijala u održivom razvoju preduzeća

Primljeni proizvod se nakon utvrđenog stanja rastavlja ili odlaže u otpad. Ispravni delovi se dalje rastavljaju na sastavne module i to obrnutim redosledom u odnosu kako su sastavljeni. Rastavljeni moduli se dalje rasčlanjaju na delove. Svaki deo modula se ispituje, odnosno vrši se njihova kontrola. Nakon toga se preduzimaju aktivnosti koje se mere i kontrolišu. Sve aktivnosti su nezavisne i primenjuju se na osnovu činjeničnog stanja i uvida u ispravnost/neispravnost uređaja.

Prva aktivnost označava popravke ili osvežavanja na modulu/delu. Popravljen i naknadno iskontrolisan deo ide u magacin gotovih delova. Upravo takvi popravljeni/repairirani delovi u kombinaciji sa novim delovima učestvuju u realizaciji novog proizvoda.

Druga aktivnost podrazumeva recikliranje. Recikliranje predstavlja postupak koji nastoji da proizvod vrati u prvobitno stanje tako što se primenjuju operacije rastavljanja, remontovanja i zamene određenih delova ili sklopova [14]. Recikliranje iskorišćenog materijala može se podeliti u tehnike: 1) za obradu ugrađenih materijala i 2) ponovnu upotrebu obrađenih materijala [15]. Ovde se vrši klasifikacija funkcionalnih delova modula koji se mogu zadržati, dok preostali delovi koji nemaju nikakvu funkciju odlažu se u otpad. Delovi koji su ispravni takođe se odlažu u magacin gotovih delova.

Ukoliko neki od modula zadovoljava osnovne funkcije i namenu primenjuje se treća aktivnost koja označava ponovnu upotrebu. Ponovna upotreba uključuje: modifikaciju (promena jedne ili više karakteristika

proizvoda) ili preradu postojećeg dela. Potrošači najbrže prihvataju proizvod na kome su urađene modifikacije u odnosu na potpuno nove proizvode. Prihvatanjem modifikovanog proizvoda, započinje novi ŽCP [17].

### 3. PONOVA UPOTREBA PROIZVODA NA PRIMERU IHTM TRANSMITERA

Vrednost proizvoda za potrošača je ukupna procena proizvoda zasnovana na percepciji onoga što je primljeno i onoga šta je dato [18]. Takođe, potrošači mogu različito da tumače osobine i karakteristike proizvoda prilikom kupovine u odnosu kada se proizvod koristi [19]. Dakle, neophodno je da se racionalizuje dizajn proizvoda, tj. da bi se postigla zatvorena petlja u ŽCP, neophodno je da svi delovi proizvoda budu projektovani za ponovnu upotrebu i reciklažu [20]. Sve je to moguće, ukoliko se primenjuje modularni dizajn u realizaciji proizvoda kroz više ŽCP-a.

Novi proizvod, realizovan kroz modularnu arhitekturu, temelji se na familiji različitih proizvoda, gde deljenjem modula osnovna komponenta može učestvovati u različitim varijantama proizvoda.

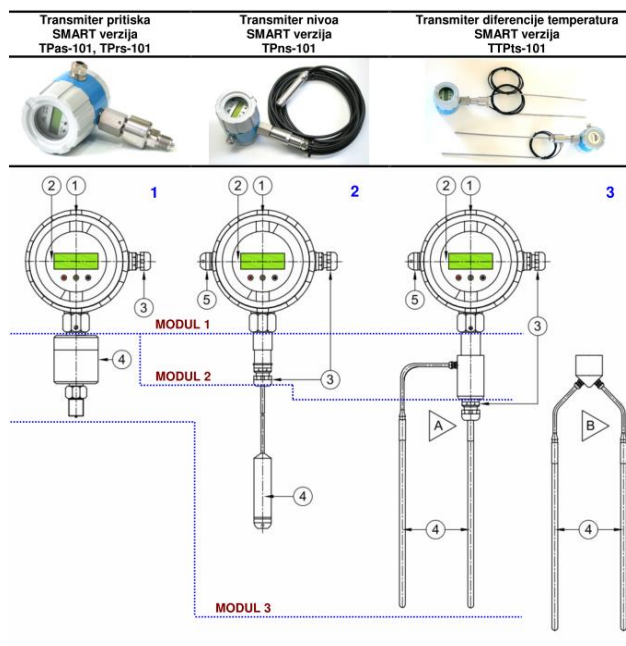
Dizajn proizvoda igra važnu ulogu za brzo i lako rastavljanje komponenata. Upravo na nivou rastavljanja može doći do značajnih dizajnerskih odluka o daljoj realizaciji proizvoda koji se ogledaju u tehničko-ekonomskoj izvodljivosti, ukupnoj funkcionalnosti i strukturalnoj kompaktnosti proizvoda [21].

Na primeru elektroskih pretvarača pritiska, nivoa i temperature biće objašnjeni koliki značaj imaju moduli u održivom razvoju preduzeća. Naime, pomenuti pretvarači su deo proizvodnog programa IHTM-CMT-a. Za takve pretvarače usvojena je terminologija: transmiteri pritiska, nivoa i temperature [22].

Dosadašnje iskustvo pokazuje da su se pomenuti proizvodi samo servisirali u/van garantnog roka. Kupovina otpisanog ili havarisanog predmeta od kupaca ili distridutera nije razmatrana. Zato, u nastavku ovog rada, potrudimo se da analiziramo koji su to moduli karakteristični za recikliranje, ponovnu upotrebu proizvoda, sa ciljem da se ostvare prvenstveno značajne uštede u materijalu i energiji.

Na slici 2, dat je fotografski prikaz pomenutih transmitera (industrijska verzija, u SMART izradi), kao i njihova podela po modulima.

Zajednički nazivi sva tri modula (videti sliku 1) data su sledećim redosledom: 1) modul 1 - kutija elektronike, 2) modul 2 - spojnica, 3) modul 3 - merna komora. Svi ovi moduli sa sastoje od delova koji u spoju čine gotov proizvod.



Slika 2 - Prikaz arhitekture modula u realizaciji transmitera

Detaljna analiza modula prilikom rastavljanja transmitera data je u tabeli 1. U tabeli 1, analizirane su sledeće aktivnosti: mogućnost popravke, recikliranje i ponovna upotreba određenih modula/elementa. Kao što se vidi iz tabele, do sada na većini delova nije se vršila popravka, ali su zato svi delovi podložni recikliranju i ponovnoj upotrebi.

Tabela 1. Analiza modula pri rastavljanju proizvoda IHTM-CMT-a

Proizvod	Modul	Deo	Popravka	Recikliranje	Ponovna upotreba
Transmitter aps./rel. pritiska	1	1.1 Metalno kućište	-	+	+
		1.2 Elektronski sklop	+	+	+
		1.3 Kablovska uvodnica	-	+	-
	2	2.1 Priključak (M)	-	+	+
		3.1 Senzor pritiska	-	+	+
		3.2 Procesni priključak	-	+	+
Transmitter nivoa	1	1.1 Metalno kućište	-	+	+
		1.2 Elektronski sklop	+	+	+
		1.3 Kablovska uvodnica	-	+	-
	2	1.4 Senzor rel. pritiska	-	+	+
		2.1 Priključak (M)	-	+	+
		2.2 Distancer za nosač	-	+	+
3	3.1 Senzor aps. pritiska	-	+	-	
	3.2 Mokra sonda	-	+	+	
	3.3 Kابل	-	+	+	
Transmitter dif. temperatura	1	1.1 Metalno kućište	-	+	+
		1.2 Elektronski sklop	+	+	+
		1.3 Kablovska uvodnica	-	+	-
	2	2.1 Priključak (M) Var. A	-	+	+
		Fiksna i dislocirana sonda	-	+	+
		2.1 Priključak (M) Var. B	-	+	+
3	Dve dislocirane sonde	-	+	+	
	3.1 Temperaturni senzori Pt-100 senzori	+	+	+	

U tabeli 2, dati su kriterijumi za analizu modula u funkciji ponovne upotrebe, Funkcionalna zavisnost data je definisanim parametrima: A - moguće servisiranje, B - moguća zamena novim delom, C - moguća modifikacija i D - modul podložan uništenju. Dakle, na osnovu

Tabela 2. Kriterijumi za analizu modula u funkciji ponovne upotrebe

Proizvod	Modul	Veza		
		Jaka	Srednja	Slaba
Transmitter aps./rel. pritiska	1	A/C	B	D
	2	B	C	A/D
	3	A/B	C	D
Transmitter nivoa	1	A/C	B	D
	2	B	C	A/D
	3	A/B	D	C
Transmitter dif. temperatura	1	A/C	B	D
	2	B	C	A/D
	3	B/D	C	A

Legenda:

- A - Moguće servisiranje  
 B - Moguća zamena novim modulom  
 C - Moguća modifikacija  
 D - Podložan uništenju

#### 4. DISKUSIJA

Konkurencija neprestano postavlja rigorozne zahteve u pogledu kvaliteta izrade i pouzdanosti u radu. U prilog tome, modularni dizajn u realizaciji proizvoda je idealno rešenje za održiv razvoj preduzeća. Na osnovu tabele 1, možemo konstatovati da pomenuti moduli mogu ponovo da se upotrebe i recikliraju.

Veliki broj delova nije podložan popravci prevashodno zbog izbora materijala i konstruktivnog rešenja (izuzetak štampana ploča i Pt-100 senzori). Izbor materijala je svakako bitan u realizaciji modula što se može videti u tabeli 3.

Tabela 3. Izbor materijala u realizaciji modula

Proizvod	Modul	Deo	Materijal
1, 2, 3	1	(1.1)	Al.Cu5.Mg1.55
		(1.2)	/
		(1.3)	CuZn39Pb3
		(1.4) <sup>2</sup>	Membrana senzora: X2 CrNiMo 17-12-2 Telo: X6 CrNiMo 17-12-2
	2	(2.1)	X6CrNiMo17-12-2
		(2.2)	X6CrNiMo17-12-2
	3	(3.1), (3.1) <sup>3</sup>	Membrana senzora: X2 CrNiMo 17-12-2 Telo:
			X6CrNiMo17-12-2/ X5CrNi18-10
		(3.2) <sup>1,2</sup>	X5CrNiMo17-12-2
		(3.3) <sup>3</sup>	/

Generano, može se konstatovati da su materijali koji učestvuju u realizaciji transmitera veoma skupi na tržištu. Posmatrajući činjenično stanje najviše su prisutni sledeći materijali: 1) legura od nerđajućeg čelika (procentualno najveću udeo u modularnoj arhitekturi); 2) legura aluminijuma (trgovačko Dural, klase D5); 3) elektro komponente (štampana ploča i vodootporni kabl), 4) mesing i 5) staklo i guma.

Metali su obično jeftiniji i mogu lako da se recikliraju u nove proizvode, ponovnim topljenjem. Kod legiranih čelika otpornost na koroziju je veoma visoka. Zaštita od korozije zahteva opasne hemijske tretmane ili boje. S tim u vezi aluminijum i njegove legure su čest primer metala koji je otporan na koroziju.

Preduzeća koja koriste reciklirane proizvode smanjuju svoje rashode (smanjuje se cena proizvoda i cena odlaganja), optimizuje se alat zbog rastavljanja i sastavljanja. Nažalost, kod projekatata se sve više javlja opreznost po pitanju recikliranih komponenti, jer takve komponente mogu da imaju promenljive karakteristike po pitanju kvaliteta [23].

#### 5. ZAKLJUČAK

Savremeni koncept poslovanja preduzeća podrazumeva kupca kao centralnu figuru uz maksimalnu uštedu svojih resursa. Identifikovanje i eliminisanje nepotrebnih aktivnosti omogućava da se postigne maksimalni kvalitet proizvodnih procesa. Svaka aktivnost koja troši resurse uslošnjava proces proizvodnje i povećava vreme izrade i podiže cenu proizvoda.

Ovim radom pokušali smo da opišemo i pokažemo koliki uticaj ima modularna arhitektura u održivom razvoju preduzeća. Primena modularnog dizajna na konkretnom primeru realizacije transmitera IHTM-CMT-a omogućava razvijanje proizvodnog programa koji se bazira na rezultatima sopstvenog razvoja i doprinosi visokom stepenu fleksibilnosti u razvoju preduzeća.

Modularna arhitektura, na primeru realizacije palete proizvoda IHTM-CMT, pokazala je koliki ima uticaj na rast, razvoj i opstanak preduzeća. Kao svojstvena potvrda u zaključku poslužila je Gu i Sosale [10] studija:

- Modularna arhitektura deli dizajn proizvoda na nekoliko nezavisnih entiteta (modula) i pri tome omogućava paralelni razvoj preduzeća;
- Realizacija proizvoda kroz module poboljšava proizvodnju i montažu. Ovo ukazuje da većina modula transmitera može biti sklopljena na određenim nepristupačnim mestima što smanjuje ukupno vreme i troškove montaže;
- Svi pomenuti moduli su standardizovani i proizvedeni prema tačno definisanoj tehničkoj dokumentaciji, bez obzira da li je deo (element) u proizvodnom programu IHTM-CMT ili ne.
- Veoma važan segment je i servisiranje, koje u našem slučaju podrazumeva popravke (za složenije module i preventivno održavanje). S tim u vezi, moduli moraju da budu tako projektovani da se lako rastavljaju i servisiraju. Takođe, ukoliko se desi kvar, neispravan modul može biti zamenjen novim ili repariranim modulom.
- Zbog velikog pritiska potrošača, neophodno je vršiti stalna unapređenja proizvoda. Jedna kod mogućnosti

je i rekombinaciju modula. Na svaki od pomenutih modula može se nadovezati među-modul, a nije isključeni ni modifikacija postojećih. Modularna arhitektura transmitera dopušta prenamenu modula kako bi se smanjilo vreme u realizaciji novog modela.

- Mogućnost recikliranja i ponovne upotrebe transmitera ukazuje kolika je prednost modularnog dizajna. Komponente modula mogu da se rastavljaju, popravljaju, odvajaju, recikliraju i na kraju da se ponovo koriste (videti sliku 1).
- Prilagođavanje proizvoda na osnovu raznolikosti modula mora da postoji zbog kupčevih individualnih želja i zahteva. To je veoma teško uskladiti prilikom projektovanja i realizacije jednog proizvoda. Upravo sa ovog stanovišta, preduzeće realizacijom više modula pokušava da premosti jaz između kupaca sa jedne i projektanta sa druge strane.

Analiza realizacije proizvoda kroz ponovnu upotrebu materijala, ukazuje da se ŽCP uključuje zaštitu životne sredine kao stratešku odluku u održivom razvoju preduzeća. U tom pravcu, ponovna upotreba transmitera je važna sa stanovišta smanjenja količine elektronskog otpada. Koncept sakupljanja zastarele elektronske opreme predstavlja novu platformu o kojoj bi preduzeća u Srbiji trebalo više da razmišljaju.

## 6. ZAHVALNICA

Ovaj rad je delom nastao u okviru tekućeg projekta TR-32008 od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] Hauschild M. Z, Jeswiet J, Alting L, Design for environment - do we get the focus right?, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, Vol. 53, No. 1, pp. 1-4, 2004.
- [2] Hart S. L, Innovation, creative destruction and sustainability, *Research-Technology Management*, Vol. 48, No. 5, pp. 21-27, 2005.
- [3] Nasr N, Thurston M, *Remanufacturing: A key enabler to sustainable product systems*, Rochester Institute of Technology, 2006.
- [4] Umeda Y, Fukushima S, Tonoike K, Kondoh S, Product modularity for life cycle design, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, Vol. 57, No. 1, pp. 13-16, 2008.
- [5] Cooper R.G, Overhauling the new product process, *Industrial Marketing Management*, Vol. 25, No. 6, pp. 465-482, 1996.
- [6] Tseng H.E, Chang C. C, Li J. D, Modular design to support green life-cycle engineering, *Expert Systems with Applications*, Vol. 34, No. 4, pp. 2524-2537, 2008.
- [7] Ming X. G, Yan J. Q, Wang X. H, Li S. N, Lu W. F, Peng Q. J, Ma Y. S, Collaborative process planning and manufacturing in product lifecycle management, *Computers in Industry*, Vol. 59, No. 2, pp. 154-166, 2008.
- [8] Gu P, Hashemian M, Sosale S, Rivin E, An integrated modular design methodology for life-cycle engineering, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, Vol. 46, No. 1, pp. 71-74, 1997.
- [9] Erens F, Verhulst K, Architectures for product families, *Computers in Industry*, Vol. 33, No. 2-3, pp. 165-178, 1997.
- [10] Gu P, Sosale S, Product modularization for life cycle engineering, *Robotics and Computer - Integrated Manufacturing*, Vol. 15, No. 5, pp. 387-401, 1999.
- [11] Sa'ed M. S, Kamrani A. K, Macro level product development using design for modularity, *Robotics and Computer - Integrated Manufacturing*, Vol. 15, No. 4, pp. 319-329, 1999.
- [12] Gershenson J. K, Prasad G. J, Zhang Y, Product modularity: definitions and benefits, *Journal of Engineering design*, Vol. 14, No. 3, pp. 295-313, 2003.
- [13] Thierry M, Salomon M, Van Nunen J, Van Wassenhove L, Strategic issues in product recovery management, *California management review*, Vol. 37, No. 2, pp. 114-135, 1995.
- [14] Fleischmann M, Bloemhof-Ruwaard J. M, Dekker R, Van der Laan E, Van Nunen J. A, Van Wassenhove L. N, Quantitative models for reverse logistics: A review, *European journal of operational research*, Vol. 103, No. 1, pp. 1-17, 1997.
- [15] Spengler T, Püchert H, Penkuhn T, Rentz O. Environmental integrated production and recycling management. *European journal of operational research*, Vol. 97, No. 2, pp. 308-326, 1997.
- [16] King A. M, Burgess S. C, Ijomah W, McMahon C. A, Reducing waste: repair, recondition, remanufacture or recycle?, *Sustainable Development*, Vol. 14, No. 4, pp. 257-267, 2006.
- [17] Vorkapić M, Čočkalović D, Živojinović D, Modifikacija i upotreba malogabaritnog transmitera pritiska, *Tehnika*, Vol. 68, No. 1, pp. 185-191, 2013.
- [18] Day G. S, The capabilities of market-driven organizations, *Journal of Marketing*, pp. 37-52, 1994.

- [19] Gardial S. F, Clemons D. S, Woodruff R. B, Schumann D. W, Burns M. J, Comparing consumers' recall of prepurchase and postpurchase product evaluation experiences, *Journal of Consumer Research*, Vol. 20, No. 4, pp. 548-560, 1994.
- [20] Kimura F, Kato S, Hata T, Masuda T, Product modularization for parts reuse in inverse manufacturing, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, Vol. 50, No. 1, pp. 89-92, 2001.
- [21] Desai A, Mital A, Evaluation of disassemblability to enable design for disassembly in mass production, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 32, No. 4, pp. 265-281, 2003.
- [22] Vorkapić M, Frantlović M, Smiljanić M, Popović B, Tanasković D, Analiza i unapređenje proizvodnje transmitera u IHTM-u, *Tehnika*, Vol. 58, No. 3, pp. 1-8, 2009.
- [23] Barker S. G, King A. M, The development of a Remanufacturing Design Platform Model (RDPM): applying design platform principles to extend remanufacturing practice into new industrial sectors, *Proc. of Life Cycle Environmental Conference*, Leuven, Belgium, pp. 399-404, 30 May-2 June 2006.

## SUMMARY

### THE IMPORTANCE OF MODULAR PRODUCT DESIGN IN THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENTERPRISES

*In this paper is shown importance of modular architecture in the sustainable development of enterprises. The application of modular design enables the development of the production program based on the results of its own development. At the illustrated example, the production of transmitters it was concluded that modular architecture enables the production of independent entities, provides the realization of products in inaccessible places, enables to precisely defined technical documentation of modules, enabling easy maintenance, repair and improvement. This paper describes an algorithm for material reuse which indicates the importance of the customer in a closed material flow. In this connection, PLC includes protection of the environment as a strategic decision in the sustainable development of enterprises.*

**Key words:** modular design, PLC, sustainable development, used product, transmitter