

# Analiza recikličnosti LCD televizora

---

**Bošnjaković, Petar**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:577881>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-09**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I**  
**INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

**Stručni studij**

**ANALIZA RECIKLIČNOSTI**  
**LCD TELEVIZORA**

**Završni rad**

**Petar Bošnjaković**

**Osijek, 2022.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju**

Osijek, 07.10.2022.

Odboru za završne i diplomske  
ispite**Imenovanje Povjerenstva za završni ispit  
na preddiplomskom stručnom studiju**

|   |   |
|---|---|
| <b>Ime i prezime Pristupnika:</b>   | Petar Bošnjaković   |
| <b>Studij, smjer:</b>   | Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Automatika   |
| <b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>  | A 4453, 20.07.2017.   |
| <b>OIB Pristupnika:</b>   | 04707841207   |
| <b>Mentor:</b>  | doc. dr. sc. Goran Rozing   |
| <b>Sumentor:</b>  | Dalibor Buljić, dipl. ing.  |
| <b>Sumentor iz tvrtke:</b>  |   |
| <b>Predsjednik Povjerenstva:</b>  | dr. sc. Krešimir Miklošević   |
| <b>Član Povjerenstva 1:</b>   | doc. dr. sc. Goran Rozing   |
| <b>Član Povjerenstva 2:</b>   | dr. sc. Željko Špoljarić  |
| <b>Naslov završnog rada:</b>  | Analiza recikličnosti LCD televizora  |
| <b>Znanstvena grana završnog rada:</b>  | <b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>   |
| <b>Zadatak završnog rada</b>  |   |
| <b>Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):</b>                                   | Dobar (3)   |
| <b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b> | Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda<br>Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 1 bod/boda<br>Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda<br>Razina samostalnosti: 2 razina |
| <b>Datum prijedloga ocjene od strane mentora:</b>   | 07.10.2022.   |
| Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:   | Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.   |
|   | Datum:  |



**FERIT**

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

## IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 10.03.2023.

Ime i prezime studenta:

Petar Bošnjaković

Studij:

Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Automatika

Mat. br. studenta, godina upisa:

A 4453, 20.07.2017.

Turnitin podudaranje [%]:

14

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Analiza recikličnosti LCD televizora**

izrađen pod vodstvom mentora doc. dr. sc. Goran Rozing

i sumentora Dalibor Buljić, dipl. ing.

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

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. UVOD .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1. Zadatak završnog rada.....   | 1         |
| <b>2. RECIKLIRANJE I RECIKLIČNOST PROIZVODA .....</b>   | <b>2</b>  |
| 2.1. Recikliranje .....   | 2         |
| 2.2. Recikliranje elektroničkog otpada.....   | 3         |
| 2.3. Recikličnost proizvoda.....  | 4         |
| <b>3. PRIMJENA MODELA VREDNOVANJA RECIKLIČNOSTI LCD TELEVIZORA .....</b>  | <b>6</b>  |
| 3.1. Analiza recikličnosti LCD televizora SONY KDL-26EX302 .....  | 7         |
| 3.2. Analiza recikličnosti LCD televizora Quadro LCD-22AB1 .....  | 12        |
| <b>4. USPOREDBA PROVEDENE ANALIZE RECIKLIČNOSTI LCD TELEVIZORA I<br/>KONSTRUKCIJSKE SMJERNICE RECIKLIČNOSTI .....</b> | <b>17</b> |
| 4.1. Usporedba provedene analize recikličnosti LCD televizora .....   | 17        |
| 4.1. Prijedlog postupaka u zbrinjavanju LCD televizora.....   | 19        |
| <b>5. ZAKLJUČAK.....</b>  | <b>23</b> |
| <b>LITERATURA .....</b>   | <b>24</b> |
| <b>SAŽETAK.....</b>   | <b>25</b> |

# 1. UVOD

Broj stanovnika na Zemlji je u naglom porastu, najvećem u svojoj povijesti, a glavni doprinos uzroku povećanja stanovništva je upravo tehnologija. Industrija je najviše napredovala napretkom tehnologije, tvornice postaju automatizirane i zahtijevaju sve manje radnika. Zbog tog ubrzanog napretka tehnologija se integrirala u ljudski život u skoro svakom aspektu. Koristimo računala za posao i razonodu, mobilni uređaji su uz nas konstantno a, televizori se nalaze u skoro svakom kućanstvu. Kada uzmemo u obzir da na Zemlji živi više od 7 milijardi ljudi dolazimo do zaključka da postoji ogromna količina elektroničkih uređaja. Svaki uređaj ima svoj životni vijek nakon kojega se prestaje koristiti.

Postoji mnogo razloga prestanka korištenja uređaja poput kvarova, dotrajalost, tehnološki višak i sl. Svaki uređaj koji se prestane koristiti je višak, a većina takvih uređaja postaje otpad. Rapidnim napredovanjem tehnologije potražnja raste i stari uređaji se mijenjanju za nove iako su još ispravni i tako postaju otpad. EE otpad spada u opasni otpad i sadrži mnoge štetne tvari za ljudsko zdravlje i okoliš, poput žive, kadmija, olova, arsena, azbesta, fosfora itd...

Kroz prošlo desetljeće televizija je postala standardna u većini domova, a nije ni neuobičajeno za kućanstvo da posjeduje više od jednog televizora. Ovim radom će se pokušati prikazati, na jednom od danas najzastupljenijih elektroničkih uređaja, na koji bi se način pravilno reciklirali LCD televizori i kako taj proces možemo poboljšati.

## 1.1. Zadatak završnog rada

Zadatak završnog rada je provesti model vrednovanja recikličnosti na primjeru dva LCD televizora. Ukazati na konstrukcijske smjernice u svrhu poboljšanja recikličnosti uređaja i preporučiti adekvatne postupke zbrinjavanja istih.

## 2. RECIKLIRANJE I RECIKLIČNOST PROIZVODA

Recikliranje je pojam s kojim se sve češće susrećemo i pridodaje mu se sve veća važnost. Jedno od prvih zabilježenih procesa recikliranja je 1031. godine u Japanu, kada je porasla potražnja za papirom privatnici su otkupljivali stari papir i počeli su proizvoditi reciklirani papir koji je opet bio iskoristiv [1]. Količina odbačenih LCD televizora je ogromna i u stalnom je porastu, u većini slučajeva razlog kupovine novog televizora je izlazak novog i većeg modela na tržište. Rezultat prekomjerne uporabe LCD televizora je problem oko njegovog zbrinjavanja. Televizija je sama po sebi poprilično glomazan otpad, a ogromna količina televizora koja se odbacuje vrlo brzo nagomila reciklaža dvorišta i pogone.

### 2.1. Recikliranje

Recikliranje je proces skupljanja proizvoda i materijala koji bi inače bili odbačeni kao smeće i prerada u nove proizvode ili materijale koji se dalje koriste. Recikliranjem direktno utječemo na lokalnu zajednicu i prirodu. Riječ recikliranje dolazi od engleskog naziva *recycle* što znači kruženje.



Sl. 2.1 Simbol recikliranja [2]

S aspekta odbačenog proizvoda ili materijala, recikliranje možemo podijeliti na tri tipa: *Downcycling*, *Recycling*, *Upcycling*.

*Downcycling* je proces dobivanja materijala za novi proizvod, ali taj proizvod ima manju vrijednost od prvobitnog proizvoda. Polimeri su najčešće korištena u *downcyclingu* zbog gubitka svojstva nakon recikliranja. Cilj *downcyclinga* je smanjenje otpada. Primjer: papir za pisanje se iskoristi za kartonske kutije, koje se potom iskoriste za toaletni papir.

*Upcycling* je proces gdje iskorištavamo materijale starog proizvoda kako bi smo dobili novi proizvod veće vrijednosti. *Upcycling* postaje sve popularniji i sve češći hobi. Primjer: Izrada namještaja od starih drvenih paleta.

## 2.2. Recikliranje elektroničkog otpada

Električni i elektronički otpad se treba odvajati od komunalnog i ostalog otpada, pod njega spadaju veliki i mali kućanski aparati te informatička i telekomunikacijska oprema.

2019. godine je stvoreno oko 53,6 milijuna tona električnog otpada, ta brojka brzo raste te svake iduće godine se stvori oko 2 milijuna tona električnog otpada više. Iste te godine dokumentirano je da je prikupljeno oko 9,3 milijuna tona električnog otpada, što znači da se tek 17,4% generiranog otpada prikupi i reciklira na pravilan način [3].

LCD televizori spadaju pod opasni otpad. Sa LCD ekranima se mora vrlo pažljivo rukovati zato što mogu sadržavati živu koja je vrlo otrovna za ljude. Kako bi se ekrani mogli reciklirati prvo se moraju ukloniti opasni materijali, a zatim nam ostaje staklo i polimeri. Nakon odvajanja stakla većina materijala koja je preostala u televizoru su metali i polimeri, te tiskane pločice. Metali i polimeri se dalje prenamjenjuju u druge proizvode, a iz tiskanih pločica vadimo vrijedne metale. Gospodarenje ovom vrstom otpada u skladu s Pravilnikom o gospodarenju električnim i elektroničkim uređajima i opremom (NN 42/2014) pridonosi zbrinjavanju opasnih komponenata EE otpada na odgovarajući način, kao i iskorištenju upotrebljivih dijelova EE otpada, odnosno smanjenju iskorištenja prirodnih resursa što je vrlo važan podatak ako se zna da je EE otpad najbrže rastuća vrsta otpada [4].

U Hrvatskoj trgovine koje imaju više od 400 četvornih metara su dužne preuzimati EE otpad veličine do 25 centimetara bez naknade i pritom su dužne to istaknuti na vidljivom mjestu. Za EE otpad kojemu je masa veća od 30 kilograma postoji mogućnost besplatnog odvoza na cijelome području Hrvatske [5].

Postupak recikliranja EE otpada možemo podijeliti na glavne korake:

- Prikupljanje otpada
- Rastavljanje
- Razvrstavanje
- Skladištenje
- Transport
- Prerada u uporabljive materijale



### 2.3. Recikličnost proizvoda

Recikličnost je obilježje proizvoda ili materijala koje predstavlja mogućnost preusmjerenja i vraćanja na novu uporabu kao funkcionalno ispravan dio ili sirovina za izradu novog proizvoda. Oznaka za recikličnost je R, a izračunavamo ga kao omjer sume pojedinih masa i recikličnosti proizvoda u odnosu na ukupnu masu i maksimalnu recikličnost. Iznos recikličnosti se kreće od 0 do 1. Recikličnost proizvoda računa se prema jednadžbi (2-1).

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

Gdje je:

- R – recikličnost proizvoda
- $b_i$  – broj ponavljanja i-tog dijela u proizvodu
- $m_i$  – masa i-tog dijela, kg
- $r_i$  – ocjena recikličnosti i-tog dijela
- $r_{max}$  – najveća ocjena recikličnosti
- M – ukupna masa proizvoda, kg

Rezultat iznosa recikličnosti možemo svrstati u jednu od tri kategorije:[6]

- 0,75 do 1,00 – povoljna recikličnost
- 0,50 do 0,74 – potrebno selektivno rastavljanje ili rekonstrukcija proizvoda
- Ispod 0,50 – upućuje na downcycling proizvoda ili odlaganje

Tablicu 2.1 koristimo kako bi olakšali ocjenjivanje recikličnosti pojedinog materijala, a u tablici 2.2 možemo vidjeti konkretne primjere materijala.

Tablica 2.1 Ocjena recikličnosti materijala [6]

| Ocjena | Opis mjerila  |
|--------|---|
| 0      | dio ili sklop koji sadrži opasne tvari, zahtjeva posebno postupanje   |
| 1      | materijal s nepoznatom tehnologijom reciklaže   |
| 2      | organski materijal, može se koristiti kao izvor energije, ali se ne može reciklirati                                  |
| 3      | materijal je tehnološki moguće reciklirati, ali to zahtjeva dodatnu obradu, te razvoj postojećih procesa i materijala |
| 4      | materijal se tehnološki može reciklirati, ali oprema nije dostupna  |
| 5      | materijal je recikličan, postupak recikliranja poznat i uspješno se primjenjuje                                       |

Tablica 2.2 Primjer korištenja tablice ocjene recikličnosti [6]

| Ocjena | Opis mjerila  |
|--------|---|
| 0      | tiskane pločice, katodne cijevi, kondenzatori (PCB), baterije, negorivi polimeri, živin prekidač, dijelovi koji sadrže azbestna vlakna, živu (prekidači, žarulje), selen, LCD, itd. |
| 1      | duroplasti, viskeri, nerazvrstani usitnjeni otpad, kompoziti  |
| 2      | polimeri nepoznate vrste, materijali na bazi celuloze (energetski iskoristivo)  |
| 3      | željezo-bakar pomiješani, elektromotori, mješavina polimera   |
| 4      | kabeli i izolirani vodiči, željezo + keramika, metal + polimer  |
| 5      | željezo, bakar, aluminij i slitine, polimeri poznate vrste  |

Iz navedenih tablica možemo zaključiti da u LCD televizorima postoji poprilična količina tiskanih pločica, kondenzatora i LCD panel, sve te komponente imaju ocjenu 0 i to je glavni razlog niže ocjene recikličnosti kod LCD televizora i općenito EE uređaja.

### 3. PRIMJENA MODELA VREDNOVANJA RECIKLIČNOSTI LCD TELEVIZORA

Za provedbu analize recikličnosti odabrana su dva LCD televizora različitih dimenzija i konstrukcijskih izvedbi. Za analizu rastavljanja koje su vidljive u tablicama 3.1 i 3.3 potrebno je rastaviti uređaje i razvrstati ih na sastavne dijelove i sklopove koji su potrebni za daljnju analizu.

Pri rastavljanju uređaja korišteni su alati poput:

- Zvezdastih i ravnih odvijača
- Kliješta
- Skalpela
- Zaštitnih rukavica
- Digitalna vaga



Sl. 3.1 Digitalna vaga korištena za vaganje komponenti

Tokom rastavljanja važnost se pridonijela idućim podacima koji su upisani u navedene tablice:

- Opisati naziv operacije koja se izvodi
- Vrijeme potrebno za izvođene pojedine operacije (mjereno pomoću štoperice na mobilnom uređaju)
- Kumulativno vrijeme odvajanja
- Alat pomoću kojeg je izvršena operacije
- Opaska na operaciju

Svaki uređaj je fotografiran prije i poslije rastavljanja.

### 3.1. Analiza recikličnosti LCD televizora SONY KDL-26EX302

Analizirani LCD televizor SONY KDL-26EX302 je proizveden 2010. godine, a razlog dotrajanja je napuknuće LCD ekrana. LCD televizor ima masu 8250,3 grama. Analiza rastavljanja je provedena dana 12.6.2022.



Sl. 3.2 LCD televizor SONY KDL-26EX302 prije rastavljanja

U tablici 3.1 prikazana je provedena analiza rastavljanja LCD televizora SONY KDL-26EX302. Podatci koji su mjereni su vrijeme potrebno za izvršiti pojedinu operaciju te kumulativno vrijeme odvajanja. Ovi podatci nam mogu dati na uvid pojedine nedostatke u izvedbi ovog modela televizora.

Tablica 3.1 Analiza rastavljanja LCD televizora SONY KDL-26EX302

| Naziv proizvoda: SONY KDL-26EX302 |  | <b>VRIJEME<br/>RASTAVLJANJA</b> |                               | Datum: 12.6.2022 |                 |
|-----------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|
| Redni broj                        | Naziv operacije  | Vrijeme odvajanja               | Kumulativno vrijeme odvajanja | Alat             | OPASKA          |
|                                   |  | sek                             | sek                           |                  |                 |
| 1                                 | Odvrtanje vijaka i skidanje nosača za tv                   | 78                              | 78                            | Odvijač          |                 |
| 2                                 | Odvrtanje vijaka nosača za tv i skidanje poklopca          | 69                              | 147                           | Odvijač          |                 |
| 3                                 | Odvrtanje vijaka i skidanje stražnjeg poklopca             | 177                             | 324                           | Odvijač          | Dugo trajanje   |
| 4                                 | Skidanje kabla za napajanje                                | 4                               | 328                           | Ručno            |                 |
| 5                                 | Odvajanje metalnih navoja sa stražnjeg poklopca            | 22                              | 350                           | Kliješta         |                 |
| 6                                 | Skidanje polimera za nosač                                 | 12                              | 362                           | Odvijač          |                 |
| 7                                 | Odvrtanje vijaka i skidanje zvučnika sa matične ploče      | 77                              | 439                           | Odvijač          |                 |
| 8                                 | Odvrtanje vijaka i skidanje zvučnika sa polimernog nosača  | 198                             | 637                           | Odvijač          | Vijci su upekli |
| 9                                 | Skidanje tiskane pločice s tipkama                         | 65                              | 702                           | Odvijač          |                 |
| 10                                | Odvrtanje vijaka i skidanje zaštitne maske za pretvarač    | 46                              | 748                           | Odvijač          |                 |
| 11                                | Odvajanje pretvarača s utora                               | 3                               | 751                           | Ručno            |                 |
| 12                                | Odvajanje kabela pretvarača                                | 2                               | 753                           | Ručno            |                 |
| 13                                | Odvajanje drivera za zvučnik                               | 3                               | 756                           | Ručno            |                 |
| 14                                | Odvajanje zaštitne maske za utore                          | 2                               | 758                           | Ručno            |                 |
| 15                                | Odvajanje kabela za napajanje LCD ekrana                   | 5                               | 763                           | Ručno            |                 |
| 16                                | Skidanje napajanja   | 29                              | 792                           | Odvijač          |                 |
| 17                                | Odvrtanje vijaka i skidanje matične ploče                  | 43                              | 835                           | Odvijač          |                 |
| 18                                | Odvrtanje vijaka i skidanje metalne maske                  | 18                              | 853                           | Odvijač          |                 |
| 19                                | Odvajanje prednje maske                                    | 11                              | 864                           | Ručno            |                 |
| 20                                | Skidanje metalnog gornjeg okvira za LCD panel              | 44                              | 908                           | Odvijač          |                 |
| 21                                | Odvrtanje vijaka i skidanje polimernog okvira za LCD panel | 67                              | 975                           | Odvijač          |                 |
| 22                                | Odvajanje LCD panela                                       | 15                              | 993                           | Ručno            |                 |
| 23                                | Odvajanje polarizatora                                     | 4                               | 997                           | Ručno            |                 |
| 24                                | Odvajanje pozadinskog osvjetljenja                         | 164                             | 1161                          | Ručno            |                 |
| 25                                | Odvajanje konektora za pozadinsko osvjetljenje             | 21                              | 1182                          | Ručno            |                 |

Iz tablice 3.1 se može vidjeti da je uređaj rastavljen za 1182 sekunde (19min i 42s). Vrijeme rastavljanja bi se moglo skratiti za 30 do 40% kada bi isti uređaj rastavljali drugi puta.

Najviše vremena pri rastavljanju je utrošeno na odvrtnje vijaka kojih ima šest različitih tipova glave za odvrtnje, neki od vijaka su zapekli od starosti. Osim toga rastavljanje je prošlo bez većih problema.

Elementi LCD televizora nakon rastavljanja su prikazani na slici 3.3



Sl. 3.3 LCD televizor SONY KDL-26EX302 poslije rastavljanja

Nakon rastavljanja svakom elementu je izmjerena masa ( $m_i$ ). Ovisno o ukupnom broju elemenata ( $b_i$ ) i njihovih pojedinačnih masa ( $m_i$ ) možemo dobiti ukupnu masu elemenata ( $m_i \times b_i$ ).

Nakon mjerenja mase svih elemenata dodjeljujemo im stupanj recikličnosti prema tablicama 2.1. i 2.2. Elementi koji sadržavaju opasne tvari (tiskane pločice, katodne cijevi) su dobili najnižu ocjenu recikličnosti (ocjena recikličnosti 0), a elementi poput poznatih polimera i metala su dobili najvišu ocjenu recikličnosti (ocjena recikličnosti 5).

U tablici 3.2 nalaze se podatci provedene analize recikličnosti LCD televizora SONY-KDL26EX302.

Tablica 3.2 Analiza recikličnosti SONY KDL-26EX302

| Naziv proizvoda: SONY KDL-26EX302 |                              |                             |                            |                | Masa: 8250.3 grama                     |                       |                                 |  |        |
|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------|--|-----------------------|---------------------------------|--|--------|
| Proizvođač: SONY                  |                              |                             |                            |                | Uzrok dotrajanja: Napuknuće LCD ekrana |                       |                                 |  |        |
| God. Proizvodnje: 2010            |                              |                             |                            |                | Datum obrade: 12.06.2022               |                       |                                 |  |        |
| Redni broj                        | Naziv elementa               | Vrsta elementa (SE, PE, SK) | Vrsta materijala           | Masa elementa  | Komada po                              | Stupanj recikličnosti | Masa elemenata (5x6)            | Recikličnost elementa (8x9)                    | OPASKA |
|                                   |                              |                             |                            | g/kom          | ko m                                   | 0...5                 | grama                           |  |        |
| i                                 |                              |                             | vm <sub>i</sub>            | m <sub>i</sub> | b <sub>i</sub>                         | r <sub>i</sub>        | m <sub>i</sub> * b <sub>i</sub> | m <sub>i</sub> *b <sub>i</sub> *r <sub>i</sub> |        |
| 1                                 | 2                            | 3                           | 4                          | 5              | 6                                      | 7                     | 8                               | 9  | 10     |
| 1                                 | Polimerni okvir nosača       | SE                          | PC+ABS                     | 511,0          | 1                                      | 4                     | 511,0                           | 2044,0   |        |
| 2                                 | Metalni nosač                | PE                          | Čelik                      | 1091,0         | 1                                      | 5                     | 1091,0                          | 5455,0   |        |
| 3                                 | Maska za zvučnike            | SE                          | PC+ABS                     | 64,0           | 2                                      | 4                     | 128,0                           | 512,0  |        |
| 4                                 | Zvučnici                     | PE                          | Složeni materijal (ABS+Fe) | 130,0          | 2                                      | 4                     | 260,0                           | 1040,0   |        |
| 5                                 | Kablovi za zvučnike          | SK                          | Složeni materijal (Cu+PVC) | 22,0           | 1                                      | 4                     | 22,0                            | 88,0   |        |
| 6                                 | Okvir za tipke               | PE                          | PC+ABS                     | 34,0           | 1                                      | 4                     | 34,0                            | 136,0  |        |
| 7                                 | Maske za tipke               | PE                          | Polistiren                 | 4,0            | 1                                      | 5                     | 4,0                             | 20,0   |        |
| 8                                 | Tiskana pločica tipki        | SK                          | Opasni materijal           | 7,0            | 1                                      | 0                     | 7,0                             | 0,0  |        |
| 9                                 | Tiskana pločica zvučnika     | SK                          | Opasni materijal           | 5,0            | 1                                      | 0                     | 5,0                             | 0,0  |        |
| 10                                | Pretvarač                    | SK                          | Opasni materijal           | 119,0          | 1                                      | 0                     | 119,0                           | 0,0  |        |
| 11                                | Napajanje                    | SK                          | Opasni materijal           | 372,0          | 1                                      | 0                     | 372,0                           | 0,0  |        |
| 12                                | Matična ploča                | SK                          | Opasni materijal           | 238,0          | 1                                      | 0                     | 238,0                           | 0,0  |        |
| 13                                | Kabel za napajanje           | SK                          | Složeni materijal (Cu+PVC) | 80,0           | 1                                      | 4                     | 80,0                            | 320,0  |        |
| 14                                | Kabl za napajanje pretvarača | SK                          | Složeni materijal (Cu+PVC) | 8,0            | 1                                      | 4                     | 8,0                             | 32,0   |        |
| 15                                | Maska za pretvarač           | PE                          | PC+ABS                     | 44,0           | 1                                      | 4                     | 44,0                            | 176,0  |        |

|    |                                      |    |                            |        |    |   |        |         |                             |
|----|--------------------------------------|----|----------------------------|--------|----|---|--------|---------|-----------------------------|
| 16 | Konektori za pozadinsko osvijetljene | PE | Složeni materijal (ABS+Fe) | 3,0    | 6  | 4 | 18,0   | 72,0    |                             |
| 17 | Metalni kostur                       | SE | Čelik                      | 1683,0 | 1  | 5 | 1683,0 | 8415,0  |                             |
| 18 | Maske za utore                       | PE | PC+ABS                     | 37,0   | 1  | 4 | 37,0   | 148,0   |                             |
| 19 | Kabl za napajanje LCD-a              | SK | Složeni materijal (Cu+PVC) | 9,0    | 1  | 4 | 9,0    | 36,0    |                             |
| 20 | Metalni okvir za LCD                 | PE | Čelik                      | 161,0  | 1  | 5 | 161,0  | 805,0   |                             |
| 21 | Polimerni okvir za LCD               | PE | PC+ABS                     | 116,0  | 1  | 4 | 116,0  | 464,0   |                             |
| 22 | Stražnji poklopac                    | PE | PC+ABS                     | 1053,0 | 1  | 4 | 1053,0 | 4212,0  |                             |
| 23 | Držač katodnih cijevi                | PE | Polikarbonat               | 50,0   | 2  | 5 | 100,0  | 500,0   |                             |
| 24 | Katodne cijevi                       | SK | Opasni materijal           | 16,0   | 3  | 0 | 48,0   | 0,0     |                             |
| 25 | Difuzori                             | SE | Nepoznati polimeri         | 522,0  | 1  | 2 | 522,0  | 1044,0  |                             |
| 26 | LCD panel                            | SK | Opasni materijal           | 830,0  | 1  | 0 | 830,0  | 0,0     |                             |
| 27 | Prednji okvir                        | PE | PC+ABS                     | 682,0  | 1  | 4 | 682,0  | 2728,0  |                             |
| 28 | Vijak 4x20 sa podloškom              | SE | Fe                         | 3,8    | 4  | 5 | 15,2   | 76,0    | Podloška i vijak su spojeni |
| 29 | Vijak 2x18                           | SE | Fe                         | 1,5    | 11 | 5 | 16,5   | 82,5    |                             |
| 30 | Vijak 3x12 sa podloškom              | SE | Fe                         | 1,4    | 8  | 5 | 11,2   | 56,0    | Podloška i vijak su spojeni |
| 31 | Vijak 2x10 sa podloškom              | SE | Fe                         | 0,7    | 6  | 5 | 4,2    | 21,0    | Podloška i vijak su spojeni |
| 32 | Vijak 2x14                           | SE | Fe                         | 0,8    | 12 | 5 | 9,6    | 48,0    |                             |
| 33 | Vijak 2x14                           | SE | Fe                         | 0,8    | 10 | 5 | 8,0    | 40,0    |                             |
| 34 | Vijak 2x8                            | SE | Fe                         | 0,5    | 6  | 5 | 3,0    | 15,0    |                             |
| 35 | Vijak 1x6                            | SE | Fe                         | 0,2    | 3  | 5 | 0,6    | 3,0     |                             |
|    |                                      |    |                            |        | 97 |   | 8250,3 | 28588,5 |                             |

Prema podacima iz tablice 3.2 te prema jednadžbi (3-1) izračunata je recikličnost LCD televizora SONY KDL-26EX302.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n b_i * r_i * m_i}{M * r_{max}} = 0,69 \quad (3-1)$$



Recikličnost LCD televizora SONY KDL-26EX302 iznosi 0,69 i razlog niske ocjene recikličnosti je velik udio složenih materijala i opasnih materijala koji nisu pogodni za recikliranje.

### **3.2. Analiza recikličnosti LCD televizora Quadro LCD-22AB1**

LCD televizor Quadro LCD-22AB1 je proizveden 2010. godine i razlog dotrajavanja je kvar. LCD televizor ima masu 3379,2 grama. Analiza rastavljanja je provedena na uređaju koji je prikazan na slici 3.4 dana 20.6.2022.



Sl. 3.4 LCD Quadro LCD-22AB1 prije rastavljanja

U tablici 3.3 prikazana je provedena analiza rastavljanja LCD televizora Quadro LCD-22AB1. Podatci koje smo mjerili su vrijeme potrebno za izvršiti pojedinu operaciju te kumulativno vrijeme odvajanja. Ovi podaci nam mogu dati na uvid pojedine nedostatke u izvedbi ovog modela televizora.

Tablica 3.3 Analiza rastavljanja LCD televizora Quatro-LCD-22AB11

| Naziv proizvoda: Quatro-LCD-22AB11 |  | <b>VRIJEME<br/>RASTAVLJANJA</b> |                               | Datum: 20.6.2022 |                    |
|------------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------|
| Redni broj                         | Naziv operacije  | Vrijeme odvajanja               | Kumulativno vrijeme odvajanja | Alat             | OPASKA             |
|                                    |  | sek                             | sek                           |                  |                    |
| 1                                  | Odvrtanje vijaka i skidanje stražnjeg polimera             | 242                             | 242                           | Odvijač          | Veliki broj vijaka |
| 2                                  | Odvrtanje vijaka i odvajanje zvučnika                      | 45                              | 287                           | Odvijač          |                    |
| 3                                  | Odvrtanje vijaka i odvajanje zvučnika od metalnog kućišta  | 129                             | 416                           | Odvijač          |                    |
| 4                                  | Odvrtanje vijaka i odvajanje matične ploče                 | 62                              | 478                           | Odvijač          |                    |
| 5                                  | Odvrtanje vijaka i odvajanje polimera za matičnu ploču     | 42                              | 520                           | Odvijač          |                    |
| 6                                  | Lomljenje metalnog poklopca za napajanje LCD-a             | 72                              | 592                           | Odvijač          | Vijci su zapekli   |
| 7                                  | Odvrtanje vijaka i odvajanje tiskane pločice s tipkalima   | 21                              | 613                           | Odvijač          |                    |
| 8                                  | Odvrtanje vijaka i odvajanje polimera za tipke             | 13                              | 626                           | Odvijač          |                    |
| 9                                  | Odvajanje žice za tipkala                                  | 3                               | 629                           | Ručno            |                    |
| 10                                 | Odvrtanje vijaka i odvajanje tiskane pločice s IC senzorom | 6                               | 635                           | Odvijač          |                    |
| 11                                 | Odvajanje kabla za napajanje LCD-a                         | 3                               | 638                           | Ručno            |                    |
| 12                                 | Odvrtanje vijaka i odvajanje prednjeg polimernog okvira    | 47                              | 685                           | Odvijač          |                    |
| 13                                 | Odvajanje zaštite za IC senzor                             | 3                               | 688                           | Ručno            |                    |
| 14                                 | Odvrtanje vijaka i skidanje metalnih žlijebova             | 27                              | 715                           | Odvijač          |                    |
| 15                                 | Saviti i skinuti metalni okvir za LCD                      | 57                              | 772                           | Odvijač          |                    |
| 16                                 | Odvajanje LCD ekrana                                       | 8                               | 780                           | Ručno            |                    |
| 17                                 | Odvrtanje vijaka i lomljenje polimernog okvira za LCD      | 78                              | 858                           | Odvijač          |                    |
| 18                                 | Odvajanje difuzora i sjenila                               | 13                              | 871                           | Ručno            |                    |
| 19                                 | Odvajanje katodnih cijevi od metalnog kućišta              | 132                             | 1003                          | Skalpel          | Dugo traje         |

Uvidom u tablicu 3.3. vidimo da je uređaj rastavljen za 1003 sekunde (16min i 43s). Vrijeme rastavljanja bi se moglo skratiti za 30 do 40% kada bi isti uređaj rastavljali drugi puta. Iako je LCD televizor Quadro LCD-22AB1 znatno manji od SONY KDL-26EX302 vrijeme rastavljanja nije znatno manje. Glavni uzrok je veliki broj vijaka i dosta elemenata je zalijepljeno ljepljivom trakom, što je i najveći uzrok dugog vremena rastavljanja.

Na slici 3.5 su prikazani elementi LCD televizora Quadro LCD-22AB1 nakon rastavljanja.



Sl. 3.5 LCD Quadro LCD-22AB1 poslije rastavljanja

Nakon rastavljanja svakom elementu je izmjerena masa ( $m_i$ ). Ovisno o ukupnom broju elemenata ( $b_i$ ) i njihovih pojedinačnih masa ( $m_i$ ) možemo dobiti ukupnu masu elemenata ( $m_i \times b_i$ ).

Nakon mjerenja mase svih elemenata dodjeljujemo im stupanj recikličnosti prema tablicama 2.1. i 2.2. Elementi koji sadržavaju opasne tvari (tiskane pločice, katodne cijevi) su dobili najniži stupanj recikličnosti (stupanj recikličnosti 0), a elementi poput poznatih polimera i metala su dobili najviši stupanj recikličnosti (stupanj recikličnosti 5).

U tablici 3.4. nalaze se podatci provedene analize recikličnosti LCD televizora Quadro LCD-22AB11.

Tablica 3.4 Analiza recikličnosti Quadro LCD-22AB11

| Naziv proizvoda: Quadro LCD-22AB11 |                               |                             |                            |                | Masa: 3379,2g            |                       |                                 |  |        |
|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|--|--------|
| Proizvođač: Quadro                 |                               |                             |                            |                | Uzrok dotrajanja: Kvar   |                       |                                 |  |        |
| God. Proizvodnje: 2010             |                               |                             |                            |                | Datum obrade: 20.06.2022 |                       |                                 |  |        |
| 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 <sub>i</sub>            | m <sub>i</sub> | b <sub>i</sub>           | r <sub>i</sub>        | m <sub>i</sub> * b <sub>i</sub> | m <sub>i</sub> *b <sub>i</sub> *r <sub>i</sub> |        |
| 1                                  | 2                             | 3                           | 4                          | 5              | 6                        | 7                     | 8                               | 9  | 10     |
| 1                                  | Stražnji poklopac             | SE                          | ABS                        | 511,0          | 1                        | 5                     | 511,0                           | 2555,0   |        |
| 2                                  | Polimer za matičnu ploču      | SE                          | ABS                        | 152,0          | 1                        | 5                     | 152,0                           | 760,0  |        |
| 3                                  | Zvučnici                      | SK                          | Opasni materijal           | 36,0           | 1                        | 0                     | 36,0                            | 0,0  |        |
| 4                                  | Polimer za tipke              | SE                          | PC+ABS                     | 12,0           | 1                        | 4                     | 12,0                            | 48,0   |        |
| 5                                  | Žlijeb za matičnu ploču       | SE                          | Čelik                      | 72,0           | 1                        | 5                     | 72,0                            | 360,0  |        |
| 6                                  | Tiskana pločica s IC senzorom | SK                          | Opasni materijal           | 2,0            | 1                        | 0                     | 2,0                             | 0,0  |        |
| 7                                  | Žlijeb za LCD                 | SE                          | Čelik                      | 35,0           | 2                        | 5                     | 70,0                            | 350,0  |        |
| 8                                  | Zaštita za IC senzor          | SE                          | Polistiren                 | 1,2            | 1                        | 5                     | 1,2                             | 6,0  |        |
| 9                                  | Tiskana pločica s tipkalima   | SK                          | Opasni materijal           | 7,0            | 1                        | 0                     | 7,0                             | 0,0  |        |
| 10                                 | Kabel za napajanje tipkala    | SK                          | Složeni materijal (Cu+PVC) | 13,0           | 1                        | 4                     | 13,0                            | 52,0   |        |
| 11                                 | Kabel za napajanje LCD-a      | SK                          | Složeni materijal (Cu+PVC) | 16,0           | 2                        | 4                     | 32,0                            | 128,0  |        |
| 12                                 | Matična ploča                 | SK                          | Opasni materijal           | 192,0          | 1                        | 0                     | 192,0                           | 0,0  |        |
| 13                                 | Poklopac za napajanje         | SE                          | Aluminij                   | 57,0           | 1                        | 5                     | 57,0                            | 285,0  |        |
| 14                                 | Polimerni okvir za LCD        | SE                          | ABS                        | 34,0           | 1                        | 5                     | 34,0                            | 170,0  |        |
| 15                                 | Metalni okvir za LCD          | SE                          | Čelik                      | 122,0          | 1                        | 5                     | 122,0                           | 610,0  |        |
| 16                                 | Katodne cijevi                | SK                          | Opasni materijal           | 9,0            | 2                        | 0                     | 18,0                            | 0,0  |        |
| 17                                 | Prednji okvir                 | SE                          | ABS                        | 192,0          | 1                        | 5                     | 192,0                           | 960,0  |        |
| 18                                 | Metalni kostur                | SE                          | Čelik                      | 254,0          | 1                        | 5                     | 254,0                           | 1270,0   |        |
| 19                                 | Difuzor                       | PE                          | Akril                      | 998,0          | 1                        | 5                     | 998,0                           | 4990,0   |        |

|    |            |    |                    |       |    |   |        |         |  |
|----|------------|----|--------------------|-------|----|---|--------|---------|--|
| 20 | Sjenilo    | PE | Mješavina polimera | 81,0  | 1  | 3 | 81,0   | 243,0   |  |
| 21 | LCD panel  | SK | Opasni materijal   | 523,0 | 1  | 0 | 523,0  | 0,0     |  |
| 22 | Vijak 2x8  | SE | Fe                 | 0,8   | 5  | 5 | 4,0    | 20,0    |  |
| 23 | Vijak 2x10 | SE | Fe                 | 0,6   | 24 | 5 | 14,4   | 72,0    |  |
| 24 | Vijak 2x7  | SE | Fe                 | 0,5   | 24 | 5 | 12,0   | 60,0    |  |
| 25 | Vijak 2x6  | SE | Fe                 | 0,4   | 6  | 5 | 2,4    | 12,0    |  |
| 26 | Vijak 1x4  | SE | Fe                 | 0,2   | 4  | 5 | 0,8    | 4,0     |  |
|    |            |    |                    |       | 87 |   | 3412,8 | 12955,0 |  |

Prema podacima iz tablice 3.4 te prema jednadžbi (3-2) izračunata je recikličnost LCD televizora Quadro LCD-22AB1.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n b_i * r_i * m_i}{M * r_{max}} = 0,76 \quad (3-2)$$

Recikličnost LCD televizora Quadro LCD-22AB1 iznosi 0,76 što ukazuje na povoljnu recikličnost. Također je uređaj vrlo lako rastaviti i posjeduje manji broj komponenata od Sony televizora.

## **4. USPOREDBA PROVEDENE ANALIZE RECIKLIČNOSTI LCD TELEVIZORA I KONSTRUKCIJSKE SMJERNICE RECIKLIČNOSTI**

Najveću odgovornost za poboljšanje recikličnosti proizvoda imaju upravo proizvođači, oni su odgovorni za dizajniranje proizvoda koji nisu pogodni za recikliranje te se na taj način stvara ogroman otpad, pogotovo EE otpad koji je vrlo opasan.

Postavljanjem standarda da proizvodi moraju biti lako rastavljivi i imajući na umu recikličnost proizvoda možemo uvelike smanjiti EE otpad. Samim time mnoge proizvode ne bi morali mijenjati novima nego bi ih mogli jednostavno zamijeniti dijelove koji nisu ispravni.

Konstruktivne smjernice koje bi se mogle primijeniti na analizirane LCD televizore su:

- Olakšati rastavljivost proizvoda, modularna konstrukcija
- Koristiti materijale s većim postotkom recikličnosti
- Smanjiti broj različitih vrsta materijala
- Označiti svaku vrstu materijala prema standardima

Uz navedene smjernice potrebna je postojeća infrastruktura i sustav koji će efikasno razdvojiti otpad u segmente spremne za daljnji proces recikliranja, također zbrinjavanje opasnog otpada je jednako važno.

### **4.1. Usporedba provedene analize recikličnosti LCD televizora**

Nakon izračunavanja stupnja recikličnosti prema izrazu (2-1) su dobivene recikličnosti pojedinih uređaja. Iako je uređaj Quadro LCD-22AB1 manjih dimenzija, znatno je lakši zbog manje veličine ekrana ali zbog bolje konstrukcijske izvedbe kao npr. manji broj vijaka, bolja integracija tiskanih pločica u svrhu smanjenja polimernih i metalnih komponenti poput raznih držača za tiskane pločice kojih ima veći broj u SONY KDL-26EX302.

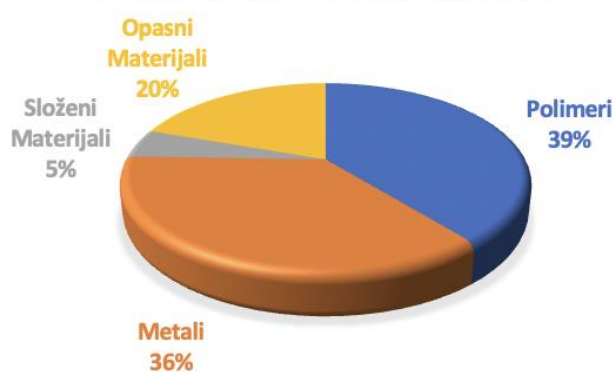
Zbog bolje konstrukcijske izvedbe i korištenja manje složenih materijala dobili smo povoljan rezultat recikličnosti za Quadro LCD-22AB1.

Tablica 4.1 Usporedba udjela masa pojedinih materijala LCD televizora

|                    | SONY KDL-26EX302 | Quadro LCD-22AB1 |
|--------------------|------------------|------------------|
| Vrsta Materijala   | Masa [g]         | Masa [g]         |
| Polimeri           | 3231             | 1981,2           |
| Metali             | 3003,3           | 608,6            |
| Složeni Materijali | 397              | 45               |
| Opasni Materijali  | 1619             | 778              |
| UKUPNO             | 8250,3           | 3412,8           |

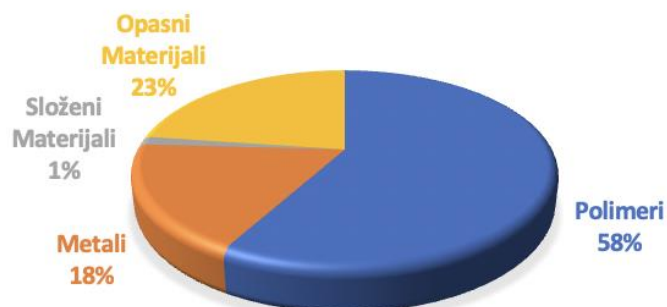
Na slikama 4.1 i 4.2 možemo vidjeti grafički prikaz udjela materijala u pojedinim uređajima.

### SONY KDL-26EX302



Sl. 4.1 Grafički prikaz udjela materijala za LCD televizor SONY KDL-26EX302

### QUADRO LCD-22AB1

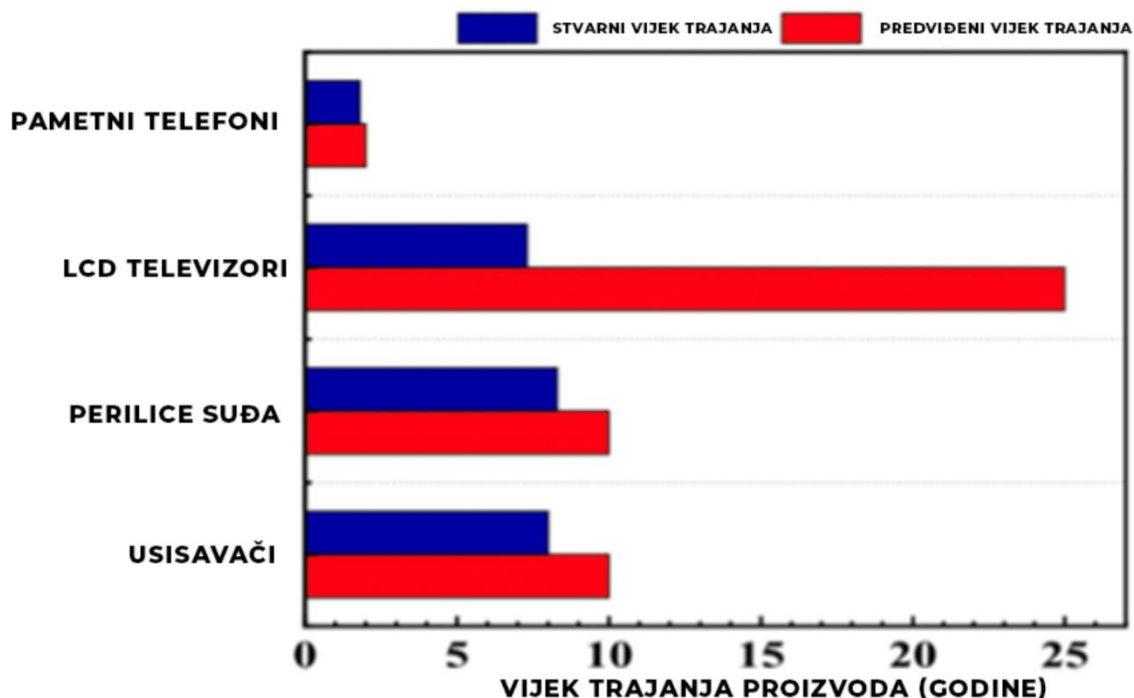


Sl. 4.2 Grafički prikaz udjela materijala za LCD televizor QUADRO LCD-22AB1

Veći udio metala, a samim time i vijaka na uređaju SONY KDL-26EX302 znatno produljuje vrijeme rastavljanja, što stvara dodatan trošak rastavljanja. Uređaj Quadro LCD-22AB1 se sastoji od 19% više polimera. Korištenjem polimera poznatih vrsta dolazimo do povoljne recikličnosti.

#### 4.1. Prijedlog postupaka u zbrinjavanju LCD televizora

Na slici 4.3 možemo vidjeti usporedbu predviđenog životnog vijeka deklariranu od strane proizvođača nekih EE proizvoda sa stvarnim životnim vijekom, posebnu pažnju trebamo posvetiti LCD televizorima.



Sl. 4.3 Usporedba predviđenog životnog vijeka sa stvarnim životnim vijekom EE proizvoda [7]

Prema slici 4.3 možemo zaključiti da postoji ogromna razlika između predviđenog i stvarnog životnog vijeka LCD televizora. Glavni razlog ovog trenda je brzo napredovanje tehnologije LCD televizora i integracija sa raznim pametnim aplikacijama koje su dostupne samo na novim uređajima. Rezultat je da se u prosjeku LCD televizor koristi samo 33% od predviđenog životnog vijeka. Ovaj problem se djelomično može riješiti edukacijom populacije kako bi kolektivno razvili svijest o EE otpadu. Također inicirati populaciju da se odluče za popravak umjesto kupovine novog uređaja.



LCD televizori se sastoje od potencijalno štetnih, ali i vrlo vrijednih materijala. Proces recikliranja ove vrste uređaja treba započeti efikasnim razdvajanjem dijelova i sklopova. Razdvajanje se provodi prema dijelovima koji sadrže iste materijale kako bi se kasnije mogli kvalitetno preraditi. Također posebnu pažnju treba posvetiti razdvajanju dijelova i sklopova koji sadrže opasne i štetne tvari.

U zadnje vrijeme postoji puno više reciklažnih dvorišta, iako se nazivaju reciklažna oni ne recikliraju nego skupljaju i sortiraju otpad po kategorijama. Jedan od prijedloga da se u reciklažna dvorišta integriraju stanice koje bi služile za provjeru ispravnosti LCD televizora kao i ostalog EE otpada, na taj način bi se moglo razdvojiti stvarno neispravne uređaje od onih lako popravljivih. Uređaje koji se mogu popraviti vratilo bi se u specijalizirane prodavaonice rabljenih televizora ili eventualno poklanjalo. Navedenim pristupom bi se smanjila količina otpada, pogotovo onog opasnog za okoliš i zdravlje.

Neispravni uređaji slali bi se u pogone za preradu EE otpada kroz tehnološke procese. Jedna od tvrtki u RH koja je koncesionar za recikliranje EE otpada je Spectra Media iz Virovitice njihov proces obrade EE otpada se sastoji od primarne i sekundarne obrade.

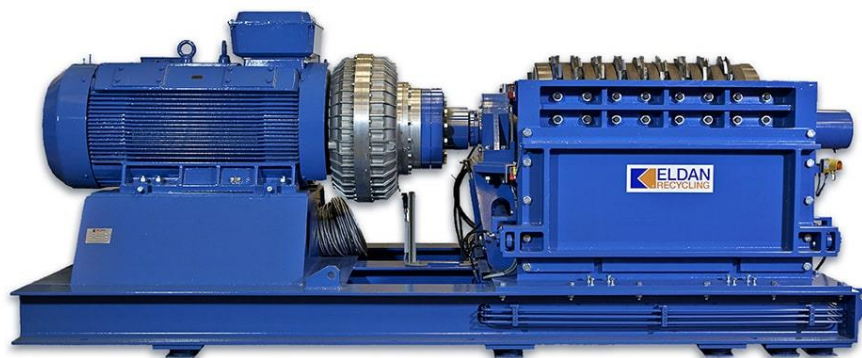
U pogonima primarne obrade provodi se rastavljanje otpadnih uređaja i opreme te izdvajanje opasnih komponenti kao npr:

- Katodne cijevi
- Baterije
- Elektrolitski kondenzatori
- Toneri

Također se izdvajaju vrijedne komponente kao što su:

- Transformatori
- Električni kablovi
- Tiskane pločice
- Tvrđi diskovi

Primarno obrađeni elektro otpad se stavlja na transportnu traku koja transportira materijal do usitnjivača veličine noževa 78mm.



Sl. 4.4 Usitnjavač za primarnu obradu tvrtke Eldan Recycling [8]

Nakon što se materijal usitni počinje sekundarna obrada. Usitnjeni materijal se razdvaja na željezne i ostale komponente pomoću magnetskog separatora. Iz ostalih materijala se ručno odvajaju preostale komponente, a preostali materijal se dodatno usitnjava i proces se ponavlja dok se nisu razdvojili svi materijali.



Sl. 4.5 Metalni separator tvrtke Goudsmit [9]

Drugi prijedlog za zbrinjavanje otpada su spalionice. Spalionice proizvode električnu i toplinsku energiju izgaranjem otpada. Dobar primjer je spalionica „Amager Bakke“ u Kopenhagenu.



Sl. 4.6 Amager Bakke spalionica otpada u Kopenhagenu [10]

U spalionici „Amager Bakke“ godišnje se spali oko 400 tisuća tona otpada, a 11% od tog otpada je opasni otpad. Toplina od spaljenog otpada se koristi za zagrijavanje vode čija para pokreće turbine i generator za proizvodnju električne energije, a ostatak energije se koristi za grijanje kućanstava. Količina električne energije proizvedene je 0,8MWh i toplinske 2,7MWh za svaku 1 tonu procesuiranog otpada. 2021. godine „Amager Bakke“ je pokrila potrošnju električne energije za 90000 kućanstava i toplinske energije za 80000 kućanstava. Ova spalionica posjeduje jedan od najefikasnijih sustava filtracije zraka na svijetu, čak 95% svih nečistoća se pročišćavaju [11]. Najveći nedostatak spalionica je jako visoka cijena projektiranja i izgradnje.

Tvrtke poput Spectra Media iz Virovitice su odlično rješenje za manje i srednje urbane sredine. Osim što ovaj način recikliranja stvara dodatna radna mjesta, Spectra Media ima preko 50 zaposlenih koji rade na trakama za sortiranje otpada. Također se može stvoriti kružna ekonomija u smislu da se materijali koje dobijemo recikliranjem LCD televizora i ostalog EE otpada, prodaju lokalnim industrijama koji koriste te sirovine. Nedostatak ovakvog modela poslovanja gdje su zakoni zastarjeli i ne idu u korist vlasnicima koncesija.

Spalionice su zanimljiv pristup rješavanju problema recikliranja. Izrazito su se pokazale efikasne u velikim urbanim sredinama koje gomilaju veliku količinu otpada. „Amager Bakke“ je najmoderniji primjer jedne spalionice koji ima sofisticiran sustav filtriranja zraka i pritom se emisije smanjuju na minimum. Najveća prepreka kod izgradnje spalionica ovakvog razmjera su troškovi projektiranja i izgradnje koji mnoge države ne mogu priuštiti.

## 5. ZAKLJUČAK

Živimo u svijetu gdje je tehnologija neophodna za život i prisutna je u svakom aspektu našeg života. Računala, mobilni uređaji, televizori i pogotovo pametni uređaji su postali svakodnevica u skoro svakom domu. Svaki od tih uređaja sadrži matične ploče, baterije, kondenzatore itd... To su komponente koje sadrže opasne i štetne tvari za ljudsko zdravlje i prirodu ako se pravilno ne postupa nakon što se odbace. Prvi korak za budućnost sa što manje otpada je educirati populaciju o važnosti recikliranja, popravaka proizvoda i ponovnog korištenja. Zakoni igraju veliku ulogu u tom cilju, potrebno je donositi zakone u dogovoru sa tvrtkama koje se bave recikliranjem otpada kako bi on efikasno funkcionirao. Također uvođenje predmeta na temu recikliranja i sortiranja otpada u kurikulum osnovnih i srednjih škola je vrlo bitno.

Kroz analizu rastavljanja dobivene su korisne informacije koje su vezane za konstrukciju samog proizvoda, a imaju utjecaj na njegovu recikličnost. LCD televizor SONY KDL-26EX302 sadrži jako puno zasebnih dijelova koji su povezani sa vijcima, a služe istoj svrsi da nose elektroničke komponente, promjenom konstrukcije tih dijelova i objedinjavanjem u jednu cjelinu, može se smanjiti broj vijaka i pritom skratiti vrijeme rastavljanja.

Nakon provedene analize recikličnosti može se zaključiti da LCD televizor Quadro LCD-22AB1 ima povoljniju recikličnost zbog bolje konstrukcije proizvoda, sastoji se od manje složenih materijala, a komponente imaju oznaku od kojeg polimera su napravljene. LCD televizor SONY KDL-26EX302 nema poželjan stupanj recikličnost zbog velikog udjela složenih materijala i korištenja mješavina raznih polimera.

LCD televizori i ostali EE uređaji čine sve veći udio u otpadu i taj trend je iz godine u godinu u porastu. Proizvođači trebaju konstruirati uređaje imajući na umu recikličnost proizvoda i konstruirati na način da je uređaj lako popravljiv. Obrazovni sustav ima veliku ulogu da nauči nove generacije o važnosti recikliranja EE otpada kako bi savjesno koristili EE uređaje i ne kupovali nove bez razloga.

## LITERATURA

- [1] D. Hunter, Papermaking: The History and Technique of an Ancient Craft, 2nd ed. 1957.
- [2] Simbol recikliranja [Online], Wikipedia, dostupno na:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Recycling\\_symbol](https://en.wikipedia.org/wiki/Recycling_symbol) [12.6.2022]
- [3] V. Forti, The Global E-waste Monitor 2020, 2020.
- [4] Pravilnik o gospodarenju EE otpada [Online], Narodne Novine, dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_04\\_42\\_782.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_04_42_782.html) [21.9.2022]
- [3] Električni I elektronički otpad [Online], e-Građani, dostupno na: <https://gov.hr/hr/elektricni-i-elektronicki-otpad/1328> [12.6.2022]
- [6] A. Pintarić, Prilog razvoju metoda vrednovanja recikličnosti materijala i proizvoda, Doktorska disertacija, FESB, Zagreb. 2001.
- [7] R. Ramachandran, Environmental Challenges, [Online], ScienceDirect ,2022 , dostupno na:  
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100507> [21.9.2022]
- [8] Material separation [Online], Eldan Recycling, dostupno na:  
<https://eldan-recycling.com/material-separation/> [13.9.2022]
- [9] Metal separator [Online], Filtration + Separation, dostupno na:  
<https://www.filtsep.com/content/news/goudsmit-and-sortatec-create-metal-separator> [13.9.2022]
- [10] Copenhill [Online], Design Educates Awards, dostupno na:  
<https://designeducates.com/portfolio/copenhill/> [13.9.2022]
- [11] Om Amager Bakke [Online], ARC, dostupno na:  
<https://a-r-c.dk/om-arc/presse/om-amager-bakke/> [13.9.2022]

## **SAŽETAK**

U završnom radu prikazani su i pojednostavljeni osnovni pojmovi recikliranja, problematika oko EE otpada i zakonska regulativa u Hrvatskoj vezana za EE otpad. Pomoću metode vrednovanja provedena je analiza recikličnosti na primjeru dva LCD televizora. Nakon usporedbe rezultata predložene su konstrukcijske smjernice i postupci zbrinjavanja.

Ključni pojmovi: EE otpad, LCD televizor, recikliranje, recikličnost

## **ABSTRACT**

### **LCD TV recyclability analysis**

The final paper presents and simplifies basic concepts of recycling, problems surrounding EE waste and legislation related to EE waste in Croatia. Using the evaluation method, recyclability analysis was performed on the example of two LCD television. After comparing the results, construction guidelines and disposal methods are proposed

Key words: EE waste, LCD television, recycling, recyclability