Ocjena recikličnosti električnih kućanskih aparata

Lučenčić, Matea

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:406056

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Preddiplomski stručni studij elektrotehnike, smjer Informatika

OCJENA RECIKLIČNOSTI ELEKTRIČNIH KUĆANSKIH APARATA

Završni rad

Matea Lučenčić

Osijek, 2016.

ETFOS
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju

Osijek, 08.07.2016.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju

Ime i prezime studenta:	Matea Lučenčić
Studij, smjer:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Informatika
Mat. br. studenta, godina upisa:	AI 4176, 27.07.2012.
Mentor:	Doc.dr.sc. Tomislav Rudec
Sumentor:	Dr.sc. Goran Rozing
Predsjednik Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Alfonzo Baumgartner
Član Povjerenstva:	Dr.sc. Goran Rozing
Naslov završnog rada:	Ocjena recikličnosti električnih kućanskih aparata
Znanstvena grana rada:	**Automatika (zn. polje temeljne tehničke znanosti)**
Zadatak završnog rada	U radu je potrebno opisati model vrednovanja recikličnosti proizvoda i primjeniti ga na primjeru električnih kućanskih aparata.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 Jasnoća pismenog izražavanja: 3 Razina samostalnosti: 3
Datum prijedloga ocjene mentora:	08.07.2016.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

ETFOS
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 13.07.2016.

Ime i prezime studenta:	Matea Lučenčić
Studij:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Informatika
Mat. br. studenta, godina upisa:	AI 4176, 27.07.2012.
Ephorus podudaranje [%]:	22 %

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Ocjena recikličnosti električnih kućanskih aparata**

izrađen pod vodstvom mentora Doc.dr.sc. Tomislav Rudec

i sumentora Dr.sc. Goran Rozing

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Zadatak završnog rada 1

2. METODA VREDNOVANJA RECIKLIČNOSTI PROIZOVODA 2

2.1. Elementarni pokazatelji recikličnosti proizvoda 2

2.2. Složeni pokazatelji recikličnosti proizvoda 5

3. PRIMJENA METODE VREDNOVANJA RECIKLIČNOSTI NA ODABRANIM UREĐAJIMA 9

3.1. Metodologija provedbe ispitivanja 9

3.2. Analiza recikličnosti glačala EG-450 „Kontakt“ 10

3.3. Analiza recikličnosti glačalo Chronomate 20 „Moulinex“ 16

3.4. Analiza recikličnosti glačala HR-1600 „Alpina“ 21

4. ANALIZA I USPOREDBA RECIKLIČNOSTI GLAČALA 27

5. RJEŠENJE POSTUPKA ZBRINJAVANJA DOTRAJALIH GLAČALA 32

6. ZAKLJUČAK 34

POPIS LITERATURE 35

SAŽETAK 36

ŽIVOTOPIS 37

1. UVOD

Pod pojmom recikliranja podrazumijeva se proces ili postupak obrade otpadnih materijala radi dobivanja sirovina i energije te zaštite okoliša od onečišćenja. Otpadni električni i elektronički uređaji i oprema sadrže plastiku, metale i druge materijale koji se mogu nakon recikliranja ponovno koristiti kao sekundarna sirovina za neki novi proizvod. Oni dijelovi otpada koji se ne mogu ponovno koristiti moraju se zbrinuti na ekološki prihvatljiv način. Recikliranjem osiguravamo očuvanje ljudskog zdravlja, očuvanje prirode i smanjenje potražnje za prirodnim sirovinama, štednju skupe i dragocjene energije.

Uz pojam recikliranja uvodi se i novi obilježje proizvoda pod nazivom recikličnost. Recikličnost označava prikladnost dotrajalog proizvoda da se preradi u sirovinu za dobivanje novog materijala primjenom različitih postupaka recikliranja koji su dostupni i šire primjenjivi [1]. Stalnim iskorištavanjem prirode kao primarnog izvora sirovina dovodimo u pitanje našu budućnost. Svaki proizvod tijekom uporabe i na kraju životnog ciklusa utječe na okoliš. U tom ciklusu je potrebno dobiti sirovi materijal, proizvesti, upakirati i distribuirati novi proizvod, te ga na kraju životnog vijeka i odbaciti. Najčešći uzroci odbacivanja nekog proizvoda su tržišno zastarijevanje, tehnološko zastarijevanje, dotrajalost ili oštećenja.

1.1. Zadatak završnog rada

U ovom radu je zadatak opisati mogućnost recikliranja na primjeru malih kućanskih elektroničnih uređaja, točnije na primjeru glačala. Napraviti analizu recikličnosti proizvoda na tri različita proizvođača glačala, iz različitih godišta proizvodnje, kako bi se uočio napredak u tehnološkoj razvijenosti proizvoda i još bolje mogućnosti recikliranja. Usporediti dobivene rezultate i obrazložiti s gledišta prikladnosti proizvoda recikliranju. Svrha je pokazati koliko je vremena i financijskih sredstava potrebno da bi se određeni proizvod reciklirao, te samim time pomoći očuvanju okoliša.

2. METODA VREDNOVANJA RECIKLIČNOSTI PROIZVODA

Recikličnost proizvoda pokazatelj je mogućnosti materijalne iskoristivosti dotrajalog proizvoda. Pod pojmom proizvod u smislu njegove recikličnosti podrazumijeva se prikladnost dotrajalog proizvoda da se vrati kao sirovina za ponovno dobivanje materijala ili vrati u uporabu kao funkcionalno ispravni dio.

Kućanski aparati tzv. smeđa tehnika, zbog svoje učestale upotrebe, mase i posebnih materijala upotrjebljenih u izradi, zanimljivi su za analizu recikličnosti. Proizvod gledamo kao sklop koji je sastavljen od manjeg ili većeg broja dijelova. Analiza uređaja provodi se u dvije faze. Prva faza je rastavljanje proizvoda do razine osnovnih elemenata. Mjerenjem,zapažanjem i procjenom osnovnih elemenata dolazimo do elementarnih pokazatelja relevantnih za vrednovanje recikličnosti. Širi pristup bi obuhvaćao mehaničko usitnjavanje i primjenu raznih postupaka razvrstavanja. Proširenje granica istraživanja u tome pravcu bi zahtijevalo drugačiji pristup izgradnji modela koji bi zahtijevao niz laboratorijskih ispitivanja i eksperimentalnih podataka (npr. prikladnost usitnjavanju, mjerenje razdvojivosti komponenti i dr.). Druga faza obuhvaća izračunavanje složenih pokazatelja proračunom na temelju elementarnih pokazatelja.

2.1. Elementarni pokazatelji recikličnosti proizvoda

Pokazatelji koji se dobivanju mjerenje, zapažanjem i slobodnom procjenom zovu se elementarni pokazatelji recikličnosti proizvoda [1, str. 120]. Nazvani su elementarni jer se određuju na razini pojedinačnog elementa proizvoda. Obuhvaćaju slijedeće komponente: naziv elementa (i), masa elementa (m_i), broj komada (b_i), vrsta materijala $(vm)_i$, vrijeme rastavljanja (v_i), recikličnost dijela (r_i).

1. Naziv elementa, i

Služi kao identifikator pojedinačnog dijela ili sklopa, a može biti oznaka ili kod. Oznaka i poprima vrijednosti od 1 do n, gdje je n krajnji broj elemenata u proizvodu koji rastavljamo

2. Masa elementa, m_i

Jedan od važnijih pokazatelja koji neizravno upućuju na isplativost, ali i na ostale aspekte recikliranja (logistika, organizacija i dr.). Masa se određuje vaganjem elementa (pojedinačnih dijelova ili nerastavljivih sklopova).

3. Broj komada, b_i

Podatak koji ukazuje na ponavljanje dijelova u proizvodu, a koristi se kod računanja ukupne mase.

4. Vrsta materijala, vm_i

Tijekom vaganja određuje se i vrsta materijala od koje je element načinjen. Informaciju o vrsti materijala možemo saznati iz oznake normiranog materijala. Uobičajeno je materijale razvrstati u skladu s raspoloživim postupcima prerade. Složene sklopove je nerazumno i neracionalno rastavljati (otpornici,tranzistori i dr.) te se oni odvojeno prikupljaju prema sličnosti kasnijeg postupka prerade. Najčešće se dijelovi razvrstavaju na sljedeće skupine materijala:

- Željezne legure (željezni ljevovi, čelici)
- Aluminij i legure
- Bakar i legure
- Ostale ne željezne legure
- Polimeri, pomiješani
- Keramika
- Staklo
- Složeni materijali
- Ostali materijali

5. Vrijeme rastavljanja, v_i

Vrijeme rastavljanja predstavlja mjerenjem dobiveni podatak o trajanju operacije rastavljanja proizvoda, a ukupnom vremenu treba dodati pripremno-završno vrijeme. Na odvojivost komponenti utječe i struktura proizvoda te količina dijelova. Recikliranje s rastavljanjem omogućuje bolju kvalitetu reciklata, ali je skuplje jer se obavlja ručno. Pojavili su se automatizirani,

odnosno robotizirani postupci rastavljanja, no oni ne mogu u potpunosti zamijeniti ručno rastavljanje. Vrijeme rastavljanja i odvajanja dijelova je važan pokazatelj koji upućuje na isplativost recikliranja, ali i na druge aspekte recikliranja (npr. organizaciju rada).

6. Recikličnost dijela, r_i

Stupanj recikličnosti je varijabla kojom se procjenjuje recikličnost za pojedine dijelove i sklopove koje ne rastavljamo. Ovakav pristup je subjektivan, no on nije rijetkost u ocjeni prikladnosti materijala za preradu klasičnim tehnologijama. Pomoć pri određivanju varijable koristi se tablica sa stupnjevima recikličnosti (tablica 2.1.), ali i od ocjenjivača se očekuje poznavanje dostupnih tehnologija recikliranja i vlastite preradbene mogućnosti [1, str. 123]. Ocjene su brojčane, a veći broj označava bolju recikličnost. Krajnji rezultat recikličnosti ima poseban karakter, a ne opći jer u pojedinim zemljama gdje je veći stupanj razvijenosti određeni dio ima bolju ocjenu recikličnosti (preradivosti i iskoristivosti) dok u manje razvijenim zemljama ima nižu ocjenu.

Tablica 2.1. *Ocjena recikličnosti materijala*

Ocjena	**Opis mjerila**
0	Dio ili sklop koji sadrži opasne tvari, zahtijeva posebno postupanje
1	Materijal s nepoznatom tehnologijom recikliranja
2	Organski materijal, može se koristiti kao izvor energije, ali se ne može reciklirati
3	Materijal je tehnološki moguće reciklirati, ali to zahtijeva dodatnu obradu te razvoj postojećih procesa i materijala
4	Materijal se tehnološki može reciklirati, ali prema nije dostupna
5	Materijal je recikličan, postupak recikliranja poznat i uspješno se primjenjuje

Tablica 2.2. *Primjer – razvrstavanje materijala po ocjeni recikličnosti materijala*

Ocjena	Opis mjerila
0	Tiskane pločice, katodne cijevi, kondenzatori (PCB), baterije, negorivi polimeri, LCD, dijelovi koji sadrže azbestna vlakna, živu (prekidači, žarulje), selen, itd.
1	Duromeri, viskeri, nerazvrstani usitnjeni otpad, kompoziti
2	Polimeri nepoznate vrste, materijali na bazi celuloze (energetski iskoristivo)
3	Željezni ljevovi- bakar pomiješani, elektromotori, mješavina polimera
4	Kablovi i izolirani vodiči, željezni ljevovi + keramika, metal + polimer
5	Željezni ljevovi, bakar, aluminij i legure, polimeri poznate vrste

2.2. Složeni pokazatelji recikličnosti proizvoda

Na temelju elementarnih pokazatelja izračunavamo složene pokazatelje recikličnosti proizvoda ili skupine dijelova (sklopova) [1, str. 124]. Složeni se pokazatelji odnose na razinu proizvoda, odnosno mogu poslužiti za usporedbu recikličnosti proizvoda (sklopova) međusobno. U skupini su sljedeći pokazatelji: broj elementa (*B*), ukupna masa proizvoda (*M*), broj vrsta materijala/komponenti po proizvodu (B_{vm}), ukupno vrijeme rastavljanja proizvoda (*VR*), recikličnost proizvoda (*R*).

1. Broj elementa, *B*

Pokazatelj koji predstavlja ukupan broj elemenata nekog proizvoda. Poželjno je da taj broj bude što manji jer je onda jednostavnije rastaviti proizvod, a cijena proizvoda je niža.

$$B = \sum_{i=1}^{n} b_i \qquad (2\text{-}1)$$

2. Ukupna masa proizvoda, *M*

Predstavlja sumu masa pojedinačnih elemenata, a može se dobiti vaganjem sklopa prije rastavljanja ili zbrajanjem masa elemenata. Veliki značaj ima kada dva proizvoda imaju isti pokazatelj recikličnosti (*R*). Proizvod s većom masom ima veću financijsku dobit od recikliranja, drugačiji transport i slično.

$$M = \sum_{i=1}^{n} (b_i * m_i) \qquad (2\text{-}2)$$

3. Broj vrsta materijala / komponente po proizvodu, B_{vm}

Mjera raznovrsnosti materijala u odbačenom proizvodu. S gledišta prikladnosti recikliranju materijala teži se što manjem broju različitih vrsta materijala kako bi obnovljivost, odnosno udjel iskorištenog otpada bio što veći.

4. Ukupno vrijeme rastavljanja proizvoda, *VR*

Pokazatelj koji se određuje zbrajanjem vremena pojedinih operacija rastavljanja.

$$VR = \sum_{i=1}^{n} v_i + \sum_{k=1}^{g} \sum_{l=1}^{h} v_{kl} + v_{pz} \qquad (2\text{-}3)$$

gdje je:

VR	ukupno vrijeme rastavljanja proizvoda, s
V_i	vrijeme odvajanja i odlaganja i-tog dijela, s
i	oznaka dijela , 1…*n*
v_{kl}	vrijeme rastavljanja l-te veze k-tog spoja, s
k	oznaka spoja, 1…*g*
l	oznaka veze, 1…*h*
v_{pz}	pripremno – završno vrijeme, s

5. Recikličnost proizvoda, *R*

Izračunava se kao omjer sume recikličnosti pojedinih dijelova i njihovih izmjerenih masa u odnosu na umnožak maksimalne recikličnosti proizvoda s ukupnom masom proizvoda. Ključni je pokazatelj mogućnosti materijalne iskoristivosti dotrajalog proizvoda. Rezultat je bezdimenzionalni pokazatelj čiji se iznos kreće od 0 do 1. Može se koristit i za elemente i sklopove.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i * m_i * r_i}{M * r_{max}} \qquad (2\text{-}4)$$

gdje je:

R	recikličnost proizvoda
b_i	broj ponavljanja i-tog dijela u proizvodu
m_i	masa i-tog dijela
r_i	ocjena recikličnosti i-tog dijela, može biti od 0 do 5
$\boldsymbol{r_{max}}$	najveća ocjena recikličnosti, koja ovdje iznosi 5
M	ukupna masa proizvoda, kg

Dobivenu vrijednost recikličnosti treba prihvaćati kao svojevrsni potencijal preradivosti proizvoda. Rezultat izračuna recikličnosti može se svrstati u jednu od tri kategorije [1, str. 136], a to su:

- 0,75 do 1,00 – povoljna recikličnost
- 0,50 do 0,74 – potrebna rekonstrukcija proizvoda ili selektivno rastavljanje
- ispod 0,50 – upućuje na down-cycling postupke (niža kvaliteta reciklata) ili odlaganje

Zbog nedostataka pokazatelja istu vrijednost može dati umnožak male mase i visoke recikličnosti kao i velike mase i niske recikličnosti. Zahtjeva se veliki oprez u primjeni formule i

povezivanje s drugim pokazateljima (ukupne mase proizvoda, *M*). Kao pomoć se koristi tablica 2.1. u kojoj je brojem označena prikladnost recikliranja pojedinih vrsta materijala.

3. PRIMJENA METODE VREDNOVANJA RECIKLIČNOSTI NA ODABRANIM UREĐAJIMA

Metoda vrednovanja recikličnosti primijenjena je na tri glačala. Glačala su različitih proizvođača i godina proizvodnje kako bi se vidio napredak po pitanju dizajna, tehnologije sastavljanja i mase uređaja. Ova je vrsta proizvoda izabrana iz više razloga. Jedan od njih je tendencija porasta potrošnje elektrotehničkih i elektroničkih uređaja. Ova vrsta otpada se lako prepoznaje i odvaja te je prikladna za sustav odvojenog skupljanja. U izvješću Agencije za zaštitu okoliša [3], količina odvojeno sakupljenog otpada u 2014. godini u Republici Hrvatskoj iznosi 12 948 tona. Nadalje, glačala sadrže opasni otpad što dodatno povećava važnost zbrinjavanja ove vrste otpada. Najveći udjel opasnih tvari u komunalnom otpadu potječe od elektrotehničkih i elektroničkih uređaja. Napredak u proizvodnji glačala te primjeni materijala predstavit će analizirana glačala.

3.1. Metodologija provedbe ispitivanja

Za ispitivanje i primjenu metode vrednovanja recikličnosti odabrana su tri dotrajala glačala proizvođača Kontakt, Moulinex i Alpina. Proizvode je trebalo prvo poslikati, a zatim rastaviti do najsitnijih dijelova. Za potrebe ispitivanja koristila se sljedeća oprema:

- ručni alat (odvijač, kombinirana kliješta, ključ 8 i 10, čekić, račna s nastavcima)
- mjerni pribor (elektronska vaga, pomična mjerka)
- ostalo (mobitel)



Slika 3.1. *Oprema za ispitivanje*

Prije rastavljanja provela se detaljna identifikacija glačala (naziv, proizvođač, godina proizvodnje, masa, uzrok dotrajavanja). Ispitivanje zahtjeva više radnji u isto vrijeme stoga je jedna osoba rastavljala uređaj pomoću određenih operacija (odvrtanje, čupanje, lomljenje), diktirala podatke za tablice i mjerila masu pojedinih dijelova, a pomoćni istraživač je zapisivao podatke u tablice i mjerio vrijeme za pojedine operacije. Uređaji su u cijelosti te rastavljeni te fotografirani.

U daljnjem nastavku rada slijedi analiza rastavljanja i analiza recikličnosti na odabranim uređajima.

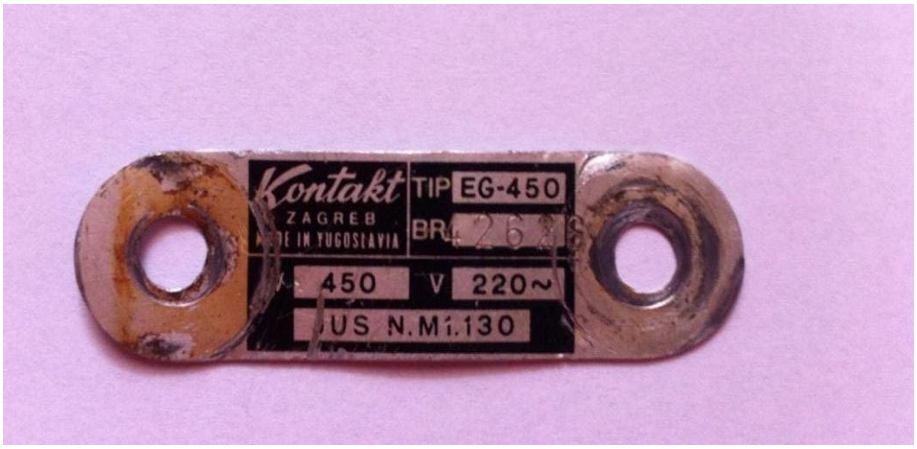
3.2. Analiza recikličnosti glačala EG-450 „Kontakt“

Glačalo EG-450 je proizvedeno u tvrtki Kontakt-Zagreb, a datum proizvodnje nije poznat. Masa glačala je 1952 grama, a snaga 450 W. S vremenom su se proizvoda glačala koja su bila funkcionalnija i lakša, a samim time uzrok dotrajavanja ovog glačala je zastarjelost. Glačalo je bilo u odličnom stanju.



Slika 3.2. *Glačalo EG-450*

Ovaj uređaj je predstavlja simbol jednog vremena i bio je korišten u svakom kućanstvu (na teritoriju bivše SFRJ). Uređaj zbog svoje starosti pripada „muzejskim primjercima“ i može biti dio nečije zbirke antikviteta. Zaključno, ovo se glačalo često može pronaći kao odbačeni predmet te je pogodno za recikliranje. Poradi ove činjenice, provedena je detaljnija analiza ovog uređaja.



Slika 3.3. *Informativna pločica*

Rezultati provedene analize rastavljanja prikazani su u tablici 3.1.

Tablica 3.1. *Prikaz operacija rastavljanja glačala EG-450*

VRIJEME RASTAVLJANJA					
	Naziv proizvoda: Glačalo EG-450		**Datum:** 05.06.2016		
Redni broj	**Naziv operacije**	**Vrijeme odvajanja**	**Kumulativno vrijeme odvajanja**	**Alat**	**OPASKA**
		sek	sek		
I		t_i			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	Čupanje kabla napajanja	2	2	Ruka	
2	Odvrtanje vijka rukohvata	38	40	Odvijač	
3	Odvrtanje matice gornjeg dijela kućišta	219	259	Ključ 10	Zapeknut spoj
4	Odvrtanje vijka od središta napajanja	55	314	Ključ 8	
5	Odvrtanje vijka utora za kabel napajanja	35	349	Ključ 8	
6	Čupanje stalka	2	351	Ruka	
7	Odvrtanje vijka grijača	111	462	Ključ 8	

Prema tablici 3.1. vidljivo je da je uređaj rastavljen iz 7 operacija u trajanju od 462 sekunde. Kao što je već spomenuto, uređaj je davno proizveden i nije pravilno skladišten što je rezultiralo korozijom metalnih dijelova. Nakon provedene operacije 3. odvrtanje matice gornjeg dijela kućišta vidljivi su tragovi korozije što je otežalo samo rastavljanje i produžilo ukupno vrijeme rastavljanja. Matica se ne može odvrnuti za cijeli krug što također otežava rastavljanje i produljuje ukupno vrijeme rastavljanja. Za rastavljanje nije korišten poseban alat.

Detaljnije podatke o pojedinim elementima glačala daje tablica 3.2., a sukladnoj istoj slijedi slika 3.4. brojčano označenih elemenata.

Tablica 3.2. *Struktura glačala EG-450*

	Naziv proizvoda: Glačalo EG-450				**Masa**: 1952 g				
	Proizvođač: Kontakt				**Uzrok dotrajavanja**: zastarjelost				
	God. Proizvodnje: nepoznata				**Datum obrade**: 05.06.2016				
Redni broj	Naziv elementa	Vrsta elementa (SE, PE, SK)	Vrsta materijala	Masa elementa	Komada po proizvodu	Stupanj recikličnosti	Masa elemenata (5x6)	Recikličnost elementa (8x9)	OPASKA
				g/kom	kom	0…5	grama		
i			vm_i	m_i	b_i	r_i	$m_i * b_i$	$m_i * b_i * r_i$	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1	Kabel napajanja	SK	Složeni materijali	184	1	4	184	736	
2	Postolje	PE	Fe	44	1	5	44	220	
3	Gornji dio kućišta	SK	Fe	140	1	5	140	700	
4	Nosač rukohvata	PE	Fe	74	1	5	74	370	
5	Rukohvat	PE	Drvo	86	1	2	86	172	
6	Grijač	SK	Složeni materijali	166	1	4	166	664	
7	Grijača ploča	SK	Fe	972	1	5	972	3888	
8	Zaštita grijača	SK	Složeni materijali	156	1	4	156	624	
9	Informativna pločica	PE	Al	1	1	5	1	5	
10	Kućište utikača	SE	Fe	1	1	5	1	5	
11	Držač stalka	PE	Fe	2	1	5	2	10	
12	Matica M8	PE	Mjed	8	2	5	16	80	
13	Vijak M6x52	SE	Mjed	18	2	5	16	80	
14	Vijak M4x21	SE	Fe	4	2	5	8	40	
15	Vijak M4x42	SE	Mjed	12	2	5	24	120	
16	Matice M5	SE	Mjed	2	4	5	8	40	
17	Matice M8	PE	Mjed	4	2	5	8	40	
18	Podloške	SE	Mjed	2	8	5	16	80	
19	Keramički izolatori	PE	Keramika	10	3	2	30	60	
	UKUPNO:				**36**		**1952 g**	**7934**	



Slika 3.4. *Prikaz rastavljenog glačala EG-450 (numerirano po tablici 3.2.)*

Prema tablici 3.2. suma recikličnosti elemenata iznosi 7934 i shodno tome može se izračunati recikličnosti uređaja prema jednadžbi (2-4).

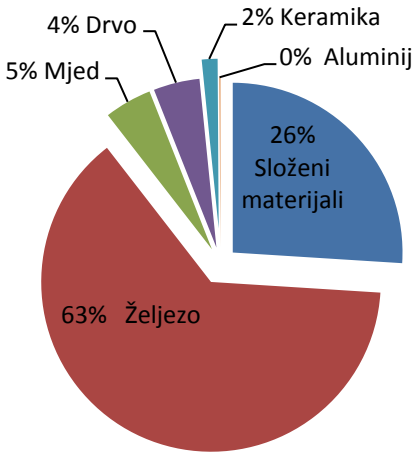
$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i * m_i * r_i}{M * r_{max}} = \frac{7934}{1952 * 5} = 0{,}81$$

Recikličnosti je 0,81 što ukazuje na kategoriju „povoljne recikličnosti“, odnosno 81 % iskorištenja dotrajalog uređaja.

Tablica 3.3. *Zastupljenost materijala u glačala EG-450*

Redni broj	**Materijali**	**Masa g**	**Udio %**	**Broj dijelova kom**	**Ocjena recikličnosti**
1	Složeni materijali	506	26	3	4
2	Željezo (Fe)	1241	63,5	8	5
3	Mjed	88	4,5	20	5
4	Drvo	86	4,4	1	2
5	Keramika	30	1,5	3	2
6	Aluminij (Al)	1	0,1	1	5
Ukupno		**1952**	**100**	**36**	

Iz tablici 3.3. vidljivo je da prevladavaju materijali poznate tehnologije recikliranja, materijali ocjene recikličnosti 4 i 5 zbog čega je i ocjena recikličnost uređaja visoka. Glačalo EG-450 ima visoku recikličnost jer ne sadrži niti opasni otpad niti polimere. Glačalo sadrži drveni rukohvat koji je energetski iskoristiv. Grijač je napravljen od opeke sa vodičima i keramičkim izolatora i zbog nemogućnosti odvajanja vodiča iz opeke, cijeli grijač se vodi kao složeni materijal.



Slika 3.5. *Grafikon zastupljenosti materijala u glačalu EG-450*

Najzastupljeniji materijal kod ovog glačala je željezo jer je najteži element, grijača ploča, u cijelosti napravljen od željeza. Specifični materijali kao što su mjed i keramika zastupljeni su svega 7 %, a oni pridonose povećanju recikličnosti jer njihova ocjena iznosi „5“.

3.3. Analiza recikličnosti glačalo Chronomate 20 „Moulinex“

Drugi aparat za analizu je parno glačalo Chronomate 20, ukupne mase 998 grama i snage 1400 W. Proizvođač je Moulinex-Meksiko, a godina proizvodnje nepoznata. Uređaj ima više funkcija što upućuje na noviju tehnologiju izrade glačala. Uzrok dotrajavanja je mehaničko oštećenje nastalo uslijed pada glačala i puknuća gornjeg dijela kućišta.



Slika 3.6. *Parno glačalo Chronomate 20*

Glačalo ima funkciju doziranja pare i vode. Najveći problem kod takvih glačala je korištenje obične vode koja dugo stoji u spremniku i stvara kamenac. Kamenac se nakuplja i u cjevčicama i nakon nekog vremena više nemamo mogućnost korištenja tih funkcija. Zamjena cjevčica ili čišćenje je nemoguće pa samim time glačalo odbacujemo za recikliranje.

Rastavljanje glačala pojedinim operacijama prikazano je u sljedećoj tablici 3.4.

Tablica 3.4. *Prikaz operacija rastavljanja glačala Chronomate 20*

VRIJEME RASTAVLJANJA					
	Naziv proizvoda: Parno glačalo Chronomate 20		**Datum: 05.06.2016**		
Redni broj	**Naziv operacije**	**Vrijeme odvajanja**	**Kumulativno vrijeme odvajanja**	**Alat**	**OPASKA**
		sek	sek		
I		t_i			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	Čupanje gornjeg kućišta	180	180	Ruka, Čekić,Odvijač	
2	Čupanje kabla napajanja	60	240	Ruka	
3	Čupanje cjevčica za vodu	5	245	Ruka	
4	Čupanje regulatora pare	3	248	Ruka	
5	Čupanje vodiča od integriranog sklopa	10	258	Ruka	
6	Odvrtanje vijka donjeg dijela kučiša	120	378	Ručna	„Zvjezdasti vijak“
7	Odvrtanje vijka termostata	20	398	Ručna	„Zvjezdasti vijak“
8	Lomljenje lema	20	418	Ruka	
9	Lomljenje lema vodiča	10	428	Ruka	

Ukupno vrijeme rastavljanja iznosi 428 sekundi. Kućište glačala je sklopljeno bez i jednog vanjskog vijka te se u prvoj radnji koristio čekić. Za odvrtanje vijaka koristila se ručna s nastavcima jer vijci imaju „zvjezdastu glavu“. Proizvođači stavljaju posebne vijke kako bi samo njihovi ovlašteni serviseri mogli popraviti glačalo. Više radnji se obavljalo rukom nego alatom.

Podaci o elementima prikazani su u tablicu 3.3, a po tablici su označeni elementi na slici 3.5.

Tablica 3.5. *Struktura glačala Chronomate 20*

	Naziv proizvoda: Glačalo Chronomate 20						**Masa**: 998 g		
	Proizvođač: Moulinex						**Uzrok dotrajavanja**: Mehaničko oštećenje		
	God. Proizvodnje: nepoznata						**Datum obrade**: 05.06.2016		
Redni broj	Naziv elementa	Vrsta elementa (SE, PE, SK)	Vrsta materijala	Masa elementa	Komada po proizvodu	Stupanj recikličnosti	Masa elemenata (5x6)	Recikličnost elementa (8x9)	OPASKA
				g/kom	kom	0…5	grama		
i			vm_i	m_i	b_i	r_i	$m_i * b_i$	$m_i * b_i * r_i$	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1	Kabel napajanja	SK	Složeni materijali	148	1	4	148	592	
2	Spremnik za vodu	SK	Polimer	30	1	2	30	60	
3	Donji dio kućišta	SK	Polimer	190	1	2	190	380	
4	Gornji dio kućišta	SK	Polimer	98	1	2	98	196	
5	Grijača ploča	SK	Složeni materijali	482	1	4	482	1928	
6	Zaštita kabela napajanja	PE	Polimer	2	1	2	2	4	
7	Tipkalo za vodu	PE	Polimer	4	1	2	4	8	
8	Cjevčica za vodu	PE	Polimer	2	1	2	2	4	
9	Termostat	SK	Složeni materijali	20	1	4	20	80	
10	Vodič	SK	Složeni materijali	1	1	4	1	4	
11	Opruge	SE	Fe	1	2	5	2	10	
12	Vijak M3x21	SE	Fe	2	1	5	2	10	
13	Vijak M4x28	SE	Fe	2	1	5	2	10	
14	Tiskana pločica	SK	Opasni otpad	1	1	0	1	0	
15	Gumeno brtvilo	PE	Guma	2	1	2	2	4	
16	Regulator temperature	PE	Polimer	6	1	2	6	12	
17	Regulator pare	PE	Polimer	1	1	2	1	2	
18	Cjevčica za paru	PE	Polimer	4	1	2	4	8	
19	Držač tipkala	SE	Polimer	1	1	2	1	2	
	UKUPNO:				**20**		**998 g**	**3314**	



Slika 3.7. *Prikaz rastavljenog glačala Chronomate 20 (numerirano po tablici 3.5.)*

Prema tablici 3.5. recikličnost elemenata parnog glačala iznosi 3314 i shodno tome možemo izračunati recikličnosti uređaja prema jednadžbi (2-4).

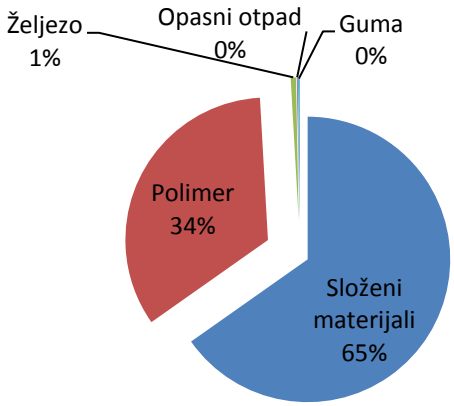
$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i * m_i * r_i}{M * r_{max}} = \frac{3314}{998 * 5} = 0{,}66$$

Prema izračunu, recikličnost je 0,66 te glačalo pripada kategoriji „potrebna rekonstrukcija proizvoda ili selektivno rastavljanje“. Količina dotrajalog uređaja koju možemo iskoristiti iznosi 66 %, odnosno 659 grama ukupne mase.

Tablica 3.6. *Zastupljenost materijala u glačala Chronomate 20*

Redni broj	Materijali	Masa g	Udio %	Broj dijelova kom	Ocjena recikličnosti
1	Složeni materijali	651	65,23	4	4
2	Polimer	338	33,87	10	2
3	Željezo (Fe)	6	0,60	4	5
4	Opasni otpad	1	0,10	1	0
5	Guma	2	0,20	1	2
Ukupno		**998**	**100**	**20**	

Glačalo se sastoji od 20 elemenata od kojih su većina polimer. Dijelovi glačala izrađeni su od nepoznate vrste polimera i zbog toga je ocjena recikličnosti „2“. Kada bi napravili identifikaciju polimera, ukupna recikličnost bi se povećala. Za razliku od prethodnog glačala, glačalo Chronomate 20 ima i elemente od polimera i opasnog otpada. Opasni otpad zahtjeva posebno postupanje te je njegova ocjena recikličnost „0“ što uvelike smanjuje ukupnu ocjenu recikličnost. Sukladno svojim funkcijama, ovog glačalo ima tipkala, cjevčice i regulator temperature.



Slika 3.8. *Grafikon zastupljenosti materijala u glačalu Chronomate 20*

Kako nije napravljeno detaljno rastavljanje uređaja (grijače ploče), složeni materijali odnose najveću masu, a samim time i najveći udio zastupljenosti materijala. Drugi najzastupljeniji materijal je polimer nepoznate vrste.

3.4. Analiza recikličnosti glačala HR-1600 „Alpina“

Multifunkcionalno glačalo HR-1600 proizvela je tvrtka Alpina iz Francuske. Glačalo je snage 1800 W, a mase 1145 grama. Godina proizvodnje glačala nije poznata. Uređaj je u odličnom stanju, a uzrok dotrajavanja je trajno oštećenje kabela napajanja.



Slika 3.9. *Multifunkcionalno glačalo HR-1600*

Glačalo osim funkcije doziranja vode i pare ima i keramičku grijaču ploču i vertikalno ispuštanje pare. Za razliku od prethodno analiziranih glačala, ovo glačalo ima signalno oko koje pokazuje kada je glačalo spremno za rad. Dizajn i funkcije ukazuju da se radi o modernom glačalu koje se može naći i danas u kućanstvima. Pripremom glačala za rastavljanje, uočeno je da je kućište poprimilo žutu boju jer se za izradu možda koristio ne kvalitetan polimer.

Multifunkcionalno glačalo rastavili smo sljedećim operacijama prikazanim u tablici 3.7..

Tablica 3.7. *Prikaz operacija rastavljanja glačala HR-1600*

VRIJEME RASTAVLJANJA					
	Naziv proizvoda: Glačalo HR-1600		**Datum:** 05.06.2016		
Redni broj	**Naziv operacije**	**Vrijeme odvajanja**	**Kumulativno vrijeme odvajanja**	**Alat**	**OPASKA**
		sek	sek		
I		t_i			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	Odvrtanje vijka stalka	50,6	50,6	Gedora, čekić	„Zvjezdasti vijak“
2	Čupanje stalka	5	55,6	Ruke	
3	Odvrtanje vijka kabla napajanja	23,3	78,9	Izvijač	
4	Otpuštanje vodiča od redne stezaljke	328,9	407,8	Odvijač,čekić	Korozija
5	Odvrtanje vijaka redne stezaljke	11,8	419,6	Odvijač,čekić	Korozija
6	Odvrtanje vijaka kućišta	29,1	448,7	Odvijač	
7	Čupanje regulatora temperature	5	453,7	Ruke	
8	Čupanje gornjeg dijela rukohvata	20	473,7	Ruke	
9	Odvrtanje donjeg dijela rukohvata	92,6	566,3	Izvijač	
10	Odvrtanje gornjeg dijela kućišta	5	571,3	Ruke	
11	Odvrtanje vijka sa spremnika vode	50	621,3	Izvijač	
12	Čupanje cjevčica za vodu i paru	5	626,3	Ruke	
13	Odvrtanje vijka grijača	71,9	698,2	Izvijač	
14	Odvrtanje vijka vodiča grijača i signalnog oka	124,1	822,3	Odvijač,čekić	Korozija
15	Odvrtanje vijka termostata	10,5	832,8	Odvijač,čekić	Zapeknuti spoj

Ukupno vrijeme rastavljanja glačala je 832,8 sekundi, a uređaj je rastavljen u 15 operacija s poteškoćama. Jedini vanjski vijak je bio „zvjezdasti“ te se koristila račna s nastavcima. Kao u prethodno analiziranom glačalu, i ovdje se proizvođač zaštitio kako bi samo ovlašteni serviseri mogli otvarati i popravljat njegove proizvode. Vijci unutar kućišta su bili u doticaju s vodom i

nastupila je korozija. Zbog navedenih činjenica, pri rastavljanju glačala HR-1600 uloženo je puno fizičkog napora.

U tablici 3.8. navedeni su svi elementi glačala HR-1600, a na slici 3.10. brojčano su označeni.

Tablica 3.8. *Struktura glačala HR-1600*

	Naziv proizvoda: Glačalo HR-1600				**Masa**:1145 g				
	Proizvođač: Alpina				**Uzrok dotrajavanja**: oštećenje kabela napajanja				
	God. Proizvodnje: nepoznata				**Datum obrade**: 05.06.2016				
Redni broj	Naziv elementa	Vrsta elementa (SE, PE, SK)	Vrsta materijala	Masa elementa	Komada po proizvodu	Stupanj recikličnosti	Masa elemenata (5x6)	Recikličnost elementa (8x9)	OPASKA
				g/kom	kom	0…5	grama		
i			vm_i	m_i	b_i	r_i	$m_i * b_i$	$m_i * b_i * r_i$	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1	Kabel napajanja	SK	Složeni materijali	152	1	4	152	608	
2	Spremnik za vodu	SK	Polimer	166	1	2	166	332	
3	Donji dio kućišta	SK	Polimer	140	1	2	140	280	
4	Gornji dio kućišta s rukohvatom	SK	Polimer	24	1	2	24	48	
5	Grijača ploča	SK	Složeni materijali	388	1	4	388	1552	
6	Zaštita kabela napajanja	PE	Polimer	4	2	2	8	16	
7	Stražnji poklopac s postoljem	SK	Polimer	72	1	2	72	144	
8	Tipkalo za vodu i paru	PE	Polimer	4	2	2	8	16	
9	Cjevčica za vodu i paru	PE	Složeni materijali	8	2	4	16	64	
10	Termostat	SK	Složeni materijali	20	1	4	20	80	
11	Vodiči	SK	Složeni materijali	6	3	4	18	72	

12	Opruge	PE	Fe	2	6	5	12	60	
13	Gornji dio rukohvata	SK	Polimer	24	1	2	24	48	
14	Redna stezaljka	SE	Složeni materijali	6	1	4	6	24	
15	Gumene podloške	PE	Guma	1	6	2	6	12	
16	Regulator temperature	PE	Polimer	4	1	2	4	8	
17	Vodič sa signalnim okom	SK	Opasni otpad	2	1	0	2	0	
18	Podloške	SE	Fe	2	10	5	20	10	
19	Vijak M2x10	SE	Fe	1	4	5	4	20	
20	Vijak M3x6	SE	Fe	1	6	5	6	30	
21	Vijak M3x10	SE	Fe	1	2	5	2	10	
22	Vijak M3x14	SE	Fe	1	2	5	2	10	
23	Vijak M3x16	SE	Fe	1	1	5	1	5	
24	Vijak M4x10	SE	Fe	1	1	5	1	5	
25	Vijak M4x11	SE	Fe	1	1	5	1	5	
26	Vijak M4x17	SE	Fe	2	3	5	6	30	
27	Vijak M4x23	SE	Fe	1	1	5	1	5	
28	Vijak M5x20	SE	Fe	1	3	5	3	15	
29	Zaštita za paru	SK	Složeni materijali	2	2	4	4	16	
30	Zaštita za cjevčice	SK	Guma	4	2	2	8	16	
31	Stezaljke	PE	Polimer	4	2	2	8	16	
32	Klizač tipkala	PE	Složeni materijali	2	1	4	8	32	
33	Nosač	PE	Polimer	2	1	2	2	4	
34	Svornjak	SK	Složeni materijali	2	1	4	2	8	
	UKUPNO:				**75**		**1145 g**	**3601**	



Slika 3.10. *Prikaz rastavljenog multifunkcionalnog glačala HR-1600*

Prema tablici 3.8. recikličnost elemenata je 3601, a shodno tome može se izračunati recikličnosti ukupnog proizvoda prema jednadžbi (2-4).

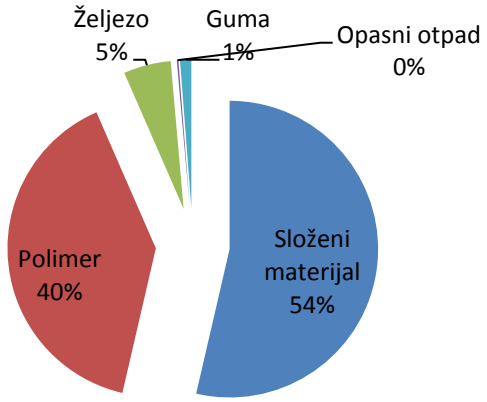
$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i * m_i * r_i}{M * r_{max}} = \frac{3601}{1145 * 5} = 0{,}63$$

Kao i prethodno analizirano glačalo, glačalo HR-1600 sa svojom recikličnosti u iznosu od 0,63 pripada kategoriji „potrebna rekonstrukcija proizvoda ili selektivno rastavljanje“. Iznos ukazuje da 63 % odbačenog proizvoda može se iskoristit.

Tablica 3.9. *Zastupljenost materijala u glačala HR-1600*

Redni broj	Materijali	Masa g	Udio %	Broj dijelova kom	Ocjena recikličnosti
1	Složeni materijali	614	53,62	13	4
2	Polimer	456	39,83	13	2
3	Željezo (Fe)	59	5,15	40	5
4	Opasni otpad	2	0,18	1	0
5	Guma	14	1,22	8	2
Ukupno		**1145**	**100**	**75**	

I u ovom glačalu složeni materijali odnose najveću masu jer nije napravljeno detaljno rastavljanje. Glačalo HR-1600 ima signalno oko koje pokazuje kada je spremno za rad. Signalno oko sadrži materijale koji su opasni i tako smanjuje recikličnost uređaja. Pri rastavljanju nabrojano je 24 vijka različitih dimenzija, 10 matica i 6 opruga. Ukupan broj rastavljenih elemenata koji iznosi 75, zahtjeva puno više vremena za rastavljanje i analizu.



Slika 3.11. *Grafikon zastupljenosti materijala u glačalu HR-1600*

Glačalo HR-1600 ima veliku zastupljenost polimera. Svi polimerni elementi u glačalu nemaju oznaku i samim time pripadaju polimerima nepoznate vrste koji imaju ocjenu recikličnosti 2. Može se zapaziti da je udjel metala (Fe, Al, Cu) neočekivano mali.

4. ANALIZA I USPOREDBA RECIKLIČNOSTI GLAČALA

Obradom i grupiranjem podataka provedenih analiza dobiveni su rezultati prikazani u tablici 4.1.. Masa dotrajalih proizvoda kretala se od 998 grama (glačalo Chronomate 20) do 1952 grama (glačalo EG-450). Broj sastavnih dijelova bio je od 20 do 75, a vrijeme rastavljanja od 462 sekunde do 832,8 sekunde. Izračunata recikličnost prema izrazu (2-4) najmanje je kod glačala HR-1600 (0,63), a najveća kod glačala EG-450 (0,81).

Tablica 4.1. *Ukupni pregled pokazatelja recikličnosti glačala*

Redni broj	**Naziv glačala**	**Proizvođač**	**Masa (M)**	**Broj elemenata**	**Broj materijala**	**Broj operacija rastavljanja**	**Vrijeme rastavljanja**	**Recikličnost (R)**
			grama				sekundi	
1	EG-450	Kontakt	1952	36	6	7	462	0,81
2	Chronomate 20	Moulinex	998	20	5	9	428	0,66
3	HR-1600	Alpina	1145	75	5	15	832,8	0,63

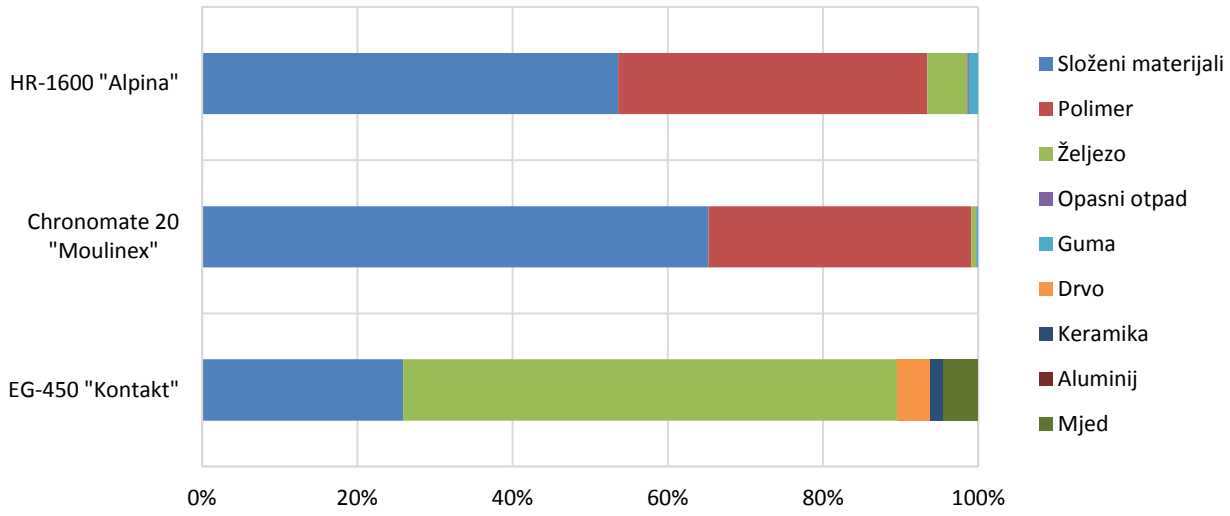
Iako literatura kaže da je rastavljanje starijih proizvoda znatno teže od rastavljanja novijih jer se ranije nije vodilo računa o kasnijem rastavljanju i popisu korištenih materijala, dobiveni rezultati pokazuju suprotno. Glačalo EG-450 je rastavljeno pomoću 7 operacija za 462 sekunde i jedini problem kod njegovog rastavljanja je zapeknuti spoj matice. Ostale poteškoće kao što su „zvjezdasti vijak“, korozija i zapeknuti spoj, problemi su rastavljanja druga dva glačala. Ako usporedimo najstarije i najnovije glačalo vidimo da je broj elemenata, broj operacija rastavljanja i vrijeme rastavljanja za 50 % veće kod novijeg glačala HR-1600. Analizirajući postupak rastavljanja na primjerima glačala, uočava se da je za svako glačalo potrebno relativno puno vremena za njegovo rastavljanje. Vrijeme rastavljanja analiziranih glačala bio bi loš parametar u ekonomsko-ekološkoj analizi iz koje se može vidjeti isplativost recikliranja proizvoda u odnosu na troškove.

Dobiveni podatci pokazuju da je najveću masu imalo najstarije glačalo EG-450. Prema tablici 4.1. vidljivo je smanjenje ukupne mase drugog glačala za gotovo 49 %. Broj materijala je brojčano jednak, no materijali se znatno razlikuju.

Bolji uvid u ukupne podatke zastupljenosti pojedinih materijala u glačalima prikazan je u tablici 4.2..

Tablica 4.2. *Ukupni pregled zastupljenosti pojedinih materijala u glačalu*

Redni broj	**Naziv glačala** / **Materijali**	**EG-450 "Kontakt"**		**Chronomate 20 "Moulinex"**		**HR-1600 "Alpina"**	
		Masa, g	Udio, %	Masa, g	Udio, %	Masa, g	Udio, %
1	Složeni materijal	506	25,9	651	65,2	614	53,6
2	Polimer	-	-	338	33,9	456	39,8
3	Željezo (Fe)	1241	63,6	6	0.6	59	5,2
4	Opasni otpad	-	-	1	0.1	2	0,2
5	Guma	-	-	2	0.2	14	1,2
6	Drvo	86	4.4	-	-	-	-
7	Keramika	30	1.5	-	-	-	-
8	Aluminij (Al)	1	0.1	-	-	-	-
9	Mjed	88	4.5	-	-	-	-
Masa glačala (g)		1952	100,0	998	100,0	1145	100,0
RECIKLIČNOST (R)		0,81		0,66		0,63	



Slika 4.1. *Grafikon ukupne zastupljenosti pojedinih materijala analiziranih glačala u %*

Prema tablici 4.2 vidimo značajnu razliku između glačala novije i glačala starije proizvodnje. Polimer nije zastupljen u glačalu EG-450 dok u druga dva glačala njegova zastupljenost iznosi do 40 %. Poznatih vrsta polimera gotovo nema, a oni su bitan čimbenik jer njihova ocjena recikličnost iznosi „5“. Za razliku od polimera poznate vrste, polimeri nepoznate vrste se nalaze u znatnoj količini.

Također glačalo EG-450 ne sadrži ni opasni otpad kojem je ocjena recikličnosti „0“. Materijali kao što su mjed, aluminij i složeni materijal pridonose visokoj ukupnoj recikličnosti proizvoda jer je njihov postupak recikliranja poznat i uspješno se primjenjuje. Takvi materijali najviše su zastupljeni u glačalu starije proizvodnje. Željezo je nositelj najviše ocjene recikličnosti. Glačalo Chronomate 20 i HR-1600 ukazuju na nizak udjel željeza, a ono se najčešće koristi u izradi elemenata kao što su vijci, matice i opruge. Željezo ima svoj udio i u složenim materijalima ali njihovo odvajanje je otežano i zahtijeva poseban pristup.

Ovi podatci dovode do zaključka, da se kod većine glačala uporabom poznatih polimera i smanjenjem složenih materijala u nerastavljivim sklopovima, znatno povećava ocjena recikličnosti. Kada bi se zamijenili polimeri nepoznate vrste s polimerima poznate vrste, recikličnost (R) glačala

HR-1600 porasla bira sa 0,63 na 0,87. Suma recikličnosti pojedinih elemenata ($\sum_{i=1}^{n} m_i * r_i * b_i$) porasla bi sa 3601 na 4969 zbog povećanja ocjene recikličnost te bi konačna recikličnost (R) za glačalo HR-1600 izračunata prema jednadžbi (2-4) iznosila:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i * m_i * r_i}{M * r_{max}} = \frac{4969}{1145 * 5} = 0{,}87$$

Takvo glačalo više ne bih pripadalo kategoriji „potrebna rekonstrukcija proizvoda ili selektivno rastavljanje“ nego bi pripadalo kategoriji „povoljne recikličnosti“. Iznos ukazuje da se 87 % odbačenog proizvoda može iskoristit i da bi glačalo HR-1600 imalo veću recikličnost i od glačala EG-450.

Da bi proizvod ili uređaj imao što bolje uporabno, ekonomsko i tehničko svojstvo, najvažnija je uloga konstruktora. Konstruktor u fazi razvoja, tj. fazi oblikovanja i konstruiranja glačala, mora poduzeti sljedeće:

- Smanjiti broj različitih vrsta materijala
- Supstitucija materijala – skupe sirovine moraju biti zamijenjene jeftinijim i recikličnijim sirovinama
- Ponovna uporaba – koristit reciklate
- Ne rastavljive sklopove od puno dijelova izvoditi od istih ili sličnih materijala
- Omogućiti označavanje vrste polimera
- Izbjegavati naljepnice
- Označiti dijelove koji sadrže opasne tvari i dati naputke za njihovo uklanjanje
- Omogućiti lako rastavljanje
- Smanjiti broj spojeva
- Koristiti lomljive veze kao zamjenu za rastavljive spojeve
- Uskočni spojevi trebaju se rastavljati običnim alatom
- Koristit obične vijke

Navedene smjernice se odnose na glačala koja su rastavljana u ovom radu. Upravo one se mogu shvatiti kao preduvjeti za buduću proizvodnju.

5. RJEŠENJE POSTUPKA ZBRINJAVANJA DOTRAJALIH GLAČALA

Prilikom rastavljanja uočeno je da konstruktor možda nije posvetio dovoljno pažnje kranjem zbrinjavanju glačala. Uvidom u tablicu 4.2 može se zapazit da udjel metala u analiziranim uređajima (Fe, Al, mjed) opada s rastom godine proizvodnje. Glačalo EG-450 sadrži željezo u velikim količinama (1241 g), dok se kod druga dva glačala može željezo pronaći samo u spojnim elementima kao što su vijci i opruge. Postoje dva razloga za tumačenje ove činjenice. Prvi razlog je odabir kućanskih aparata. Glačala su kućanski aparati koji nose malo opterećenje i imaju malu masu. Drugi razlog je rastavljanje. Jedan je dio sadržaja metala skriven u stavci „složeni materijali“ i zbog toga je udio složenih materijala velik (u prosjeku 49 %).

Prilikom konstruiranja proizvoda potrebno je voditi računa o prikladnosti rastavljanju i razvrstavanju tog proizvoda prilikom nekih popravaka ili na kraju njegovog životnog vijeka prilikom recikliranja. U ovom radu analizirani su uređaji koji su konstruirani u različitom vremenskom periodu od nekoliko desetaka godina, pa možemo vidjeti bitne konstrukcijske razlike. Starije glačalo EG-450 je jednostavnije za rastaviti jer se vodilo računa o položaju vijaka i njihovoj vidljivosti. Glačala novije proizvodnje, Chronomate 20 i EG-450 su konstrukcijski složenija, a samim time i teža za rastaviti.

Analizom strukture dijelova te primjenom logičkog slijeda rastavljanja može se pronaći kombinacija povezanosti dijelova i materijala koja pruža optimalni odnos dobiti i troškova prerade dotrajalog proizvoda. Cilj je uz najniže troškove rastavljanja ostvariti optimalnu dubinu rastavljanja koja vodi ka najvećem prihodu od recikliranja proizvoda. Uz pomoć brošure državnog koncesionara za recikliranje električnog i elektroničkog otpada [4], Spectra media d.o.o., pronađen je prikladan postupak za rastavljanje uređaja koji bi se trebao zasnivati na poluautomatiziranom rastavljanju odnosno kombinaciji ručnog i automatiziranog rastavljanja.

Proces rastavljanja započinje odvrtanjem vijaka pomoću električnog odvijača. Vrijeme rastavljanja bi se smanjilo i ne bi trebalo primijeniti puno fizičkog napora. Vijci bi se transportirali pokretnom trakom i razvrstavali se pomoću magnetnog separatora. Ručno rastavljanje koristili bi kod odvajanju opasnog otpada iz samog glačala. Komponente koje sadrže usporivače gorenja (tiskane pločice, kabeli) moraju biti uklonjene prikladnim postupkom zbrinjavanja (npr. spaljivanjem), ako recikliranje nije izvedivo [2].

Spaljivanje elektrotehničkog i elektroničkog otpada je posebno opasno zbog oslobađanja dioksina i furana, teških metala i emisije drugih opasnih tvari. Štetni utjecaj teških metala predstavlja opasnost i kod procesa usitnjavanja otpada na shredderu [2]. Elementi koji su nerastavljivi transportirali bi se pokretnom trakom na usitnjavanje. Nakon magnetskog odvajanja željeznih čestica, polimeri se podvrgavaju plivajuće-tonećem postupku gdje se odvajaju komponente velike i male gustoće. Čisti polimerni dijelovi koji nisu označeni mogu se iskoristit recikliranjem u manje vrijedne proizvode. Ostale materijale kao što su opeka i drvo, trebalo bi po mogućnosti iskoristiti u građevinske svrhe [5].

Ručno rastavljanje cijelog glačala nije ekonomski opravdano. Vremenski rezultati pokazuju da bi se u sat vremena moglo rastaviti osam glačala Chronomate 20 ili samo četiri glačala HR-1600.

6. ZAKLJUČAK

Ovim radom je dana analiza recikličnosti kućanskih aparata koja je provedena na trima uređajima iste namjene, ali drugog proizvođača. Glačala su iz različitih godina proizvodnje i različite tehnologije spajanja sastavnih dijelova. Analiza rastavljanja pokazala je da je najkraće vrijeme rastavljanja imalo glačalo Chronomate 20 i iznosilo je 428 sekundi, a najduže vrijeme glačalo HR-1600 od 832 sekunde, dok je za uređaj EG-450 bilo potrebno 462 sekunde. Uređaji proizvođača Alpina i Moulinex izrađeni su od pet istih vrsta materijala, dok proizvođač Kontakt koristi sasvim druge materijale. Znatna razlika uočava se kod količine dijelova. Glačalo EG-450 sastoji se od 36 dijelova, Chronomate 20 od 20 dijelova, a najnovije glačalo HR-1600 od 75 dijelova.

Recikličnost glačala ovisi o vrsti materijala od kojih su izrađeni sastavni dijelovi te o njihovoj rastavljivosti. Najveća recikličnost je glačala EG-450 i iznosi 0,81 i pripada kategoriji „povoljne recikličnosti“. Ostala analizirana glačala pripadaju kategoriji „potrebna rekonstrukcija proizvoda ili selektivno rastavljanje“. Recikličnost glačala Chronomate 20 je 0,66 što prezentira potencijal iskorištenja dotrajalog proizvoda od 66 %. Primjenom jedne od navedenih smjernica kao što je označavanje polimera, recikličnost glačala HR-1600 bi porasla sa 0,63 na 0,87.

Vrijeme rastavljanja i odvajanja dijelova je važan pokazatelj koji upućuje na isplativost recikliranja. Ono se može skratiti uvođenjem električnog odvijača ili tipiziranim radom pojedinca za pojedine segmente rastavljanja. Sa smanjenjem vremena rastavljanja, smanjuju se i troškovi rastavljanja te ukupni troškovi recikliranja. S ekološkog gledišta svakim recikliranjem čuvamo okoliš i rezerve sirovina bez obzira na ekonomsku isplativost.

POPIS LITERATURE

[1] M.Kljajin, M.Opalić, A.Pintarić, Recikliranje električnih i elektroničkih proizvoda, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod-Zagreb-Osijek, 2006.

[2] A.Pintarić, Prilog razvoju metoda vrednovanja recikličnosti materijala i proizvoda, doktorska disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2002.

[3] Agencija za zaštitu okoliša, Izvješće o komunalnom otpadu za 2014. godinu, 24.2.2016 http://www.azo.hr/Izvjesca25 , (20.6.2016.)

[4] Spectra media d.o.o., Državni koncesionar za recikliranje električnog i elektroničkog otpada, http://www.spectra-media.hr/ee-otpad.php , (20.6.2016)

[5] Električni i elektronički otpad, Gospodarenjem EE otpadom u Hrvatskoj, rujan 2014. http://www.ee-otpad.com/ee-otpad-u-hrvatskoj.pdf , (20.6.2016)

SAŽETAK

Ocjena recikličnosti električnih kućanskih aparata

Prerada dotrajalog proizvoda s ciljem ponovne uporabe materijala jedan je od načina smanjena udjela neiskorištenog otpada i čuvanja zaliha sirovina. Prikladnost proizvoda za preradu u sirovinu iskazuje se preko recikličnosti. U ovom radu opisan je model vrednovanja ocjene recikličnosti proizvoda koji se temelji na strukturnoj analizi proizvoda. Analizirana su tri glačala različitih proizvođača i različitih godišta proizvodnje. Dobiveni rezultati daju nam smjernice za ekološki prihvatljivije konstruiranje proizvoda. Na samom kraju opisano je rješenje postupka zbrinjavanja glačala.

Ključne riječi: recikliranje, recikličnost, glačalo

ABSTRACT

Feedback recyclability electrical home appliances

Processing of this product with the aim of re-use of materials is one way to decrease the share of unused waste and storage of raw material. The suitability of the product for processing the raw material is expressed through recyclability. In this written work we describes a model of evaluation ratings recyclability products based on structural analysis of products. We analyzed three irons from different manufacturers and of different ages production. The results give us guidelines for environmentally friendly construction products. At the end of described the decision process waste iron.

Key words: recycling, recyclability, iron

ŽIVOTOPIS

Matea Lučenčić rođena je 03.04.1993. godine u Osijeku, a osnovnu školu je pohađala i završila u Petrijevcima. 2008. upisala je Ekonomsku i upravnu školu u Osijeku, smjer ekonomist gdje kao član tima osvaja treće mjesto na državnom natjecanju „Mladi poduzetnik“. Stručni studij elektrotehnike, smjer informatika upisala je 2012. godine na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku.