

# Unapređenje razvrstavanja kućanskog otpada

---

**Peretin, Stjepan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2010**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:899226>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-19**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet strojarstva i brodogradnje

# ZAVRŠNI RAD

Stjepan Peretin  
1191006637

Zagreb, 2010.

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet strojarstva i brodogradnje

# ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada:  
**Prof. dr.sc. Zoran Kunica**

Student:  
**Stjepan Peretin**  
**1191006637**

Zagreb, 2010.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **STJEPAN PERETIN**

Mat. br.: 1191006637

Naslov: **UNAPREĐENJE RAZVRSTAVANJA KUĆANSKOG OTPADA**

Opis zadatka:

Sve aktualnija briga za okoliš, kojemu uz ostale ugroze prijete i kućanski otpad, podrazumijeva osmišljavanje učinkovitih postupaka i tehničkih rješenja.

U radu je potrebno:

1. razmotriti načine zbrinjavanja kućanskog otpada;
2. predložiti unapređenja postupka zbrinjavanja, posebno što se tiče razvrstavanja.

Zadatak zadan:

11. prosinca 2009.

Zadatak zadao:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Rok predaje rada:

Prosinac 2010.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Dubravko Majetić

*Izjavljujem da sam ovaj rad radio samostalno, služeći se znanjem stečenim tijekom studija i koristeći navedenu literaturu.*

*Ovom prilikom bih želio zahvaliti:*

*Voditelju rada prof. dr.sc. Zoranu Kunici na stručnim savjetima i pomoći tijekom izrade završnog rada.*

*Posebno bih želio zahvaliti svojoj obitelji - roditeljima Branku i Ljubici te bratu Branimiru na razumijevanju, potpori i pomoći kako tijekom izrade ovog rada, tako i tijekom cijelog studija.*

*Također zahvaljujem svojim kolegama i prijateljima na potpori i pomoći tijekom svih ovih godina studiranja.*

## SAŽETAK

U ovom radu je obrađen način razvrstavanja otpada od višekomponentnog papira, poznatijeg pod nazivom „tetrapak“. Uz objašnjenje termina koji su važni za područje recikliranja, obrađene su teme postupka razvrstavanja otpada te je opisan postupak recikliranja metala i papira.

Trendovi ukazuju na sve češću primjenu višekomponentnog papira u pakiranju. Postupak recikliranja višekomponentnog papira je napredovao do te mjere da se uštede više ne mogu ostvariti recikliranjem na postojeći način. Stoga se nameće potreba za pravovremenom demontažom višekomponentnog papira, prije reciklaže.

U radu je osmišljen i razrađen uređaj za ručnu demontažu višekomponentnog papira prikladan za korištenje u kućanstvima. Obuhvaćene su sljedeće radnje pripreme za reciklažu: spljoščivanje, rezanje i pohrana. Uređaj je oblikovan tako da su zadovoljeni uvjeti sigurnosti.

Uz sve navedeno valja znati da uspješnost recikliranja ovisi prvenstveno o čovjeku. Stalnom edukacijom, zakonskim odredbama, poticajima i napretkom društva moguće je povećati svijest o važnosti reciklaže, čime je ispunjen osnovni preduvjet uspješnog recikliranja.

# SADRŽAJ

<b>SAŽETAK .....</b>	<b>III</b>
<b>SADRŽAJ .....</b>	<b>IV</b>
<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>V</b>
<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>V</b>
<b>POPIS GRAFIKONA .....</b>	<b>V</b>
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. RECIKLIRANJE .....</b>	<b>4</b>
2.1. Osnovne definicije .....	4
2.2. Kategorije i način recikliranja .....	7
2.3. Ekootok Krk .....	9
<b>3. PRIMJER RECIKLAŽNOG POSTUPKA.....</b>	<b>11</b>
3.1. Recikliranje metala.....	11
3.2. Recikliranje papira.....	14
<b>4. VIŠEKOMPONENTNI PAPIR .....</b>	<b>17</b>
4.1. Osnovni podaci.....	18
4.2. Recikliranje višekomponentnog papira .....	19
<b>5. PRIJEDLOG NAČINA ODLAGANJA VIŠEKOMPONENTNE AMBALAŽE .....</b>	<b>23</b>
5.1. Tehnički sustav .....	23
5.2. Specifičnosti proizvoda.....	25
5.3. Proces odlaganja i tehničko rješenje.....	25
5.5. Realizacija .....	30
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>31</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>33</b>

## POPIS SLIKA

Slika 1. Struktura kućanskog otpada u BiH [2].....	2
Slika 2. Karikirani prikaz posuda za skupljanje otpada u domaćinstvu [3] .....	10
Slika 3. Prikaz postavljenih spremnika u gradskoj četvrti [3].....	10
Slika 4. Prvobitni izgled tetrapaka [17].....	17
Slika 5. Evolucija tetrapaka [18] .....	17
Slika 6. Najnoviji modeli tetrapaka [19] .....	17
Slika 7. Države s najvećom industrijom recikliranja papira [20].....	18
Slika 8. Prikaz sastava višekomponentnog papira [21].....	19
Slika 9. Sustav dobave višekomponentnog papira [21] .....	19
Slika 10. Prikaz sustava za čišćenje otpadne smjese [21] .....	21
Slika 11. Prikaz sedimentacijskog separatora s dodatnim spremnikom [21].....	21
Slika 12. Prikaz sustava za čišćenje otpadne smjese sa dodatnim spremnikom i separatorom [21] .....	22
Slika 13. Shematski prikaz transformacijskog sustava [22].....	24
Slika 14. Prikaz sheme jednostavne „crne kutije“ .....	24
Slika 15. Prikaz sheme složene „crne kutije“ [22] .....	24
Slika 16. Shematski prikaz uređaja za odlaganje višekomponentnog papira.....	26
Slika 17. Shematski prikaz sustava za spljoščivanje.....	27
Slika 18. Shematski prikaz sustava za odvajanje čepa.....	27
Slika 19. Shematski prikaz sustava za odlaganje .....	28

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Struktura kućanskog otpada u Hrvatskoj [3].....	3
Tablica 2. Prikaz osnovnih ideja za reciklažni uređaj .....	29

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Anketa o osviještenosti o ekološkoj brizi u Hrvatskoj [1].....	2
Grafikon 2. Prikaz porasta količine smeća u svijetu [9] .....	6
Grafikon 3. Prikaz skupljenog otpada po mjesecima u tonama 2008. godine [3].....	9
Grafikon 4. Trend sakupljanja otpada [3] .....	9
Grafikon 5. Prikaz porasti tržišta i smanjenje potrošnje sirovina [12].....	13
Grafikon 6. Shema sustava filtracije .....	20

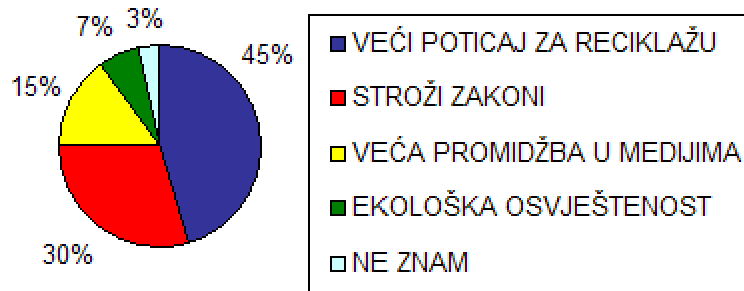


## 1. UVOD

Proizvodnjom dobara proizvodi se i otpad. Nemoguće je naći proizvod čijim stvaranjem ne nastaje nekakav otpad. Čak se i u hidroelektrani, čiji je zadatak pretvaranje potencijalne energije vode u električnu struju, stvara otpad poput papira i plastike kojeg rade zaposlenici. Također treba ubrojiti i otpad posjetitelja. Premda je tema ovog rada vezana za otpad koji dolazi iz kućanstva, važno je primijetiti i stanje u industriji.

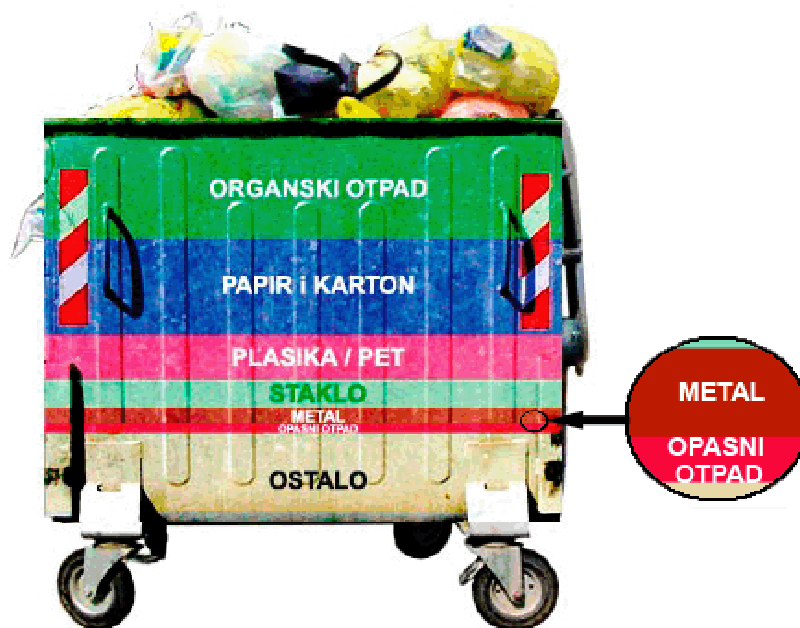
Dok su kompanije vezane propisima i zakonima o okolišu, na razini kućanstva to je najčešće prepušteno savjesti i odluci pojedinca. U razgovoru s brojnim ljudima zaključio sam da velika većina njih podržava recikliranje, no sami ga ne provode. Kao najčešći razlozi su navedeni opće neznanje o otpadu i mogućnosti njegovog recikliranja ali isto tako i nemogućnost i nepristupačnost kontejnera za razvrstavanje. Zanimljivo je primijetiti anketu osviještenosti o ekološkoj brizi u Hrvatskoj (Grafikon 1.) gdje 45 % ljudi smatra da bi se većim poticajima (uglavnom novčanim) moglo pridonijeti većoj brizi za ekologiju u Hrvatskoj. Isto tako, gotovo 30 % ljudi je izjavilo da bi se to moglo ostvariti strožim zakonima (kaznama). Zakonskim sankcijama svakako treba poticati smanjivanje količine smeća, no nije realno očekivati da su one dovoljne.

## NAJVAŽNIJI ČIMBENICI ZA POVEĆANJE EKOLOŠKE BRIGE U HRVATSKOJ



**Grafikon 1.** Anketa o osviještenosti o ekološkoj brizi u Hrvatskoj [1]

Struktura otpada iz kućanstva ukazuje da većinu kućanskog otpada (oko 40 %) čini biorazgradivi organski otpad, dok papir i karton čine oko četvrtinu otpada. Kao što je vidljivo sa slike 1. i tablice 1., nešto više od 85 % kućanskog otpada se može razgraditi već poznatim postupcima. Neki od tih postupaka će se navesti i obraditi u sljedećem poglavlju.



**Slika 1.** Struktura kućanskog otpada u BiH [2]

**Tablica 1.** Struktura kućanskog otpada u Hrvatskoj [3]

<b>VRSTA OTPADA</b>	<b>UDIO, %</b>
ORGANSKI OTPAD	39
PAPIR I KARTON	25
PLASTIKA	12
STAKLO	6
METAL	4
OPASNI OTPAD	1
OSTALO	13

## 2. RECIKLIRANJE

U svrhu boljeg razumijevanja ove tematike, u ovom poglavlju su objašnjeni osnovni pojmovi i razlike među njima. Također su navedene najčešće sirovine i postupci recikliranja.

### 2.1. Osnovne definicije

#### *Smeće*

*Kruti otpaci koji se iz kućanstva, radionica itd. bacaju kao neupotrebljivi [4]*

Raznovrsnost otpadaka po vrsti materijala koji se bacaju čini smeće. Čim se počinje odvajati materijali smeće postaje otpad. Glavna razlika između ova dva izraza je u tome što se smeće ne može reciklirati, dok se otpad može. Naime, potreban je dodatni trud kako bi se smeće pretvorilo u otpad, a tek se onda može podvrgnut postupku recikliranja.

#### *Otpad*

*Neiskoristiv ostatak čega (nakon upotrebe, industrijske prerade i sl.) [4]*

*Otpad je nepotreban, nepoželjan ili suvišan materijal preostao nakon završetka nekog procesa. To je tvar ili materijal bez neke prisutne vrijednosti ili koristi, ili tvar ili materijal odbačen unatoč prisutne vrijednosti ili koristi. [5]*

*Proizvođač otpada je svaka osoba čijom aktivnošću nastaje otpad ili koja prethodnom obradom, miješanjem ili drugim postupkom, mijenja sastav ili svojstva otpada. Ovisno o svojstvima otpada, otpad se može podijeliti na opasni, neopasni i inertni otpad. Po mjestu*

*nastanka, razlikuje se više vrsta otpada: komunalni otpad, proizvodni otpad, ambalažni otpad, otpad iz rudarstva i eksploatacije mineralnih sirovina, otpadni električki i elektronički uređaji i oprema, vozila kojima je istekao vijek trajanja, otpadne gume, građevinski otpad, infektivni otpad iz zdravstvenih ustanova, otpadna ulja, mulj iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, itd. [6]*

## **Recikliranje**

*Preraditi otpadni materijal tako da se u cjelini ili djelomice može upotrijebiti. [4]*

Recikliranje je izdvajanje materijala iz otpada i njegovo ponovno korištenje. Uključuje sakupljanje, izdvajanje, preradu i izradu novih proizvoda iz iskorištenih stvari ili materijala. Vrlo je važno najprije odvojiti otpad prema vrstama otpadaka. Mnoge otpadne tvari se mogu ponovo iskoristiti ako su odvojeno sakupljene.

U recikliranje spada sve što se može ponovno iskoristiti, a da se ne baci. U svijetu postoje centri za reciklažu koji iskorištavaju materijal od starih stvari kako bi napravili nove. Najpoznatiji postupak je recikliranje papira, gdje se otpatci papira namoče i očiste a iz ocijedenih ostataka se pravi karton ili papir niže kakvoće.

Neke tvari, poput stiropora (polistiren), nisu biorazgradive i ne mogu se reciklirati ali se umjesto njih mogu pronaći ekološke zamjene. [7]

***Reciklaža** je proces, postupak obrade otpadnih materijala radi dobivanja sirovina i energije te zaštite okoliša od onečišćenja. [4]*

Reciklaža podrazumijeva cjelovite sustave gospodarenja i nadzora ostataka i otpadaka od njihovog nastanka do konačne obrade. Ti postupci su bitna sastavnica modernog društva te su za njihovo razvijanje i učinkovitost važne gospodarske odrednice koje potiču smanjivanje otpada i razvoj odvojenog prikupljanja i recikliranja otpada. U Republici Hrvatskoj postoje 22 zakonska i podzakonska akta koji određuju i reguliraju postupanje s otpadom te uspostavu i rad postrojenja za zbrinjavanje otpada, a među njima najvažniji su: Zakon o otpadu (NN 34/95); Pravilnik o vrstama otpada s katalogom otpada (NN 27/96); Pravilnik o postupanju s ambalažnim otpadom (NN 53/96) i Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom. Ovim zakonima Hrvatska je dobila suvremene propise koji utvrđuju posebnu odgovornost proizvođača otpada za ispravno postupanje s vlastitim otpadom, odnosno za plaćanje troškova njegovog zbrinjavanja. Time reciklaža dobiva sve veće značenje, jer se prema europskim standardima naglasak stavlja na ekološki čistu proizvodnju. Na području Zagreba i Zagrebačke županije, gdje posluju veliki industrijski proizvođači, sve više se razvija i prerada odnosno reciklaža raznog otpada. Sukladno tome, osnivaju se i posebne tvrtke koje se bave sakupljanjem i preradom otpadnog papira, metala, plastike itd., pa tako na području Grada Zagreba i Zagrebačke županije posluje već pedesetak tvrtki iz te djelatnosti. [8]

## **Oporaba**

*Oporaba otpada je svaki postupak ponovne obrade otpada radi njegova korištenja u materijalne i energetske svrhe. [6]*

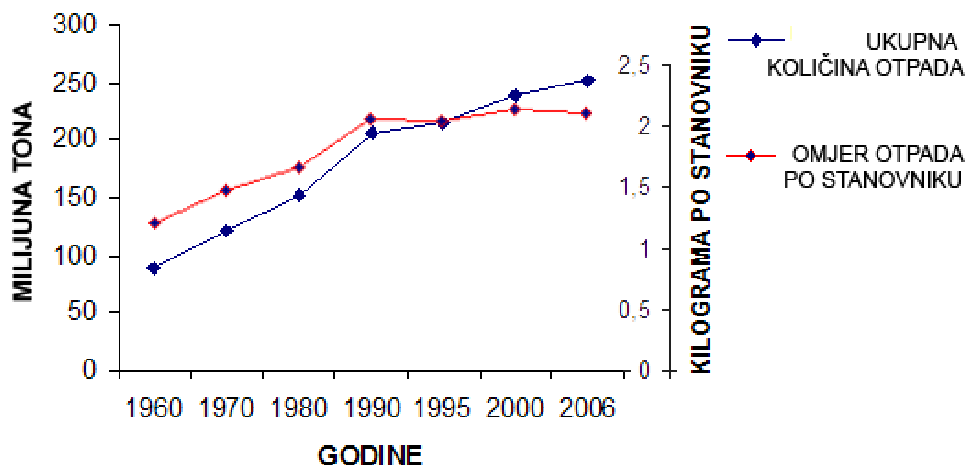
Za razliku od recikliranja, materijal u oporabi se može energetski iskoristiti (spaliti), naravno uz poduzete mjere zaštite okoliša.

## Demontaža

*Rastavljanje, rasklapanje čega na sastavna dijelove. [4]*

Iako je bit definicije demontaže rastavljanje sklopa na pojedine dijelove, u svrhu recikliranja bilo bi poželjno da se tijekom demontiranja proizvoda i odvajaju materijali po uobičajenim kategorijama i da se vrši razvrstavanje.

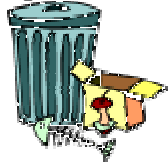
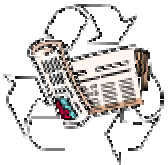
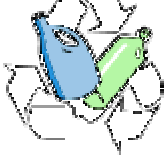
Većina današnjih proizvoda dolazi u pakiranju od više vrsta materijala. Ponekad se svi dijelovi mogu reciklirati, no važno ih je prvo prepoznati kako bi se mogli odvojiti. Također nisu svi materijali isti i pa zato ima više postupka recikliranja. S grafikona 2. se može vidjeti očit porast smeća u svijetu a o savjetima i trikovima koji će olakšavati recikliranje može se pročitati u nastavku.







**Grafikon 2.** Prikaz porasta količine smeća u svijetu [9]

## 2.2. Kategorije i način recikliranja

Ovdje su dane kratke upute o postupku recikliranja, te je objašnjeno što se sve i na koje načine može reciklirati [10], popraćeno ilustracijama.

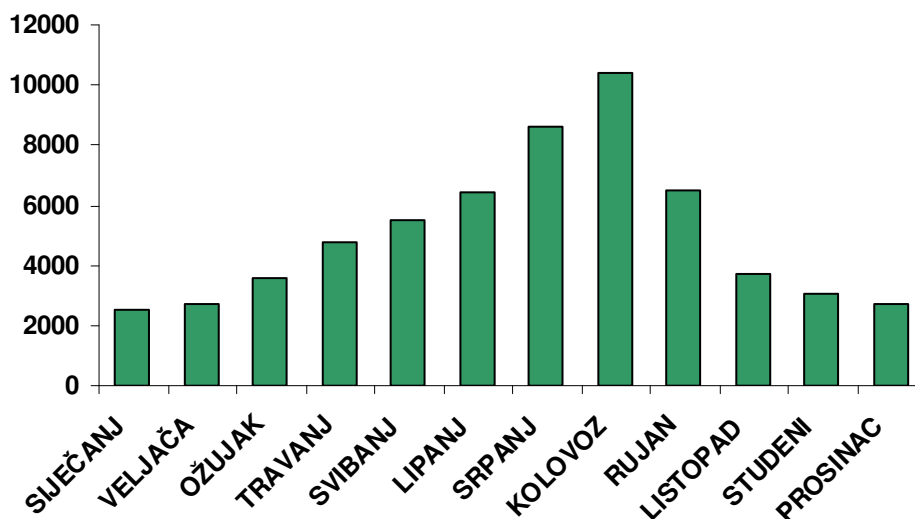
<p><b>Organski otpad</b></p> 	<p>Miješanjem s drugim otpadom postaje gotovo nemoguće za razdvojiti, pa zadnjih godina raste interes za rješavanje problema organskog otpada. Kuhinjski i drugi organski otpad može se lako reciklirati kompostiranjem. Tako se dobiva humus koji služi za poboljšavanje kvalitete tla.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organski otpada čine: kuhinjski otpad (voće i povrće, čaj i talog kave, ostaci kruha, ljuske jaja, kora krumpira, oraha,...), vrtni i zeleni otpad (pokošena trava, korov, granje, suho cvijeće, zemlja iz lonca za cvijeće...) i ostali biootpad u manjim količinama (slama, piljevina, borove iglice, papirnate maramice...).</li> <li>• U kontejnere za biootpad se ne odlaže nikakva ambalaža (limenke, tetrapak i slično), jestiva ulja (ne bacati u kanalizaciju, nego odvojeno skupljene odnijet u reciklažno dvorište), ostatke mesa, ribe i kosti.</li> </ul>
<p><b>Papir i karton</b></p> 	<p>Za izradu jedne tone novog papira potrebno je oko dvije tone drva. Recikliranjem starog papira se taj broj može znatno smanjiti. Stari papir je vrlo vrijedna sirovina, koja se može reciklirati do sedam puta.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• U kontejnere za papir se mogu odložiti novine, časopisi, prospekti, papirnate vrećice, uredski papir, bilježnice, knjige bez plastificiranog omota, telefonski imenici, karton, kartonske kutije za jaja, pisma i oмотnice od pisama, tetrapak od mlijeka i drugih napitaka.</li> <li>• Preporučljivo je odvajati novinski papir od ostalog papira, časopisa i papirnate ambalaže.</li> <li>• U kontejnere za papir se ne odlaže vlažni papir, plastificirani papir, papirnate maramice, fotografije i prljavi papir.</li> </ul>
<p><b>Plastika</b></p> 	<p>Postoji mnogo vrsta plastičnih materijala, što otežava njihovo recikliranje. Svuda je prihvaćena PET ambalaža s oznakom „1“ (boce za sokove, vodu...) i HDPE plastika s oznakom „2“ (boce za mlijeko, deterdženti za pranje suđa...). Na dnu svake plastične boce utisnut je simbol za recikliranje zajedno s brojem (od 1-7) pa se preporuča sortiranje plastike po vrsti broja.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• U kontejnere za PET plastiku može se odložiti sva plastična ambalažu koja na dnu ima otisnutu oznaku 1 ili PET.</li> <li>• Ostali plastični proizvodi se sortiraju i odnose na reciklažno dvorište.</li> <li>• Preporučuje se kupovina plastike koju je moguće reciklirati (s oznakom 1 ili 2), te smanjivanje upotrebe plastičnih vrećica iz trgovine (potiče se korištenje platnenih vrećica, torbi za kupovinu ili spremanje namirnica u kartonske kutije koje se mogu pokupiti u svakoj trgovini).</li> </ul>

<p><b>Staklo</b></p> 	<p>U Velikoj Britaniji se godišnje koristi šest milijuna staklenki godišnje, a od tog je oko 30 % od recikliranog stakla. To je znatno manje od nizozemskog prosjeka od 70 %, no pohvalan je porast korištenja recikliranog stakla od 50 % u posljednjih 25 godina.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skinuti poklopce (metalni poklopci mogu se reciklirati zajedno sa metalnim konzervama) i čepove, te metalnu ogrlicu dok papirnate naljepnice mogu ostati na staklu.</li> <li>• Preporuča se odvajanje stakla po boji prije odlaganja u reciklažno dvorište: prozirno, smeđe i zeleno staklo.</li> <li>• U spremnike za recikliranje stakla se ne odlažu porculan, keramika ni ostale vrste stakla (kristal, prozorsko staklo, ogledala, žarulje...).</li> </ul>
<p><b>Metali</b></p> 	<p>Limenke pića su vrlo vrijedna sirovina za recikliranje. Godišnje se u Velikoj Britaniji iskoristi preko 18 milijardi limenki od kojih se 80 % može reciklirati. Korištenjem recikliranog metala se mogu postići velike uštede u korištenju energije te smanjiti zagađenje zraka.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciklirati se može alufolija, aluminijski tanjuri i slično.</li> <li>• Konzerve hrane prije odlaganja na reciklažno dvorište treba isprati i ukloniti naljepnice i poklopce.</li> <li>• Konzerve s bojom i sprejevi se također mogu reciklirati, ali su opasan otpad (zbog svog sadržaja) i moraju se skupljati odvojeno od ostalog metala.</li> </ul>
<p><b>Tekstil</b></p> 	<p>Dobro očuvana odjeća i obuća se može donirati nekoj karitativnoj organizaciji, a ostalo odnesite na reciklažno dvorište. Procjene su da izradom recikliranog tekstila se može uštedjeti 50 % energije u odnosu na izradu novog tekstila. Također se smanjuje ispuštanje otpadnih tvari i onečišćenje voda</p>
<p><b>Opasni otpad</b></p> 	<p>Opasni otpad se treba odlagati na posebno predviđenim sabirnim mjestima.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Istrošeni akumulatori (vratiti u trgovinu u kojoj se kupuje novi ili na reciklažno dvorište).</li> <li>• Istrošene baterije – odložiti u predviđene posude u većim trgovinama.</li> <li>• Fluorescentne cijevi i rasvjetna tijela, živini toplomjeri – neoštećene odnijeti na reciklažno dvorište.</li> <li>• Ostaci kemikalija – herbicidi, insekticidi, fungicidi, sredstva za čišćenje, boje i lakovi, sprej limenke, ljepila, ambalaža od kemikalija.</li> <li>• Elektronički otpad – televizori, računala, monitori, printeri, mobiteli, telefoni, faksovi... – prije odlaganja na reciklažno dvorište provjeriti da li ih možete nekome pokloniti (lokalna škola, vrtić...).</li> <li>• Stare lijekove treba odnijeti u ljekarnu.</li> <li>• Otpadno motorno ulje – odnijeti na benzinsku postaju ili reciklažno dvorište.</li> </ul>
<p><b>Ostalo</b></p>	<p>Uspješnim recikliranjem, u kanti za smeće trebalo bi se nalaziti samo ostali otpad što uključuje: pelene, porculan, papirnate maramice, četkice za zube i slično. Taj se otpad preporuča odnijeti u reciklažno dvorište.</p>

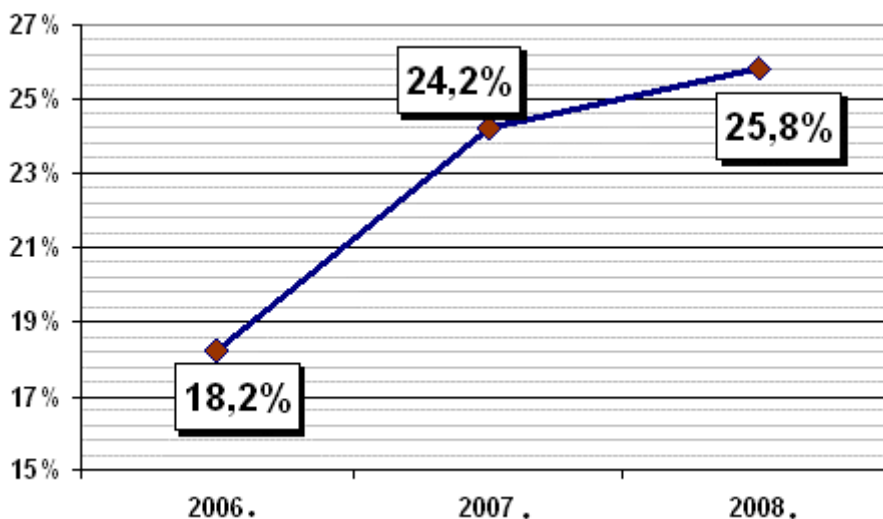


### 2.3. Ekootok Krk

U lipnju 2005. godine na otoku Krku uveden je ekološki zasnovan sustav zbrinjavanja komunalnoga otpada, popularno nazvan „Eko otok Krk“. To je prvi model cjelovitog zbrinjavanja otpada u Hrvatskoj gdje je omogućeno zbrinjavanje svih vrsta otpada. Ukupna vrijednost investicije je oko 37 milijuna kuna. Tijekom godine se prikupi oko 57 000 tona komunalnoga otpada (Grafikon 3.), od čega se nešto manje od 20 000 tona prikupi tijekom srpnja i kolovoza, a cilj je povećanje udjela razvrstanoga otpada za pet posto (Grafikon 4.).



Grafikon 3. Prikaz skupljenog otpada po mjesecima u tonama 2008. godine [3]



Grafikon 4. Trend sakupljanja otpada [3]

Kao problem je uočen dotadašnji način zbrinjavanja otpada, te je za cilj zadan takav način koji će uspjeti zadovoljiti kriterij “ekološkog gospodarenja/zbrinjavanja”. Ekološko zbrinjavanje je zbrinjavanje kod kojeg na kraju svih procesa praktički više ne ostaje otpad kao kategorija, tj. proces u kojem se svi ostaci tvari vraćaju u uporabu. Najveći učinak ovakvog pristupa se postiže odvajanjem na mjestu nastanka otpada. Iako je nemoguće odmah u

potpunosti provesti ovakav način, treba povećavati postupak odvajanja dok se ne postigne mogući realni maksimum.

Da bi ovakav princip bio moguć, treba imati i adekvatnu potporu. Na projektu Eko otoka Krk kreirana su tri sustava kojima se osigurava provođenje ove akcije. Prvi sustav je vezan za komunikaciju gdje su uključene razne organizacije, udruge, mediji... koji rade na informiranju ljudi te se nadovezuje na rad drugog sustava. Drugim sustavom je osigurana stalno informiranje i obrazovanje ljudi svih dobnih skupina čime se pojačava svijest o projektu i značaju recikliranja. Sustavom nadzora i sankcioniranjem prekršitelja postižu se odgovarajuće mjere (koje su spomenute i u uvodnim anketama) a time i veća briga o zbrinjavanju otpada.

Svako kućanstvo je dobilo sustav posuda za sakupljanje otpada (poput prikazanih slikom 4.) u što su bile uključene barem tri posude (biološko-organski otpad, papir i ostalo). Najmanje sedam posuda (spremnika) su postavljeni po ulicama (četvrtima) za: bioorganski otpad, papir, PET, plastiku, staklo, kovine i ostalo. Valja reći da su istovrsni spremnici jednako označeni i iste boje kako bi se smanjila mogućnost pogrešnog razvrstavanja (Slika 5.). Napravljen je i raspored kada odgovarajuća vozila odvoze pojedini otpad, tako da otpad ne bi bio predugo na ulicama. Valja reći da su uređena i posebna trajna (i privremena) odlagališta kao i poseban prostor za preradu bio-otpada u kompost. Za posebne slučajeve postoji i informacijsko-servisna služba koja građanima uvijek stoji na raspolaganju.



Slika 2. Karikirani prikaz posuda za skupljanje otpada u domaćinstvu [3]



Slika 3. Prikaz postavljenih spremnika u gradskoj četvrti [3]

### 3. PRIMJER RECIKLAŽNOG POSTUPKA

Ovdje su ukratko opisani postupci recikliranja metala i papira, a vezano za papir je dan osvrt utjecaja recikliranja papira na okoliš.

#### 3.1. Recikliranje metala

Najvažnija osobina limenki je što se može nebrojno puta reciklirati, bez da izgubi na kvaliteti. Po nekim procjenama [11], recikliranjem metalnog otpada se umanjuje maseni udio krutog otpada za 44 %. Time se smanjuje potreba za vodom od 40 % te 85 % energije, koja bi se inače utrošila za proizvodnju metalne ambalaže. Također se smanjuje količina ispušnih plinova tvornica za oko 86 % te smanjuje zagađenje voda za 76 %. Kao primjer reciklaže metala uzet je primjer postupka proizvodnje i recikliranja aluminijskih limenki.

Limenke pakirane u bale iz raznih dijelova Europe i svijeta dolaze u Novelis, tvornicu za recikliranje aluminijskih limenki koja se nalazi u Warringtonu kraj Manchestera u Engleskoj. To je jedina tvornica za recikliranje limenki u Europi, otvorena 1991. godine a trenutni kapacitet joj je 135 000 tona limenki godišnje.

Proces topljenja-reciklaže aluminijskih limenki je proces koji se sastoji od 4 koraka

- rezanje i usitnjavanje
- skidanje sloja boje
- taljenje
- lijevanje
- valjanje.

### ***Rezanje i usitnjavanje***

Limenke koje su propisano zapakirane u bale, se usitnjavaju (drobe) u vrlo sitne komadiće. Drobilica ima kapacitet od petnaest tona po satu. Upravo ovaj pripremni proces omogućava odstranjivanje i najsitnijih nečistoća kako bi se masa pripremila za sljedeću fazu: magnetski separator. Ovako usitnjeni dijelovi limenki prolaze kroz dvostruki magnetski separator kako bi se odstranili metalni dijelovi, najviše čelični dijelovi poput ostataka čeličnih limenki i traka kojima su pričvršćene bale.

### ***Skidanje sloja boje***

Lak, boja koja se nalazi na površini limenke se posebno tretira u ovom procesu tako što se upuhuje vruć zrak temperature oko 500°C kroz usitnjene dijelove.

### ***Taljenje***

Ovako pročišćena masa se topi u visokim pećima na 700°C.

### ***Lijevanje***

Tekući aluminij se izlijeva u posebne kalupe koji se hlade vodom i tako se rade blokovi aluminija – ingoti, koji su teški 27 tona i dugački 9 metara. Za izradu jednog ingota potrebno je 1,5 milijuna limenki za piće. Tvornica za recikliranje dnevno proizvede petnaest ovakvih kalupa na dan.

Zaštita životne sredine u ovoj tvornici je pod kontrolom Pravilnika za sprečavanje zagađenja i kontrole 2000, Evropske Agencije. Svi otpadni plinovi proizvedeni tijekom procesa recikliranja (usitnjavanje, skidanje sloja boje, taljenja i ostalih operacija) se odvođe iz tvornice i posebno obrađuju u objektu koji je izgrađen samo za ove potrebe. Oprema za ovaj objekt (dva kolektorska sustava za hladnu prašinu i dva separatorska za toplu prašinu) predstavljaju investiciju od sedam milijuna funti.

Svi nusproizvodi (poput vapna i bikarbonata) koji se dobiju u ovom procesu prečišćavanja se zbrinjavaju na adekvatan način tako što se recikliraju i koriste za proizvodnju proizvoda za gradnju.

### ***Valjanje***

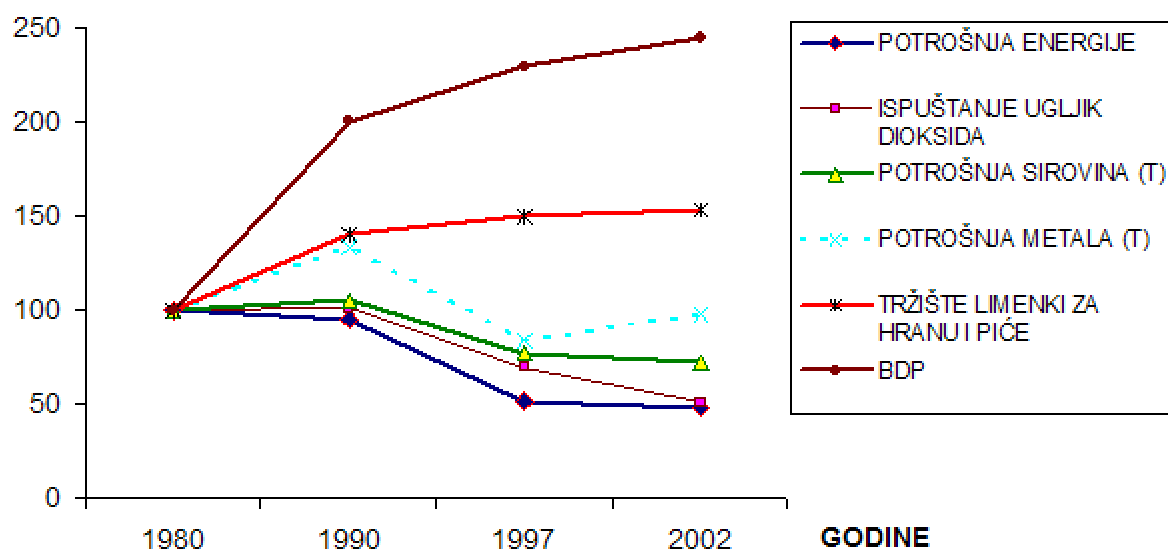
Blokovi aluminija (ingoti) se predgrijavaju na 600°C pa se zatim podvrgavaju prvom „toplom valjanju“. Zatim slijedi „hladno valjanje“ na točne dimenzije i debljine lima koje su određene od strane proizvođača limenki.

### Proces proizvodnje limenki

Ovako pripremljeni limovi aluminijski prolaze kroz vertikalnu prešu (preša za izradu čašica) koja radi tisuće plitkih kalupa (čašica) koje se zatim horizontalnim prešama provlače kroz seriju sve manjih i manjih prstena kako bi se izvukle stranice limenke i dobio konačan oblik limenke. Važno je naglasiti da je u proteklih 25 godina, prosječno u Europskoj uniji za 45 % smanjena težina limenki za piće. Danas je zid limenke debljine ljudske vlasi. Limenka nakon oblikovanja njenog tijela prolazi kroz „trimer“ koja limenku skraćuje na točno određenu veličinu. Zatim dolazi niz koraka pranja i sušenja u pećnicama.

Nakon procesa pranja, rubovi limenki se zaštićuju s UV otpornim lakom, a potom se suše ispod UV svjetla i podvrgavaju tiskanju. Nakon dekoracije koja se izravno tiska na limenku, one se suše i dalje pripremaju tako da se tijelo limenke u procesu proizvodnje dalje sužava jer su poklopci limenki koji se proizvode u specijaliziranim tvornicama uži od tijela limenki. Poklopac limenke čini oko 25 % ukupne mase limenke, stoga da bi se uštedjelo na masi, poklopac je manjeg promjera u odnosu na tijelo limenke.

Proizvođači limenki naglašavaju da je u posljednjih 25 godina postignuto mnogo toga što pridonosi zaštiti životne sredine i održivosti. Iz grafikona 5 je vidljivo da se razvojem tehnologije i optimiziranjem procesa značajno smanjuje potrošnja metala (masa sirovina potrebnih za proizvodnju limenke je smanjena za 20 %), smanjuje se ukupna emisija ugljik dioksida za 50 %, kao i potrebna energija.



Grafikon 5. Prikaz porasti tržišta i smanjenje potrošnje sirovina [12]

Limenke i odvojeno poklopci za limenke prevoze se do punionica gdje se čiste pod visokim pritiskom zraka i vode, pune sadržajem, zatvaraju i dolaze do krajnjeg odredišta: trgovine tj. kupca. I upravo o potrošaču, kupcu tj. o svima nama ovisi da li će se krug reciklaže limenki opet zavrtjeti. U 2006. godini se u zapadnoj Europi recikliralo gotovo 60 % (57,7 %) svih limenki. [13]

### 3.2. Recikliranje papira

Recikliranje papira je najstariji postupak reciklaže. Uspoređujući s ostalim postupcima recikliranja u Hrvatskoj, sustav odvojenog skupljanja papira i kartona je najrazvijeniji i najbolje organiziran. [14]

Kao što je već prije spomenuto, recikliranjem papira ne samo što se smanjuje potreba za sječom drveća nego se i smanjuje količina utrošene energije potrebne za dobivanjem papira (prema Warren Spring Laboratory moguće je uštedjeti čak i do 70 % energije na proizvodnju papira uz značajno smanjenje zagađenja zraka i vode). Prilikom postupka izbjeljivanja potrebno je puno manje kemikalija za reciklirana celulozna vlakna nego za nova vlakna.

Kontinuirana sječa šuma pridonosi eroziji tla i smanjenju kvalitete tla. To znači da za sadnju šuma treba uložiti velike količine mineralnih gnojiva, a proizvodnja, transport, rad i obrada drva zahtijeva utrošak velike količine energije i narušava okoliš.

Svaki puta kada se papir reciklira vlakna postaju slabija i kraća, tako da se nova celuloza mora miješati sa korištenim papirom da bi se dobila čvrstoća. Zbog oslabljivanja papir se može reciklirati četiri do šest puta. Problem je što ne postoji univerzalni standard za maksimalnu količinu nove celuloze u recikliranom papiru (papir je važeći ako sadrži od 10 do 100 % rabljenog papira).

Organski otpad poput papira na poljima deponiranja razgrađuje se u bio-plin, koji sadrži metan – staklenički plin povezan sa globalnim zatopljenjem. [15] Vrlo je moguće da taj plin ostane zarobljen ispod zemlje i zbog tog su moguće eksplozija na deponijima što može uzrokovat veću ekološku katastrofu na lokalnom području. Zato se na kontroliranim deponijima može vidjet plamen iz cijevi. Tim cijevima plin se dovodi iz unutrašnjosti deponija i tako smanjuje pritisak i mogućnost eksplozije plina. Ukoliko ne postoji mogućnost recikliranja papira i ako deponiji nemaju sustav sagorijevanja plinova preporuča se uporaba papira u energetske svrhe.

Postupak recikliranja papira je vrlo jednostavan proces koji se može raditi u svakom domaćinstvu. Dalje u tekstu je opisan proces koji se odvija u tvornicama, no treba znati da proces recikliranja papira počinje već samim postupkom sakupljanja.

#### *Sakupljanje*

Vrlo je važno da se papir za recikliranje sakuplja odvojeno. Zbog samog postupka recikliranja teško je dobiti zadovoljavajući proizvod ako papir nije odvojen od ostalog materijala. Vrlo često se treba posebno označiti papir koji je sakupljan s različitim drugim materijalima a često se papir dodatno sortira obzirom na njegovu kvalitetu. Tako sortirani papir se balira i šalje na daljnju preradu.

Do nedavno je glavna sirovina za reciklirani papira dolazila iz industrijskih postrojenja, no sve većim potrebama za „sirovinom“ i osvješćivanjem stanovništva raste i udio papira iz kućanstva. Prema podacima [16] najveći dobavljači materijala za recikliranje papira u Europi drži industrija sa 50 % no udio papira koji dolazi iz domaćinstva se popeo na respektabilnih 40 %.

### ***Stvaranje celulozne mase***

Da bi se dobila celulozna masa, dodaje se voda kako bi se papir dobro namočio. Dalje se mehaničkim procesom (vibracijsko sito) razdvajaju vlakna papira i vraćaju u celuloznu masu.

### ***Prebiranje***

Celulozna masa prolazi kroz niz sita sa rupama ili češljeva za odvajanje nečistoća koje su veće od celuloznih vlakana. Time se osigurava uklanjanje mogućih čestica.

### ***Centrifugalno čišćenje***

Slijedeći postupak je rotiranje celulozne kaše u centrifugalnom filtru što uzrokuje da se materijali veće gustoće od celuloznih vlakana kreću prema vanjskim rubovima i odbacuju.

### ***Ispiranje tinte***

Ovo je važan postupak, jer se inače ne bi mogao dobiti papir bijele boje. Postoje dva načina za ispiranje tinte.

- Dodavanjem kemikalija tinta se jednostavno razdvaja od smjese. U tu svrhu potrebne su velike količine vode kako bi se tinta odvojila, no voda se kasnije može ponovo koristiti.
- Upuhivanjem zraka u smjesu, uz prisustvo površinsko aktivnih tvari koje uzrokuju sakupljanje čestica tinte, stvara se pjena koja sadrži preko 50% tinte. Pjena se zatim odvaja ostavljajući čišću i svjetliju masu. Gledano s ekološke strane, ovo je najprihvatljiviji postupak.

### ***Raspršivanje i ispiranje***

Postupak kojim se sitne čestice, koje su još mogle ostati u smjesi, izdvoje i uklone puštanjem vode kroz celuloznu smjesu.

### ***Izbjeljivanje***

Ako je potrebno dobiti čisti bijeli papir, koriste se peroksidi ili hidrosulfati za odstranjivanje boje iz celulozne mase (prije se koristio klor, ali se sada izbacuje iz upotrebe zbog velike štetnosti za okoliš). Treba reći da je ovo ekološki neprihvatljiv postupak pa se stoga vrlo rijetko izvodi.

### ***Izrada papira***

Čista, obrađena (i izbijeljena vlakna) se sastavljaju u novi papir na isti način na koji se pravi i originalni papir.

### ***Pročišćavanje otapala***

Voda iz procesa recikliranja se čisti radi ponovnog korištenja.

### ***Zbrinjavanje otpada***

Neiskorišteni materijali, najčešće tinta, plastika, dodaci i kratka vlakna, se nazivaju mulj. Mulj se zakopava, odvozi na odlagališta otpada, izgara se da bi se dobila energija za postrojenja za preradu papira ili se koristi kao umjetno gnojivo na farmama.



## 4. VIŠEKOMPONENTNI PAPIR

Znajući da jednom kad nastane smeće, treba uložiti velik napor da bi se dobio razvrstani otpad a da je „tetrapak“ već otpočetka višekomponentni otpad, zanimljiva je činjenica da se ipak tretira poput običnog papira. Tijekom povijesti proizvoda razvijala su se razna rješenja koja bi olakšala otvaranje ambalaže. Tako je počelo s proizvodom koji je u cijelosti od „istog“ materijala poput prikazanih na slici 4. Daljnjim razvojem proizvoda (Slika 5.) dolazi se do današnjih oblika (Slika 6.) na kojima je jasno vidljivo da se sastoje od više različitih materijala. Razvojem tehnologije višekomponentni papir je postao izvor sirovina za industriju papira, metala i izvor energije. Uz vrlo dobra svojstva očuvanja sadržaja i sve veću iskoristivost, „tetrapak“ postaje vrlo prihvatljiv oblik ambalaže.



Slika 4. Prvobitni izgled tetrapaka [17]



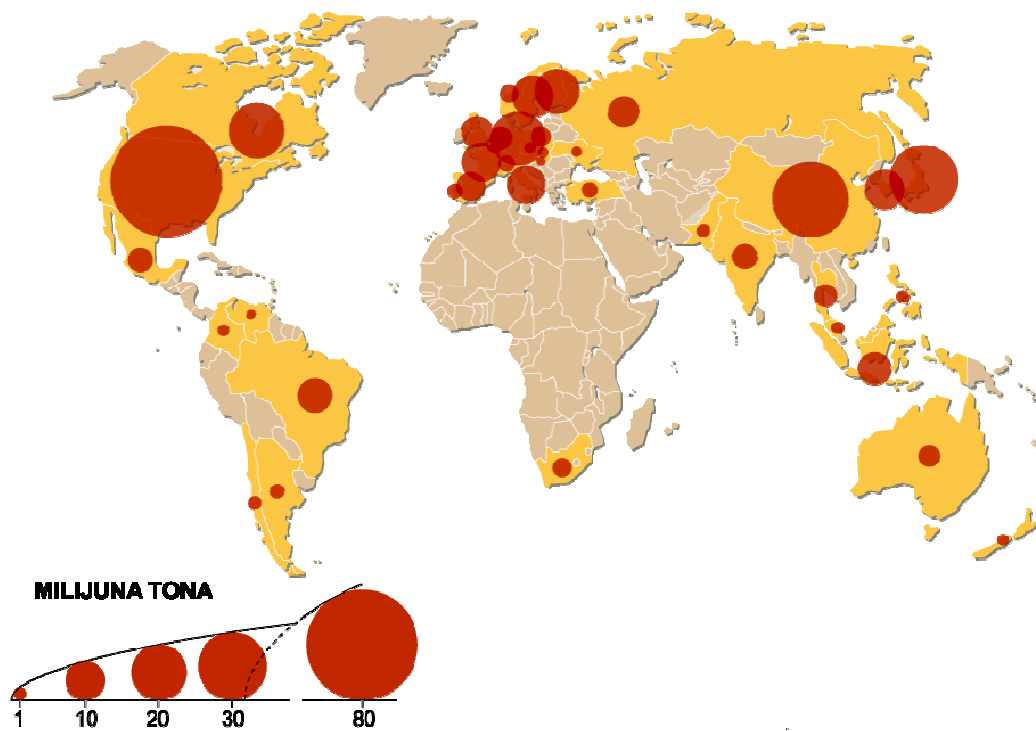
Slika 5. Evolucija tetrapaka [18]



Slika 6. Najnoviji modeli tetrapaka [19]

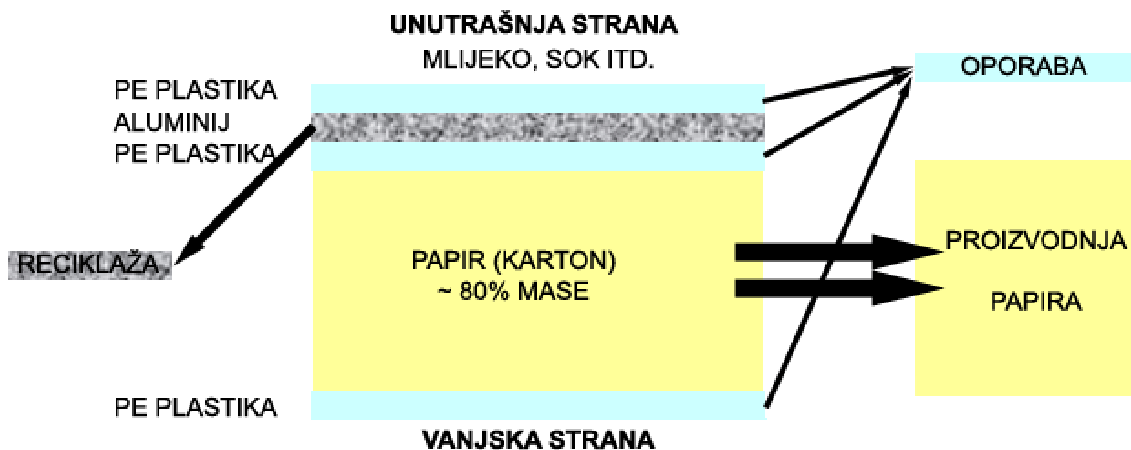
## 4.1. Osnovni podaci

Proces recikliranja višekomponentnog papira se ne razlikuje previše od postupka recikliranja papira, jer jednom kada se izdvoje celulozna vlakna postupak recikliranja je isti kao i kod papira. Cilj je što jeftinije odvojiti vlakna, kako bi se mogla dalje tretirati kao normalan papir. Treba reći da su celulozna vlakna vrijedna sirovina za industriju papira, koja se zadnjih godina pokazuje kao jedna od najbrže rastućih industrija. Tako i ne čudi da se u razvijenijim državama dobiva naknada za sakupljeni papir a također postoje i određene odredbe o recikliranju. Slikom 7 su prikazane države s najrazvijenijom industrijom recikliranja papira. Kako su zastupljene države gdje su količine recikliranog papira iznad 500000 tona godišnje, treba reći da ima i manjih proizvođača recikliranog papira od kojih su Hrvatskoj najbliži oni u Mađarskoj, Austriji i Slovačkoj.



Slika 7. Države s najvećom industrijom recikliranja papira [20]

Višekomponentni papir (Slika 8.) se sastoji od više različitih slojeva. Volumno, najveći udio zauzima papirnati dio (karton) koji će se dalje koristiti u proizvodnji recikliranog papira. Sloj aluminija se upotrebljava kao sirovina u postupku recikliranja aluminija. Ostatak je plastični (polietilen) materijal koji se može također reciklirati iako se uglavnom koristi kao energetska sirovina.



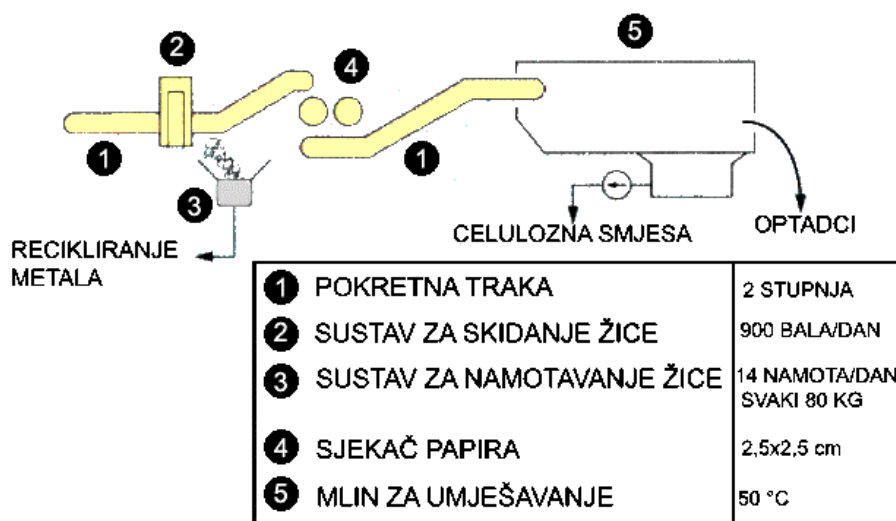
Slika 8. Prikaz sastava višekomponentnog papira [21]

## 4.2. Recikliranje višekomponentnog papira

Dobiveni materijal se prije samog postupka recikliranja melje u sitne komadiće kako bi se lakše natopio vodom. Kasnije, odvajanjem materijala dobivamo materijal koji može ići u daljnji postupak recikliranja i otpad, koji se uglavnom priprema kao gorivo.

### *Sakupljanje i stvaranje celulozne mase*

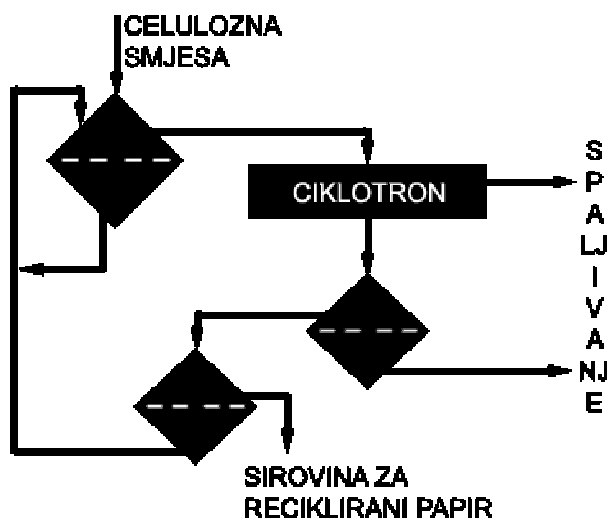
Dvije pokretne trake služe za dobavu materijala i stvaranje celulozne mase (Slika 9.). Prva traka dobavlja sirovinu kojoj se skida žica (sve bale papira koje se dopremaju su vezane žicom) i potom namotava. Za proizvodni proces gdje ulazi 450 tona papira za recikliranje dnevno, namota se oko 16 koluta žice mase 80 kilograma. Papir dalje odlazi na usitnjavanje i mljevene na veličinu poštanske markice. Time se osigurava brže stvaranje celulozne mase jer se papir može brže natopiti vodom a ujedno ujednačava dobavu materijala. Ovaj proces se izvodi na 50 do 60°C uz konstantno miješanja (30 minuta).



Slika 9. Sustav dobave višekomponentnog papira [21]

## Čišćenje

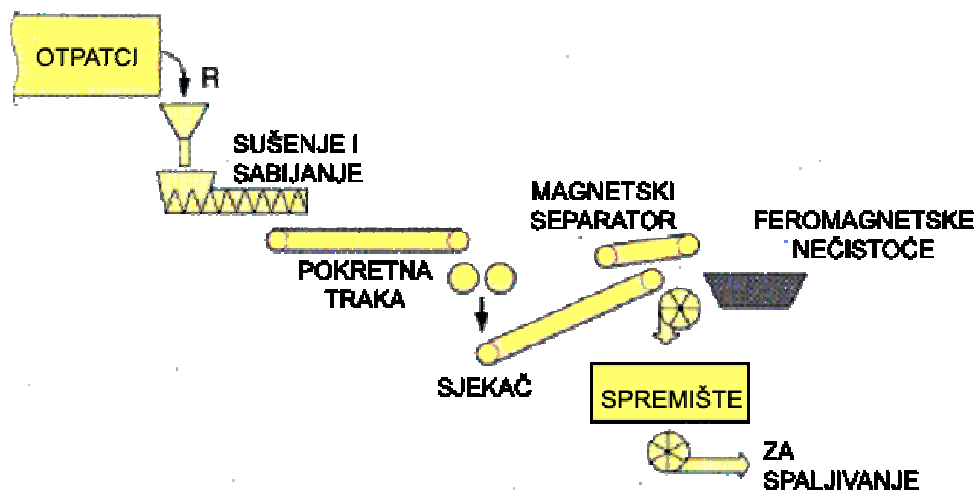
Smjesa se dalje čisti prolaskom kroz filtre i ciklotrone (Grafikon 6.) čime se osigurava odvajanje čestica aluminijske, plastike i pijeska. Prvi filtar ima rupice veličine 1,4 mm nakon čega smjesa ide u ciklotron. Tu se na obrubu izdvajaju listići nečistoća, a zbog prednosti ovakvog postupka koristi se filtar veličine 2,5 mm. Smjesa koja je prošla ovaj filtar prolazi na daljnju obradu a nečistoće se dalje pripremaju za postupak spaljivanja. Kasnije smjesa prolazi kroz sita veličine 0,25 mm i 0,3 mm kako bi se odvojila prljavština. Smjesa koja prođe kroz ove filtre se pohranjuje i to predstavlja obrađenu sirovinu za reciklirani papir. Odpad koji ne prolazi ove filtre se ponovo propušta kroz filtre kako bi se izvuklo što više vlakana a sediment koji nastaje se miješa sa smjesom odbijenu u prvom filtru i odlazi na pripremu za spaljivanje.



Grafikon 6. Shema sustava filtracije

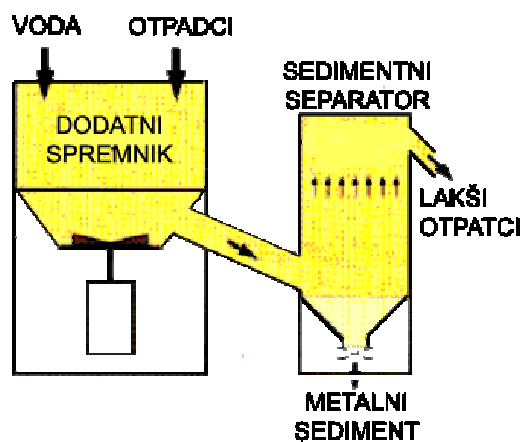
### Sustav čišćenja otpadne smjese

Odbijena smjesa (koja sadrži 5 do 20 % celuloze) se suši i sabija. Takva se dalje melje na veličinu šake i prolazi kroz magnetski separator. Tu se odvajaju feromagnetske čestice koje se posebno spremaju, a ostatak se prosljeđuje za spaljivanje. Prikaz tog procesa dan je slikom 10. Takav način ima svoje mane: zbog zagađenja ložišta potrebno je barem jednom zaustaviti proizvodnju tijekom godine radi čišćenja, pri maksimalnom kapacitetu se tretira do 30 tona po danu celuloze kao otpad (6,67 %) a time se ne odvajaju materijali koji nemaju magnetska svojstva.



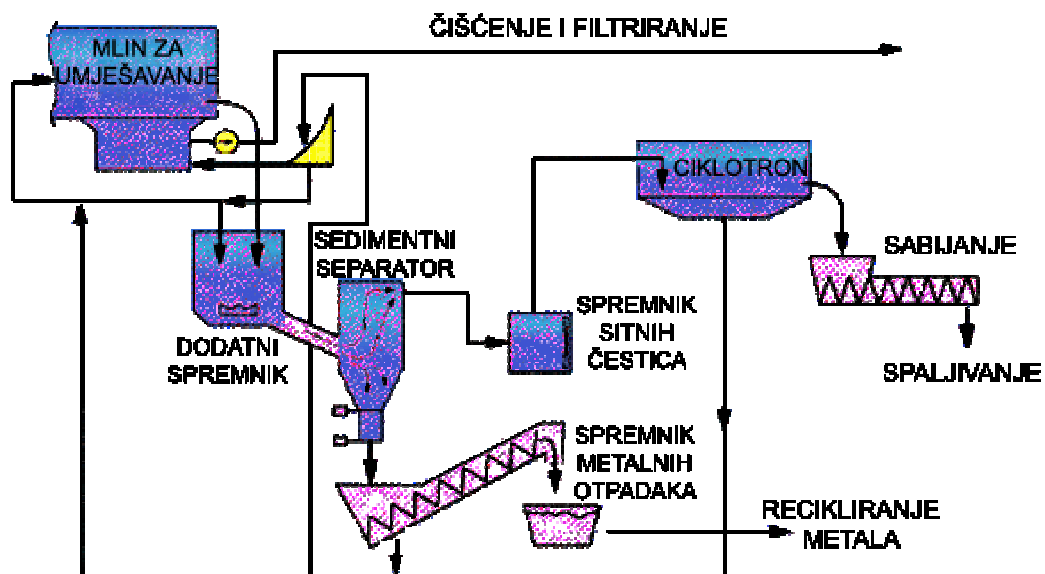
Slika 10. Prikaz sustava za čišćenje otpadne smjese [21]

Zbog toga je kreiran dodatni spremnik (prikazan slikom 11.) gdje se miješa voda sa odbačenim materijalom. Tada se metodom sedimentacije odvajaju teže čestice od lakših (celuloze) čime se postiže gotovo 99 % uspješnosti odvajanja metala od celuloze. Teže čestice (metali) se šalju na daljnju obradu i postupak recikliranja metala a lakše prolaze kroz poseban bubanj. Ovakvim postupkom nije potreban magnetski separator. U bubnju se vrši novo odvajanje gdje smjesa većinom vraća u dodatni spremnik a ostatak se šalje za spaljivanje. U dodatnom spremniku se dalje odvaja smjesa koja se vraća u proces *čišćenja* a ostatak dalje u dodatni postupak *čišćenja otpadne smjese*.



Slika 11. Prikaz sedimentacijskog separatora s dodatnim spremnikom [21]

Ovim (dodatnim) postupkom povećava se količina iskoristive celuloze za 5 do 15 tona po danu a bilježe se i znatne uštede na održavanju pogona te na smanjenju potrošnja goriva potrebnog za rad.



Slika 12. Prikaz sustava za čišćenje otpadne smjese sa dodatnim spremnikom i separatorom [21]

## 5. PRIJEDLOG NAČINA ODLAGANJA VIŠEKOMPONENTNE AMBALAŽE

Većina proizvođača koji koriste za pakiranje proizvoda višekomponentni papir, naglašava da se prilikom odlaganja treba spljoštiti. Tako zauzima manji volumen i mnogo je poželjniji kao moguća sirovina za reciklirani papir. Isto tako se traži da kao ulazna sirovina u postupku recikliranja bude suh. Plastični čepovi načelno mogu ostati, iako mlinovi za recikliranje papira preferiraju ambalažu bez čepova, zbog manjih troškova pri transportu sirovine i izradi recikliranog papira.

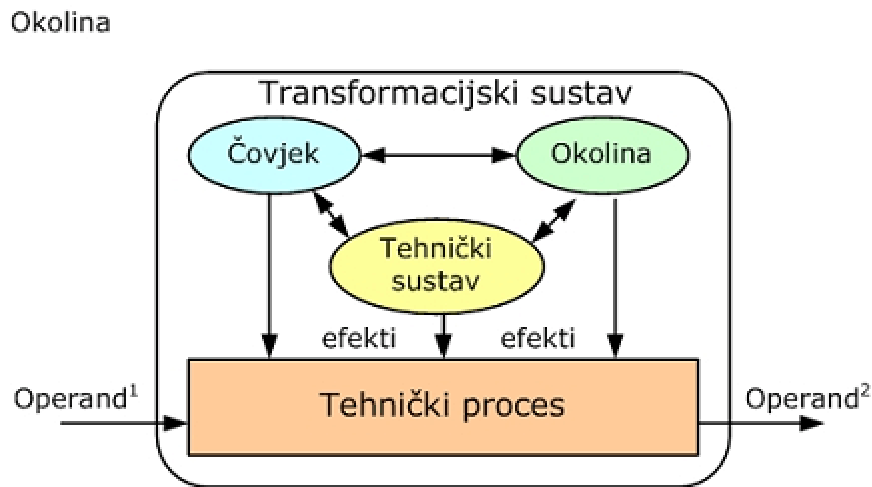
Kako je pravilno tretiranje takve sirovine briga korisnika, u ovom dijelu rada bit će predloženo rješenje koje bi trebalo olakšati korisniku stvaranje zadovoljavajuće sirovine, koja kasnije može postići bolju cijenu na tržištu. Dano rješenje bi trebalo zadovoljiti mogućnosti pojedinačnog kućanstva, iako je trenutno njihova primjena realnija za veći broj korisnika, poput stambene zgrade, gdje je vjerojatniji veći prostor.

U razmatranju i razradi ideje uzete su u obzir gore navedene činjenice o poželjnoj kvaliteti papira i svakim sljedećim stupnjem razrade se vodila briga da mogućnost izrade ostane realna. Zbog toga je čovjek vrlo važna karika u ovom sustavu. On predstavlja energetska i informacijska komponentu sustava.

### 5.1. Tehnički sustav

Pojam tehnički sustav se koristi kada treba opisati tehnički proizvod koji sudjeluje u procesu transformiranja sa svrhom zadovoljavanja ljudskih potreba. Svi tehnički sustavi slijede princip uzročnosti, što znači da sve što se dešava u tehničkom sustavu posljedica je

nekog uzroka a istovremeno je uzrok za jednu ili više posljedica. Tehnički sustav, zajedno s ljudima koji njime upravljaju i aktivnom okolinom, transformira stanja materije, energije i informacija u tehničkom procesu (Slika 13.).

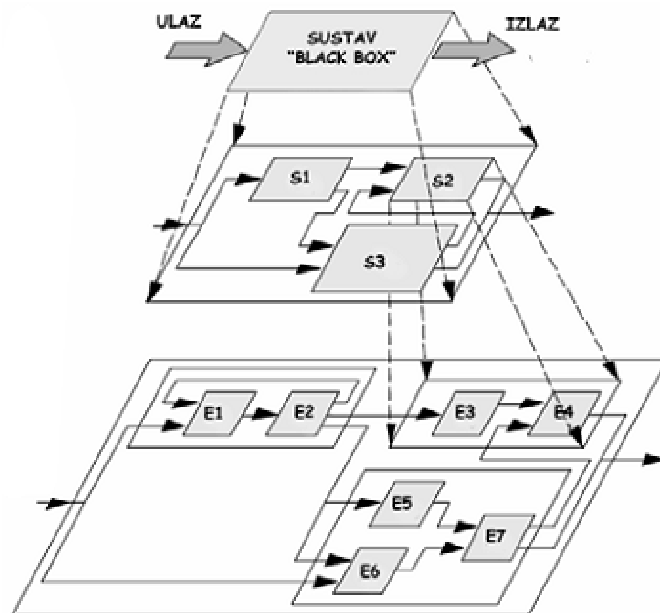


Slika 13. Shematski prikaz transformacijskog sustava [22]

Ako su poznata ulazna i izlazna stanja, a želi se znati proces pretvorbe, koristi se model crne kutije. Najčešće se promatra proces pretvorbe energije, materije i informacija od početnog stanja u konačni (željeni) oblik. Jednostavan oblik poput prikazanog slikom 14. je vrlo rijedak i češći su puno kompliciraniji kao na slici 15.



Slika 14. Prikaz sheme jednostavne „crne kutije“



Slika 15. Prikaz sheme složene „crne kutije“ [22]

Za prikaz ideje i rada uređaja koji bi trebao služiti za sakupljanje i razvrstavanje višeslojnog otpada poput tetrapaka ili elopaka bit će korišten model crne kutije. Što će uređaj biti složeniji a i radi olakšavanja shvaćanja samog rada, organizacijska struktura će se dijeliti na više smislenih cjelina.



## 5.2. Specifičnosti proizvoda

Rast primjene ovakve vrste ambalaže dovela je do velike raznovrsnosti i različitosti u dimenzijama i oblicima pakiranja. Kako te veličine nisu standardizirane nego ovise o proizvođaču, projektirani uređaj bi trebao biti u mogućnosti prihvatiti što veći broj raznovrsnih kutija „tetrapaka“.

Trenutno prosječne<sup>1</sup> dimenzije pakovanja od jedne litre ne prelaze dimenzije 120×80×200 mm (d×š×v). Uzevši u obzir dimenzije ostalih pakovanja dobivaju se okvirno najveće dimenzije 150×100×250 mm koje bi uređaj trebao biti u stanju obraditi.

Prilikom konstruiranja uređaja za obradu „tetrapaka“ treba paziti da uređaj ne bude previše glomazan i da ne zauzima mnogo prostora. Unutar kućišta treba postaviti: sustav za spremanje obrađenog „tetrapaka“, posudu za sabiranje tekućine, dodatni spremnik za odstranjene čepove te sustav za odstranjivanje čepova. Izgled i dimenzije uređaja ne bi smjele značajno odstupati od dimenzija prosječnih spremnika smeća u kućanstvu pa je zadano da su okvirne dimenzije uređaja 400×300×600 mm.

## 5.3. Proces odlaganja i tehničko rješenje

Tok materijala započinje ulaskom u uređaj. Za pravilno pozicioniranje je zadužen korisnik, kao i za provjeru te odstranjivanje mogućih krutih čestica unutar kutije. Prihvatom između zubi valjaka počinje operacija spljoščivanja za čiju operaciju je potreban korisnik koji će jednom rukom pogoniti valjke. Kako bi se osigurao potpuni prihvat, drugom rukom se gura „tetrapak“ dok ga zubi valjka sami ne počnu vući unutra.

Ako „tetrapak“ ima plastični dio (čep), korisnik bi trebao to prepoznati i orijentirati ga tako da dolaze posljednji u procesu spljoščivanja. Tada bi korisnik trebao primijetiti otpor u radu zbog drugačije strukture materijala i vratiti valjke unatrag za određeni kut. Tim se postupkom pozicionira vrh „tetrapaka“ u škarama kako bi se mogao odstraniti čep.

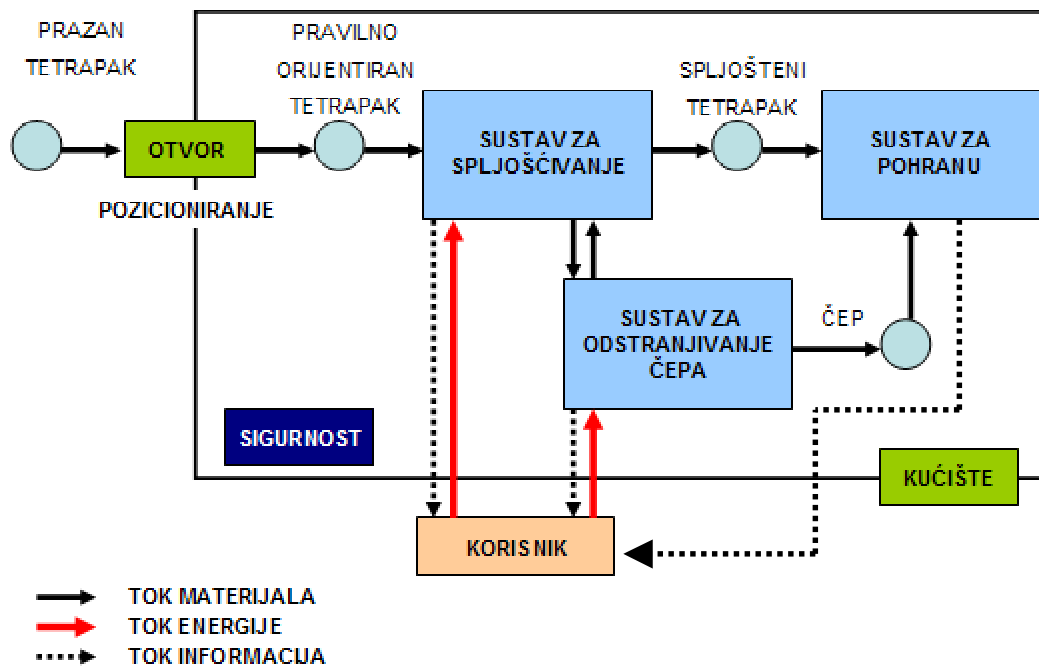
Škare predstavlja metalna poluga koja je postavljena tako da odsijeca dio „tetrapaka“ gdje se nalazi čep. Iako se tako dio višekomponentnog papira baca, puno je veći dio pripremljen za recikliranje. Rezanjem pomoću škara čep pada u posebni spremnik.

Okretanjem valjaka u prvobitnom smjeru ostatak materijala prolazi kroz valjke i pada u za to predviđeni spremnik. Taj spremnik je postavljen na mreži iznad spremnika za tekućinu. Time se cijedi tekućina iz obrađenog „tetrapaka“ i cijedi kroz rupe koje su napravili valjci u spremnik za tekućinu.

Unutar kućišta treba postaviti: sustav za spljoščivanje, sustav za odstranjivanje čepova i sustav za pohranu. Slikom 16. je prikazana osnovna shema uređaja u interakciji sa korisnikom. U ovoj izvedbi korisnik je bitan dio cjelokupnog sustava. Prilikom izrade uređaja treba zadovoljiti i sigurnosne uvjete kako bi se osigurao normalan rad s uređajem.

---

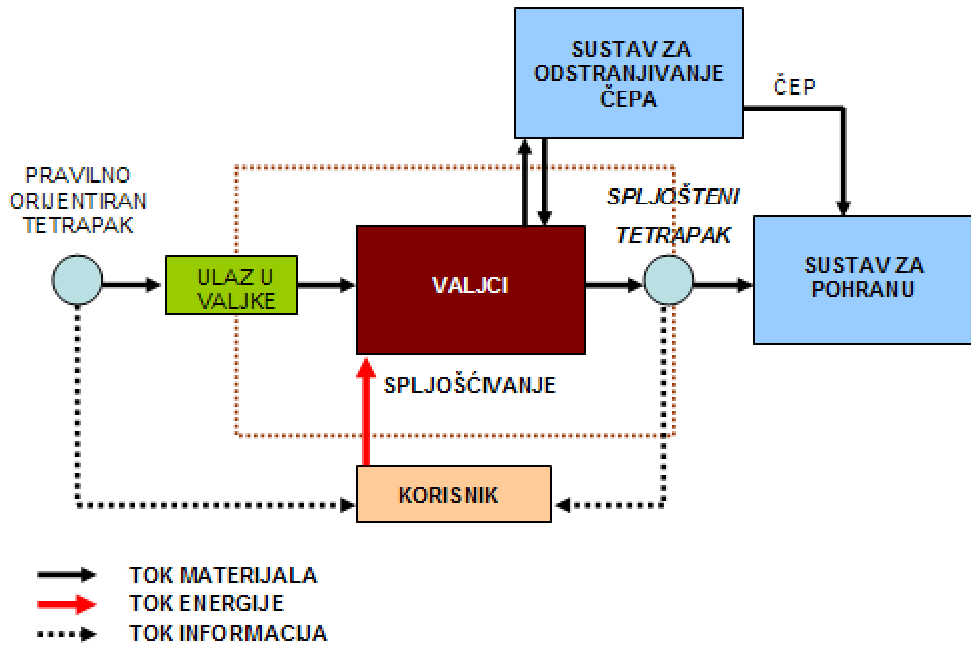
<sup>1</sup> Dimenzije pakovanja najčešćih proizvoda poput mlijeka ili sokova. Radi lakšeg rukovanja većina proizvoda se pakira u ambalažu od jedne litre i čine većinu u trgovinama.



Slika 16. Shematski prikaz uređaja za odlaganje višekomponentnog papira

Spljoščivanje kutije je uočeno kao primarni zahtjev. Da bi se ostvario taj zahtjev, u spremnik koji bi zaprimao ovakvu vrstu otpada trebalo bi ugraditi mehanizam koji će moći spljoštiti praznu kutiju od višekomponentnog papira. U tu svrhu poslužili bi valjci kroz koje bi taj papir morao prolaziti. Za pogon takvog sistema treba biti dovoljna snaga čovjeka. Operacije pozicioniranja, spljoščivanja, pokretanja i zaustavljanja valjaka su u potpunosti ovisne o radu osobe koja upravlja uređajem.

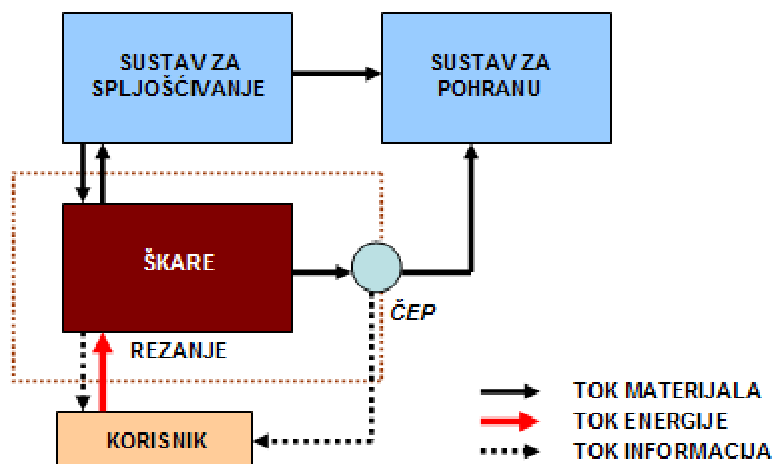
Schema prikazana slikom 17. prikazuje rad sustava za spljoščivanje. Pravilno orijentiran tetrapak je signal korisniku za početak procesa spljoščivanja. U interakciji sa sustavom za odstranjivanje izdvaja se čep a proces spljoščivanja se nastavlja. Prolaskom kroz valjke dobiva se željeni produkt operacije: „spljoščeni tetrapak“. Izlazom iz valjaka spljoščeni tetrapak odlazi u sustav za pohranu a istovremeno daje signal za prestanak rada procesa spljoščivanja.



Slika 17. Shematski prikaz sustava za spljoščivanje

Najlakši način za skidanje čepova bio bi kada bi proizvođač osigurao način da se, nakon uporabe proizvoda, čep može jednostavno ukloniti. To bi se moglo učini na više načina, a najjednostavniji bio bi smještajem čepa uza sam rub da se može odrezati. U ovome radu to se neće posebno razmatrati, već se pretpostavlja da će krajnji korisnik to učiniti sam. Tehnološki gledano ova radnja bi trebala prethoditi postupku iscjeđivanja a poslije postupka spljoščivanja. Rezanje se vrši svojevrsnim škarama, kojim se odstranjuje dio sa plastičnim čepom.

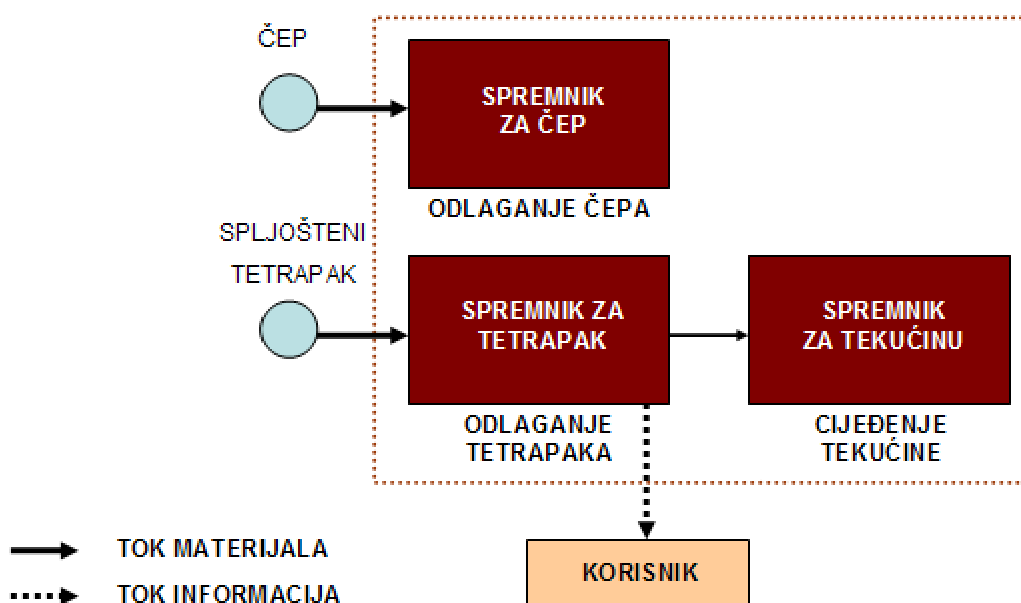
Prolaskom tetrapaka kroz valjke dolazi se do čepa koji predstavlja dio koji treba odvojiti. To je signal koji dolazi korisniku i na koji se treba reagirati odgovarajućim postupkom: vraćanjem tetrapaka kroz valjke i odsijecanjem dijela sa čepom. Odsijecanje dijela sa čepom je signal kojim korisnik nastavlja operaciju spljoščivanja. Shematski prikaz ove operacije je dan slikom 18.



Slika 18. Shematski prikaz sustava za odvajanje čepa

Kako često ostaje tekućine u ovim kutijama, uz spremnik višekomponentnog papira trebalo bi ugraditi i dodatni spremnik za sakupljanje tekućine koja bi se cijedila iz obrađenih kutija. Postavljanjem spremišta za odlaganje papira pod nagibom, olakšava se otjecanje tekućine iz kutija i time povećava suhoća papira. Dno spremnika višekomponentnog papira bi trebalo biti porozno, tako da se omogući istjecanje tekućine u dodatni spremnik. Tu namjenu može ispuniti rešetkasta pregrada kroz koju bi se tekućina mogla iscijediti u za to predviđen spremnik, a višekomponentni papir bi ostajao iznad.

Sustav za odlaganje, shematski prikazan slikom 19., sastoji se od tri različita spremnika. Čep koji je odvojen škarama dolazi u za to predviđen spremnik. Spljošteni tetrapak nakon prolaza kroz valjke pada na mrežu u spremniku za tetrapak gdje se tekućina koja je ostala u tetrapaku gravitacijski slijeva i cijedi u poseban spremnik za tekućinu.



Slika 19. Shematski prikaz sustava za odlaganje

Navedene ideje slikovno su prikazane u tablici 2. u obliku mogućih tehničkih rješenja.

Primjer **a** je dan kao svojevrsan žičani prikaz konstrukcije uređaja. Mogu se uočiti dijelovi poput valjaka i mrežice s koje se cijedi ostatak tekućine.

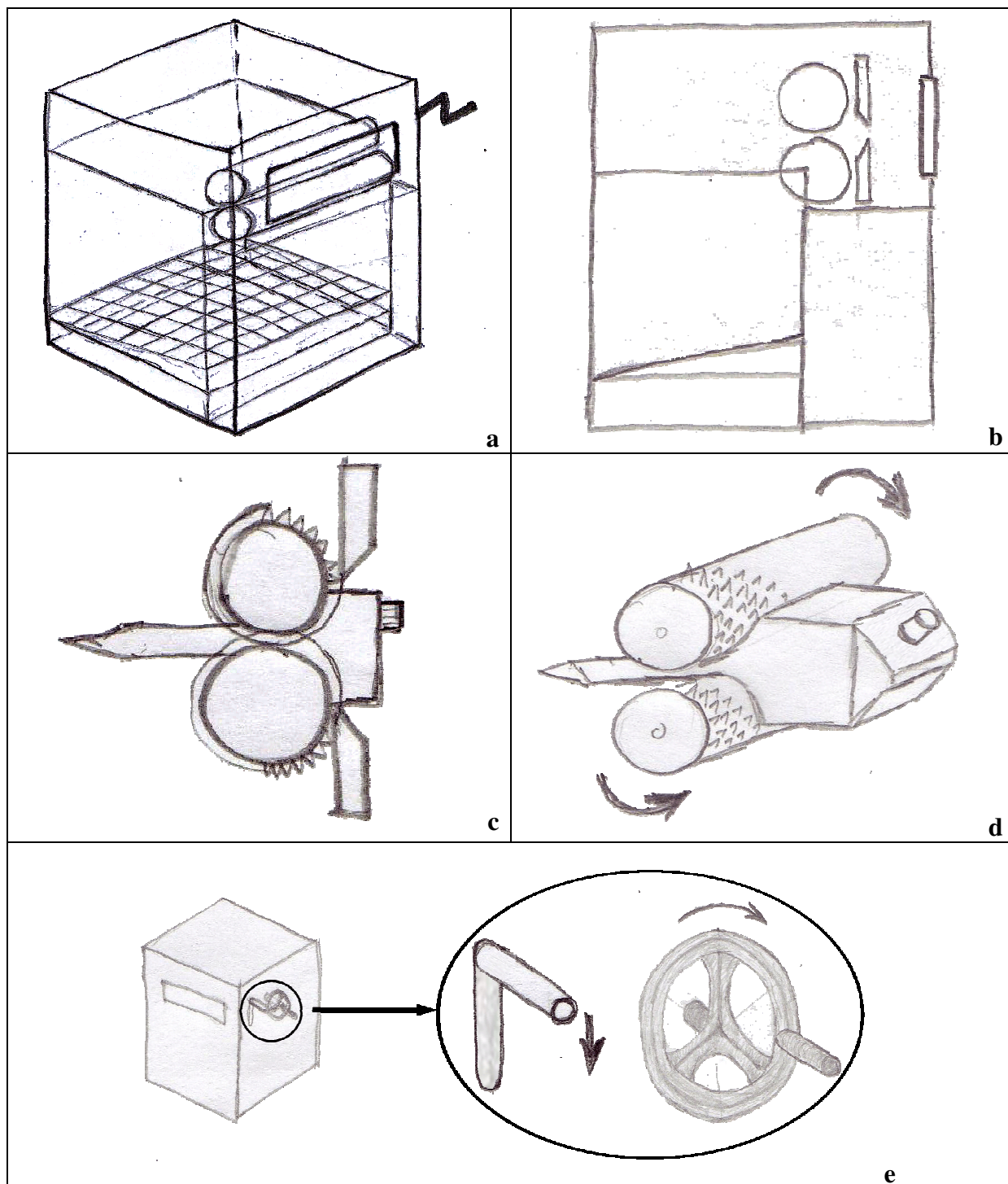
Slika **b** je bokocrt uređaja gdje se uz bolji uvid u sustav za pohranu može vidjeti glavni dio sistema za odstranjivanje čepa: škare. Škare su funkcionalno smještene prije valjaka kako bi odvojile čep prije ulaska u valjke i tako omogućile spremanje čepa u spremnik za čep, a način rada je vidljiv na primjeru **c**.

Valjci su nazubljeni radi boljeg prihvata „tetrapaka“ i za bušenje rupa koje služe za otjecanje tekućine (Slika **d**).

Prolaskom kroz valjke „tetrapak“ pada na mrežicu u spremnik za tetrapak iz kojeg se dalje tekućina slijeva dolje u spremnik za tekućinu. Rješenja za pogon valjaka i škara su dana primjerom **e**. Valjci bi bili pokretani ručicom koja bi trebala biti dovoljno velika da osigura zadovoljavajući moment za spljoščivanje tetrapaka. Škare rade na principu poluge i ručica bi

trebala biti dovoljno dugačka da osigura rezanje „tetrapaka“ ali i da se može skloniti kako ne bi smetala pri postupku spljošćivanja.

Tablica 2. Prikaz osnovnih ideja za reciklažni uređaj



## 5.5. Realizacija

Imajući na umu da je ovakav uređaj namijenjen domaćinstvu, uz volumen treba obratiti pažnju i na masu uređaja. Kako bi se lakše prenosio, kućište bi bilo od polimera čime se osigurava povoljniji omjer mase i cijene od mogućih konkurentnih materijala. Tehnologijom injekcijskog prešanja je moguće dobiti velike količine uz niže troškove izrade. Ostali dijelovi poput ručica, valjaka i škara trebali bi biti zbog većeg naprezanja i trošenja od metala. Time se osigurava dugotrajnost proizvoda i zadovoljstvo korisnika.

Kako je ovdje obrađen osnovni primjer uređaja, postoji još dovoljno mjesta za napredak i poboljšanje. Jedno od prvih poboljšanja bi bila ugradnja motora koji bi pokretao valjke. Time se smanjuje zahtjev prema korisniku za pogon uređaja i olakšava uporaba. Konačni cilj bi bio stvaranje uređaja kojem ne treba nadzor korisnika i osim ubacivanja tetrapaka ne bi bilo nikakve interakcije između uređaja i stroja. To bi zahtijevalo poseban sustav za prihvatanje tetrapaka, sustav za skeniranje sadržaja zbog mogućih krutih čestica te nadogradnju postojećih sustava za odrezivanje i spremanje. Trenutno se takve inovacije ne bi isplatile za uređaj namijenjen domaćinstvu, no za uređaje koje bi koristilo veći broj korisnika poput stambenih četvrti, to bi bilo puno prihvatljivije rješenje.

Tijekom vremena moguća verzija ovog uređaja mogla bi nalikovati današnjim rezačima papira, koji se često mogu naći u uredima. Gledajući taj aspekt proizvodnje vrlo je realno očekivati uređaj koji bi mogao biti u stanju prihvatiti „tetrapak“ i samljeti ga, dok bi istodobno spremio čep u za to predviđen spremnik. Pogon ovakvog uređaja bi zahtijevao elektromotor koji bi se priključio na gradsku električnu mrežu, što ne bi predstavljao problem za korisnika. Posljedica ugradnje motora je povećana buka uređaja koju treba umanjiti. Prihvatljiva razina buke bi bila oko 60 dB u domaćinstvu te oko 80 dB za uređaj koji bi bio zasebno (u podrumu) smješten u zgradama.

Iako je bila ideja predstaviti uređaj koji bi zadovoljio osnovne potrebe demontaže „tetrapaka“ vrlo je moguće da zažive različite varijante takve vrste uređaja. Preduvjet je naravno, potražnja za višekomponentnim papirom. Premda trenutačno stanje u svijetu ne može osigurati željenu potražnju koja bi osigurala ovakav uređaj u svakom domaćinstvu, za očekivati je da bi u idućih sto godina višekomponentni papir postao vrlo vrijedna sirovina što bi osiguralo dobru poziciju na tržištu za ovakvu vrstu uređaja.

## 6. ZAKLJUČAK

Možda se trenutno čini nerealno, no očekuje se da će se u budućnosti iskorištavati svaka moguća sirovina. Ovim se radom nastojalo pokazati da otpad (ne smeće) predstavlja velik izvor potencijalnih sirovina i vrlo je vjerojatno da se uz današnje sirovine u skoroj budućnosti nađe i sortirani otpad.

Višekomponentni papir ima danas sve veće područje primjene i taj će se taj trend nastaviti. Kako postupak recikliranja i iskorištenja ove sirovine dostiže maksimum, treba naći nove mogućnosti kako bi se ova sirovina mogla što bolje iskoristiti uz minimalne troškove. Dobivanje višekomponentnog papira kao sirovine bez ikakvih čestica u postupku reciklaže moguće je ako se već u postupku demontaže tretira kao vrijedna sirovina. Poticanjem svijesti i nagrađivanjem korisnika koji će sortirati otpad, prerađivači će dobiti čišće sirovine što će pojeftiniti proces reciklaže.

U ovome radu osmišljen je i razrađen uređaj za ručnu demontažu višekomponentnog papira („tetrapaka“) prikladan za korištenje u kućanstvima.

Uređajem su obuhvaćeni sljedeći procesi odlaganja tetrapaka:

- spljoščivanje tetrapaka,
- odvajanje čepa rezanjem,
- pohrana čepa hi tetrapaka.

Uređaj se sastoji od:

- nosećeg dijela,
- sustava za spljoščivanje,
- sustava za rezanje,
- sustava za pohranu.

Uređaj je oblikovan tako da su smanjene mogućnosti ozljeda, zadovoljeni su uvjeti sigurnosti<sup>2</sup>, od kojih je najvažnije onemogućavanje ulaska ruke u škare i/ili u valjke.

Treba još napomenuti da je uređaj osmišljen i oblikovan uz postavku da je korisnik savjesna osoba kojoj nije cilj oštećivanje i uništavanje uređaja.

Daljnje moguće unapređenje uređaja, tj. proširenje njegove funkcionalnosti, uključivalo bi sposobnost prepoznavanja krutih čestica slučajno ili namjerno dospjelih u tetrapak, a koje bi mogle ishoditi oštećenjem uređaja, ili povredom korisnika. No, zbog prevelike cijene, realizacija takvog uređaja trenutno nije moguća za domaćinstva.

U daljnjem radu trebalo bi napraviti CAD model uređaja, što se može uraditi programskim alatom CATIA. Metodom konačnih elemenata (dodatak programskog alata CATIA) bi se napravila analiza konstrukcije koja bi ukazala na moguće slabe točke uređaja i potencijalne kvarove. Tako je lakše ukloniti nedostatke i napraviti procjenu troškova izrade. Na temelju tih rezultata radila bi se procjena uspješnosti proizvoda, mogući udio na tržištu i njegova isplativost. Nakon početnog investiranja i sustavnog korištenja uređaja, očekuje se da bi povoljniji omjer transportnih troškova i dobivenog recikliranog papira omogućio daljnja ulaganja i poboljšanja uređaja, te razvoj automatskih uređaja.

---

<sup>2</sup> Sigurnost je prikazana kao integrirani dio sustava uređaja za demontažu (Slika 16.).



## 7. LITERATURA

- [1] <http://www.geog.pmf.hr>, pristupljeno: 2010-01-04
- [2] <http://www.eko.ba>, pristupljeno: 2010-01-04
- [3] <http://www.ponikve.hr>, pristupljeno: 2010-01-13
- [4] Grupa autora, Hrvatski enciklopedijski rječnik, Novi Liber, Zagreb 2004.
- [5] <http://www.ecooperativa.hr>, pristupljeno: 2010-01-13
- [6] <http://www.mzopu.hr>, pristupljeno: 2010-01-13
- [7] <http://hr.wikipedia.org>, pristupljeno: 2010-01-13
- [8] <http://hgk.biznet.hr>, pristupljeno: 2010-01-13
- [9] <http://www.epa.gov>, pristupljeno: 2010-01-15
- [10] <http://www.calderdale-online.org>, pristupljeno: 2010-01-15
- [11] <http://www.recan.org.rs>, pristupljeno: 2010-01-13
- [12] Jelena Kiš, scenarij za dokumentarni film: „Povratak limenke“, Recan Fond za povraćaj i reciklažu limenki, Beograd 2008.
- [13] <http://www.eaa.net>, pristupljeno: 2010-01-28
- [14] <http://www.energetska-efikasnost.undp.hr>, pristupljeno: 2010-01-27
- [15] <http://www.e-recycle.com>, pristupljeno: 2010-01-27
- [16] <http://www.paperonline.org>, pristupljeno: 2010-01-26 [17] <http://media.tumblr.com>, pristupljeno: 2010-04-29
- [18] <http://www.packaging-gateway.com>, pristupljeno: 2010-04-29
- [19] <http://www.hippysopper.com>, pristupljeno: 2010-04-29
- [20] <http://www.fao.org>, pristupljeno: 2010-04-29
- [21] <http://www.voith.com>, pristupljeno: 2010-04-28
- [22] Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda, Modeliranje tehničkih sustava, FSB, Zagreb, 2006.