
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ БЕЗБЕДНОСТИ

РЕЦИКЛАЖА ПЛАСТИКЕ
СА ОСВРТОМ НА РЕЦИКЛАЖУ
ПЛАСТИКЕ У СРБИЈИ

ДИПЛОМСКИ РАД

МЕНТОР:
Др Ивица Радовић,
Редовни професор

КАНДИДАТ:
Ивана Лазаревић

Београд, 2017. године

САДРЖАЈ:

УВОД.....	2
1. ПОЈАМ И ЗНАЧАЈ РЕЦИКЛАЖЕ	4
1.1. ПЛАСТИЧНЕ МАСЕ И ПРОБЛЕМ ПЛАСТИЧНОГ ОТПАДА	5
1.2. ДОПРИНОС ЗАШТИТИ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ.....	8
1.3. МЕРЕ ЗАШТИТЕ	9
2. ПОСТУПАК ПРЕРАДЕ И РЕЦИКЛАЖЕ	11
2.1. ПРИКУПЉАЊЕ ПЛАСТИЧНОГ ОТПАДА.....	11
2.2. СОРТИРАЊЕ ПЛАСТИЧНОГ ОТПАДА.....	12
2.3. ПОСТУПЦИ ПРЕРАДЕ ПЛАСТИЧНОГ ОТПАДА	15
2.3.1. <i>Прерада топљењем.....</i>	<i>16</i>
2.3.2. <i>Хемијска прерада</i>	<i>17</i>
2.3.3. <i>Спаљивање пластичног отпада</i>	<i>18</i>
2.3.4. <i>Депонување.....</i>	<i>18</i>
2.3.5. <i>Могући проблеми.....</i>	<i>18</i>
2.3.6. <i>Алтернативни процеси рециклирања полимера</i>	<i>19</i>
3. РЕЦИКЛАЖА ПЛАСТИКЕ У СРБИЈИ.....	20
3.1. РЕЦИКЛАЖНИ ЦЕНТРИ.....	22
3.2. ПРИМЕР ПРЕДУЗЕЋА „ИВЛАЈН“.....	23
3.3. ПРИМЕР ПРЕДУЗЕЋА „БРЗАН ПЛАСТ“	23
3.4. SNG COMPANY	24
ЗАКЉУЧАК.....	26
ЛИТЕРАТУРА.....	27

УВОД

Тема овог рада је рециклажа пластике, односно пластичног отпада, са посебним акцентом на појам и значај рециклаже и поступак прераде. Такође ће бити речи и о поступку рециклаже пластике у нашој земљи. У последње време због све већег интересовања за заштиту животне средине, за очување ресурса, пораст еколошке свести, јавила се потреба за управљањем повратним токовима производа тј. токовима од тржишта до компаније. Нагласак се поставља на поновном коришћењу, паковању или одлагању коришћених производа. Повећана конкуренција и жеље компанија да што више удовоље захтевима купаца су повећали значај повратног тока производа. Чињеница је да свака компанија која занемарује повратну логистику у суштини смањује профит. Забринутост јавног мњења за екологију, резултирала је законодавством које захтева рециклирање производа до одређеног процента, пошто их одбаце крајњи корисници, било директно или индиректно.

Природни ресурси су опште добро и заједничко богатство. Њихово коришћење, привредна примена и економско вредновање треба да буду плански усмерени и наменски контролисани. Без обзира на врсту, структуру и појединачне количине, они су основ за предстојећи привредни и економски развој сваке земље, тако и Србије. Наравно, постоји и део природних ресурса који мора остати изван економских и привредних токова и који треба да буде сачуван за садашње и будуће генерације, а то посебно важи за оне ресурсе који се тешко обнављају и необновљиве природне ресурсе.

Приступ природним ресурсима мора да обухвати дефинисање политике и стратегије њиховог одрживог коришћења, као и дефинисање законодавно-правног оквира за њихово ефикасно спровођење. Природним ресурсом обично називамо све оно што потиче од Земље - земљиште, биљке, животиње, воду, нафту, метале и остало. Све што једемо, користимо или купујемо представља или природни ресурс или је настало од њега. Природни ресурси су свуда око нас, а због све већих и растућих потреба, ми их врло брзо трошимо. Многи природни ресурси се исцрпљују брже него што могу бити замењени новим. Из тог разлога мора се обратити пажња на чињеницу да ће се неки од њих у потпуности исцрпети уколико не смањимо потрошњу, што је озбиљан проблем зато што живи свет на Земљи зависи од ових ресурса. Минерални ресурси спадају у групу необновљивих ресурса. То су

исцрпљиви ресурси и због тога је потребно њихово рационално коришћење тј. штедња, које се у савремено време остварује: рециклажом, супституцијом и увозом.

Пластика је материјал који се добија из нафте. Нафта је врста руде која се налази у унутрашњости Земље и настаје распадањем биљака и животиња током више милиона година. Експлоатацијом нафте и њеном прерадом у пластику, један део историје наше планете нестаје. По садашњој стопи потрошње, процењује се да ће се резерве нафте у свету исцрпити за 35 година. Проблем са пластиком јесте у томе што се она не распада у земљи те се трајно задржава у животној средини коју загађује. Могуће је и њено уништавање процесом спаљивања, али тада вршимо загађивање ваздуха. Одређене врсте пластичног отпада, попут ПЕТ боца, пластичних кеса или лименки се јако дуго разлажу. Овакав отпад је велики загађивач планете, а рециклажа је метод којим ово загађење можемо ублажити.

Пластични производи су специфично дизајнирани да буду коришћени више пута. Увођењем прописа о амбалажи у ЕУ, постоји подстицај произвођачима да размотре примену амбалаже за вишеструку употребу. У другим случајевима, производи се могу прерадити за исте или сличне намене. Постоје добри разлози за поновно коришћење производа:

- Смањење трошкова за произвођаче и потрошаче
- Уштеде у енергији и сировинама
- Смањење трошкова одлагања.

Веома је важан број поновних употреба, односно оцена животног циклуса производа.

Разлози за потребу повећаног искоришћавања пластичног отпада су вишеструки:

- сазнање о ограниченим природним ресурсима и потреби рационалног коришћења онога чиме се располаже
- прописи о заштити животне средине дефинишу строжије услове за одлагање отпада, па је неопходно да се рециклажом смањи обим пластике који се одлаже на депонију
- тешкоће при обезбеђењу локација за нове депоније указују на рециклажу као једну од могућности смањивања потреба за новим депонијама.¹

¹ Стратегија управљања отпадом за период 2010 - 2019. године, "Сл. гласник РС", бр. 29/10, стр. 39.

1. ПОЈАМ И ЗНАЧАЈ РЕЦИКЛАЖЕ

Рециклажа је процес издвајања материјала из отпада и његово поновно коришћење у исте или сличне сврхе. Процес укључује сакупљање, издвајање, прераду и израду нових производа из искоришћених ствари и материјала. Веома је важно раздвојити отпад према врстама отпадака јер се многе отпадне материје могу поново искористити ако су одвојено сакупљене. Све што може поново да се искористи а не да се баца је рециклирање.²

У погледу могућности поновног искоришћења материјали могу бити:

- рециклабилни - могу се искористити поновним враћањем у процес производње

- нерестилабилни - не могу се вратити у процес производње и користе се за добијање енергије-спаљивањем или се на еколошки безбедан начин складиште.³

Готово све може да се рециклира: папир, картон, пластика, стакло, алуминијум, бакар, гвожђе, керамика, електронски и електрични отпад...

У Србији постоје ретки центри Папир сервиса где можете да однесете стари папир и у замену за њега да добијете ситан новац. Такође постоји мали број центара за рециклирање стакла.

Ипак, рециклажа се може упражњавати у свакодневном животу, независно од тога да ли постоје центри за рециклажу. Нпр. поклањање ствари које се не користе је облик рециклаже. То је много боље и корисније него да се сва та одећа баца. Такође, прављење компоста од органских остатака је још један добар пример рециклирања.

Неке материје, попут стиропора, нису биоразградиве и не могу се рециклирати али се уместо њих могу пронаћи еколошке замене.

Без увођења рециклаже у свакодневни живот немогуће је замислити било какав целовит систем управљања отпадом.

Улога рециклирања је првенствено економска и еколошка, а предности су:⁴

1) Чување залиха необновљивих (примарних) извора сировина прерадом одбачених материјала (секундарних сировина).

² <http://ekovrba.com/reciklaza-recilkiranje-.html>

³ <http://www.ereciklaza.com/sta-je-reciklaza/>

⁴ Пинтарић А., Филетин Т. (1994), Анализа рецикличности производа, III симпозиј господарење отпадом – Загреб

- 2) Уштеда енергије при добивању материјала из секундарних сировина.
- 3) Заштита околине смањивањем количине депонованог отпада у околину.

Све донедавно није постојао успешан начин рециклирања отпада, јер је сепарација разних полимера практично немогућа, а поступак за обраду мешаних полимера није постојао. Данас се у неколико смерова развијају истраживања, с којима се може искористити отпад и тиме уједно смањити загађење животне средине.

Пре 20 година Јапанска индустрија почела је са производњом постројења који могу прерађивати мешани и неочишћени отпад за производњу артикала који се користе као замена за дрво и бетон. Почетком 1975. године у Јапану је радило више од 20 таквих стројева који производе око 40.000 тона готових производа годишње. Поступак више личи на ливење него на уобичајене поступке препаде пластичних маса. Притисак који се примењује је врло низак, што омогућава коришћење јефтених калупа који су понекад и од алуминијума.

Тако израђени производи углавном служе као замена за дрво јер су јефтинији и отпорни на ватру, атмосферске утицаје, гљиве, инсекте а могу се обрађивати алатом намењеним за обраду дрвета. Битно је напоменути да отпад који улази у такво постројење мора да садржи 80% термопласта (ПВЦ, полиетилен, полистирен, најлон и др.), а остатак може бити папир, алуминијумска фолија, блато, песак итд.⁵

Рециклажа има три основна принципа (PPP):

P - *reduce* - смањити

P - *reuse* - поново користити

P - *recycle* - рециклирати.⁶

1.1. ПЛАСТИЧНЕ МАСЕ И ПРОБЛЕМ ПЛАСТИЧНОГ ОТПАДА

Пластика је полимер. Полимери су дуги ланци молекула који се понављају, а састављени су од угљеника и водоника. Пластику је изумио Александер Паркес, 1860. године, али је своју популарност стекла тек неколико последњих деценија. Можемо је моделирати и гњечити у различите облике, или извлачити у дуге нити

⁵ <http://ekologija.ba/index.php?w=c&id=105>

⁶ <http://www.ereciklaza.com/sta-je-reciklaza/>

које се користе у текстилној индустрији. Чврста је, сигурна, лагана, а може се рециклирати и поново искористити.⁷

Пластичне масе се могу поделити у две главне групе: термопластични материјали и терморективни материјали или дурупласти. Термопластичне масе – грејањем омекшају, а хлађењем се враћају у првобитно стање (нпр. поливинилхлорид, полиетилен, полистирен). Састоје се од врло дугих молекула с равним ланцима (линеарни полимери). Терморективне пластичне масе или дурупласти- грејањем ирверзибилно отврдну и касније се више не могу обликовати (бакелит, аминопласти).

Пластичне масе прерађују се ваљањем у фолије, истискивањем под притиском, убризгавањем итд. Због својих механичких својстава и могућности обликовања пластичне масе потиснуле су многе друге материјале и њихова је индустрија у сталном порасту.

Пластични материјали се већ годинама све више употребљавају за израду амбалаже, иако представљају проблем са аспекта заштите животне средине. Разлози за све већу примену су многобројни. То су, између осталих, ниска цена сировина, мала маса и различите могућности прераде. Осим тога, специфични утрошак енергије (утрошак енергије по јединици упакованог производа) при производњи пластичних материјала, који се користе за израду амбалаже, много је мањи него што је при производњи на пр. стакла или алуминијума.

Увођење јефтине петрохемијске производње и нових технологија најавили су век пластике. Дволитарске пластичне боце, представљене први пут 1978. године, данас чине 22% укупне продаје безалкохолних пића у САД. Ако се пореди по маси, пластична амбалажа се данас производи неколико пута више него алуминијумска и свих необојених метала заједно. Њена продаја расте по стопи од 5% годишње. Боце за кечап, паковања супа, сладоледа и др. морају бити лака и биолошки неактивна, тј. – пластична.⁸

Отпад је сваки материјал, производ или предмет који после свог коришћења (краја животног циклуса) постаје сувишан и неупотребљив. Без даље могућности да

⁷ <http://ekologija.ba/index.php?w=c&id=105>

⁸ Нешић, Б (2010), *Управљање комуналним отпадом и потенцијали за рециклажу јужне и југоисточне Србије*, Ниш, стр. 4.

задовољи своју употребну вредност он се одбацује на сметлиште тј. депонију. Отпад са којим се најчешће, односно свакодневно сусрећемо је амбалажни отпад.

Амбалажни отпад представља материјал који се користи у производном циклусу како би се паковала и транспортовала роба широке потрошње. Шта се дешава са амбалажом када искористимо њен садржај? Она углавном завршава као отпад оног тренутка када испразнимо њен садржај или када се одређена купљена роба отпакује. Када неколико милијарди људи, задовољавајући своје потребе, дневно направи до два килограма отпада по само једном човеку (искључујући најнеразвијеније регионе света) добијамо забрињавајућу рачуницу која нас упућује на закључак да је неопходно променити навике у производно-потрошачким односима, али и на то да је неопходно прилагодити се савременим развојним тенденцијама и одговорније се односити према отпаду.

Решавање проблема пластичног отпада се најчешће завршава његовим одлагањем на депоније, али нажалост, због људске небриге и ван депонија. Депоније великог броја градова и у развијеним земљама практично су попуњене, а нове се због високих цена не граде одговарајућом брзином. Овакав начин уклањања отпада је нарочито неповољан за пластични амбалажни отпад из више разлога (заузимање великог простора због волуминозности, неразградивост тих материјала под утицајем атмосфере и одлагање кориштења сировина и енергије везане у полимерима на неодређено време).

Пластични производи се након употребе дуго распадају у земљи, преко 100 година. За пластични отпад се може рећи да није класичан отпад, већ група нових ресурса, односно сировина. Године 2011. укупна количина пластичне амбалаже износила је 327.936,78 тона. На депонијама, пластични отпад заузима 9% од укупне тежине отпада, али запремински заузима чак 32%. Уколико се отпадна пластика рециклира то доприноси смањењу потрошње електричне енергије, а самим тим и смањењу емисије штетних гасова.⁹

Пластични отпад представља све већи проблем у данашњем потрошачком друштву. Било да се он гомила, разлаже у подземним водама или спаљивањем шири атмосфером, отпад озбиљно угрожава околину и здравље људи. Стога је у свим

⁹ <http://www.reciklazaplastike.rs/reciklazaplastike.html>

деловима света кренула трка за стварањем чистије оклине при чему се отпад сматра ресурсом а његова обрада спада у најнапредније технологије.

Најчешће рециклирани тип пластике је ХДПЕ или број 2. Она се рециклира у пластично дрво, пластичне столове, клупе, кутије за камионске терете, канте за смеће, канцеларијски прибор и друге типове чврсте пластике. Бела пластика која се користила за паковање се често прихвата у трговинама ради поновне употребе. У Израелу је показано да се пластична фолија добијена рециклирањем градског отпада може претворити у квалитетан производ.

1.2. ДОПРИНОС ЗАШТИТИ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Стање животне средине у свету и код нас веома је забрињавајуће. Многи производи су олакшали човеку живот, међутим, довели су и до великог загађења животне средине. Развој науке, индустрије, саобраћаја, као и већа производња хране, условили су промене физичких, хемијских и биолошких својстава ваздуха, воде, земљишта, хране и свега осталог што се налази у нашем окружењу и чини његов саставни део. Загађивање се мора зауставити или макар свести на контролисану меру. Већ сада се низ обољења доводи у везу са загађењем животне средине. Да би се животна средина заштитила, сви ми заједно морамо да улажемо много више труда него до сада.

Смањење отпада кроз редукацију или рециклажу има веома важан допринос за очување и заштиту животне средине. Поновна употреба производа нпр. од пластике омогућава продужен „животни циклус”, што је еколошки и економски врло исплативо. Пошто одслужи свој живот у разним апликацијама, пластика се може искористити и тако поново допринети потребама одрживог развоја и истовремено омогућити висок ниво заштите животне средине.

Рециклирање пластике је у почетној фази развоја пошто је и цела индустрија релативно млада. Рециклирањем пластике заузима се мање места на депонији, а време разградње пластичних материјала је од 100-1000 година.

Од рециклиране пластике може се добити синтетички материјал који употребљавамо за прављење пернатих јакни и других одевних предмета, а можемо добити и нове боце, канте и још много разних пластичних предмета. Опције управљања амбалажним отпадом приказани су на слици 1.



Слика 1. Опције управљања амбалажним отпадом¹⁰

Због свог дугог животног века од око 30 година и више, значајно повећање количине отпада од пластике се очекује после 2010. године. За неке врсте пластике, амбалажа је главно тржиште. Остатак се употребљава у другим секторима индустрије. Европска индустрија пластике определила се за максимизацију употребе ресурса и минимизацију отпада за депоновање. Ово подразумева већи број могућности за искоришћење, механичку или хемијску рециклажу и енергетско искоришћење, као део прилаза интегралном управљању отпадом. Оваква политика је у складу са Директивом Европске уније за амбалажу и амбалажни отпад која је поставила за циљ да укупно искоришћење отпада од амбалаже буде минимум 45% од којих је 15% материјала мора бити рециклован.¹¹

1.3. МЕРЕ ЗАШТИТЕ

Предузимањем мера ограничења употребе пластичне амбалаже нарушило би савремени начин снабдевања животним намирницама. Велики део намирница не би се могао употребљавати изван ограниченог простора, јер се не би могли задовољити хигијенски и здравствени прописи.

¹⁰ Цветковић, С, (2008), Еколошки проблеми у оквиру реверсне логистике, 3. Конференција о квалитету живота, Крагујевац, 2008, стр.2.

¹¹ *Ibid*, стр.3.

То се пре свега односи на смрзнуте намирнице, производе млечне индустрије и рибље прерађевине који се у одређеној количини додају у свежи материјал и поново прерађује па се на тај начин постиже нижа цена производа. По свему судећи, немогуће је одрећи се једнократне пластичне амбалаже, па и уз цену повећања количине пластичног отпада. Скупља ли се тај отпад правилно и прерађује ли се, односно одстрањује на задовољавајући начин, проблем загађивања околине биће много мањи, а тиме ће се боље чувати природа и њена добра.

Како се пластика производи од природних ресурса, нафте и земног гаса, мора се пазити и на ове залихе. Просечан грађанин Србије троши око 1000 пластичних кесица годишње. Одбачене кесице углавном заврше на дивљим депонијама или се спаљују. При спаљивању четири пластичне кесице потроши се онолико кисеоника колико је човеку потребно за један дан, што нам говори о опасности коришћења и спаљивања пластике.¹² О томе говори и податак да разградња различитих производа од пластике траје од 100 до 1000 година.

Најбоље решење је у превентивним мерама као што је избегавање куповине и употребе пластичне амбалаже и кеса. У последње време у свету су се појавиле посебне врсте пластике коју је могуће рециклирати и таква пластика на себи има знак рециклаже. Такву пластику је потребно сакупљати и рециклирати. Ово првенствено важи за ПЕТ амбалажу у којој купујемо минералну воду, освежавајућа пића, прехранбене производе, уља, итд.

Многе земље у свету су одавно организовале сакупљање, откуп и рециклирање пластике, тако да се увелико зарађује на овој секундарној сировини.

Пример знатне користи од рециклирања пластике је податак из Немачке из 2001. године. Са уштеђеном енергијом кориштењем старе пластике могло је 1,8 милиона домаћинстава у Берлину да се снабде електричном енергијом 130 дана. У новцу, та уштеда је износила 523 милиона марака.¹³

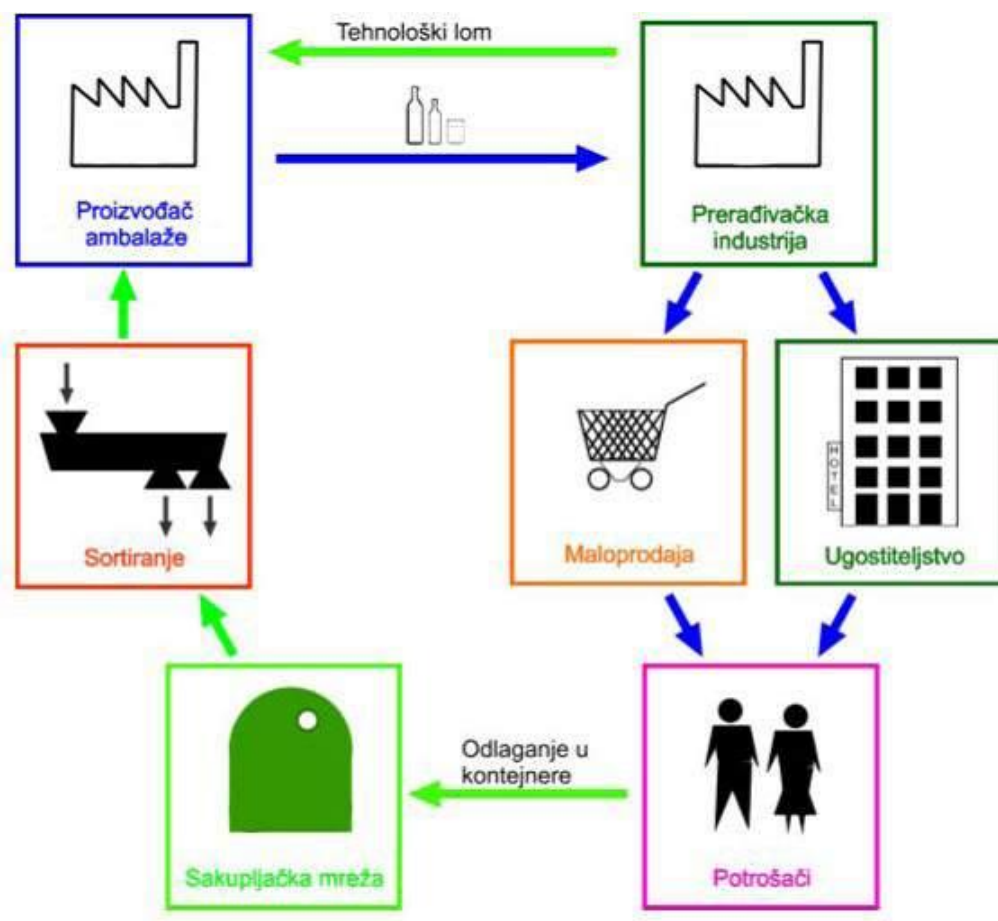
¹² <http://ekovrba.com/reciklaza-recikiranje-.html>

¹³ *Ibid*

2. ПОСТУПАК ПРЕРАДЕ И РЕЦИКЛАЖЕ

2.1. ПРИКУПЉАЊЕ ПЛАСТИЧНОГ ОТПАДА

Пластични отпад који се нађе у чврстом комуналном отпаду (који је по саставу врло хетероген) је запрљан и помешан са осталим врстама материјала. Да би се такав отпад могао искористити, неопходно га је прво прикупити и припремити. У оквиру припреме за рециклирање, пластични отпад је неопходно одвојити од других врста отпада, затим га идентификовати и раздвојити по врстама, уситнити, опрати, осушити и регранулирати односно прерадити поново у амбалажу или неке друге производе. За извођење ових операција потребна је специфична опрема па је и цена добијања рециклата висока. Установљено је, да би одвојеним сакупљањем по контејнерима, читав процес прераде био јефтинији и једноставнији.¹⁴



Слика 2. Циклус од потрошача до прераде

¹⁴ Локални план управљања отпадом са катастром дивљих сметлишта (2010), Куршумлија, стр. 39.

Издвајање корисних материјала из отпада се може организовати на два начина:

1. од стране самих грађана (у домаћинствима, школама, трговинама, непроизводним предузећима, улицама и др.) и
2. централизованим системом у посебним постројењима - фабрикама са комплетним технолошким линијама.

У нашој земљи припадници ромске популације врше сакупљање али уз ниске цене које су минималне. Можда би ангажовањем извесног броја Рома са платама и обезбеђивањем социјалне користи, они били спремни да непосредно сакупљају рециклабилне материјале за ЈКП. Типично, транспорт је можда највећа препрека, јер трошкови превоза превазилазе приходе од рециклиране пластике.¹⁵

Сакупљање отпада се најчешће врши од стране комуналних јавних или приватних предузећа, који се углавном прикупља у контејнере. Уколико на месту прикупљања отпада не постоје контејнери за селекцију отпада тада говоримо о недиференцираном отпаду који се одвози се на депоније где се даље третира. Недиференцирани отпад је изузетно тешко збринути на депонијама, због различитости отпада који се распада различитом динамиком, а запремина отпада која се мора покрити земљом и компакторима испресовати је максимална.¹⁶

Са друге стране имамо диференцирано сакупљање отпада када се отпад сакупља и разврстава у контејнере намењене одређеној врсти отпада нпр. контејнери за ПЕТ амбалажу, папир, метал, стакло, исл. Ова врста сакупљања отпада такође се назива и примарна селекција и најидеалнија је за даљу рециклажу јер се на овај начин отпад најмање прља.¹⁷

2.2. СОРТИРАЊЕ ПЛАСТИЧНОГ ОТПАДА

Истоврсност материјала има у поступку рециклирања централни значај. Та истоврсност се по правилу може постићи претходним релативно скупим разврставањем. Да би се добиле високо квалитетне пластичне масе, требало би прерађивати само истоврсне пластичне масе. Сепарација отпада се може вршити и на

¹⁵ Нешић, Б (2010), *Управљање комуналним отпадом и потенцијали за рециклажу јужне и југоисточне Србије*, Ниш, стр. 66.

¹⁶ <http://www.greentech.rs/index.php/reciklaza-recikliranje>

¹⁷ *Ibid*

самим депонијама, међутим тако сортиран отпад је много запрљанији, па овако пресоване флаше по правилу непријатно миришу, што отежава рад људи запослених у погонима за рециклажу.




Сепарација пластичних материјала се може рашчланити на препознавање и раздвајање.





Препознавање - Карактеризација и потпуна идентификација пластичних материјала је обиман посао, који захтева сложене аналитичке процедуре и најсавременију опрему. Међутим, у неким случајевима је довољна само процена или оријентационо утврђивање врсте испитиваног пластичног материјала. За такве сврхе су развијене и усвојене једноставне и брзе методе идентификације. Препознавање искоришћене полимерне амбалаже је најједноставније ако се на њој налази ознака за рециклажу са наведеном врстом полимерног материјала од кога је израђена.

Раздвајање - Код раздвајања пластичних маса, уситњени пластични материјал се сортира према његовим физичким особинама као што су густина, умреженост и електропроводљивост. За индустрију су од посебног значаја поступци раздвајања на основу разлике у густини. Помоћу ових поступка могу се из мешавине пластичних маса издвојити фракције и до 98% чистоће. Тешкоће настају код раздвајања меких ПВЦ врста. Принцип хидроциклонске технике заснива се на раздвајању фракција различите специфичне масе (густине) у пољу дејства центрифугалне силе. Поред ових начина раздвајања, познати су и поступци раздвајања флотацијом, раздвајање на основу различите електропроводљивости (електростатички уређаји за сортирање) итд.

Пре рециклирања пластика се групише према идентификацијском коду који је развијен 1988. године (NA Society of the Plastics Industry). Симбол који се користи за идентификацијски код састоји се од три стрелице које су усмерене у смеру кретања сата формирајући троугао у којем се налази број, често са акронимом који означава пластику испод троугла. Када нема броја симбол представља универзални знак рециклирања и представља материјал који је генерално могуће рециклирати. Други текст и ознаке користе се да би се описао материјал.¹⁸ Универзални симбол рециклирања је кодиран кодном тачком У+267А.

¹⁸ <https://www.ekologija.com.hr/recikliranje-plastike/>

SIMBOL	SKRACENIC A	NAZIV POLIMERA	KORIŠTENJE
 PETE	PETE ili PET	Polietilen terephthalate	Reciklira se da bi se proizvela poliesterna vlakna, flastera, mekih boca za pića, termoizolacionih ploča.
 HDPE	HDPE	Gusti polietilen	Reciklira se da bi se proizvele boce, kutije za namirnice, kante za recikliranje, poljoprivredne cijevi, šalice, opremu za igranje, plastično drvo.
 V	PVC ili V	Polivinil klorid	Reciklira se da bi se proizvele cijevi, ograde i boce koje se ne koriste u prehrani.

 LDPE	LDPE	Ne gusti polietilen	Reciklira se da bi se proizvele plastične vrećice, razni kontejneri, razne boce, cijevi i razna laboratorijska oprema.
 PP	PP	Polipropilen	Reciklira se u rame dijelove za vozila i industrijska vlakna.
 PS	PS	Polistiren	Reciklira se u raznu kancelarijsku opremu, igračke, videokasete i kutije, izolacijske ploče, kafiterijska pomagala i proširene polistirenske proizvode.
 OTHER	Ostalo	Ostala plastika: akrilik, polikarbonat, najlon, fiberglas, poliaktid.	

Табела 1. Рециклажни симболи за означавање пластике

Многе технологије за сортирање и сепарацију су већ установљене у различитим индустријама и различитим процесима. Неке од ових технологија могу обављати истовремено идентификацију и сортирање.¹⁹ Типичне технологије су:

- ручно сортирање
- машинско сортирање
- визуелне технологије (помоћу камера и софтвера)
- магнетна сепарација
- индуктивне истострујне методе
- сепарација помоћу добоша са стима
- динамика косих површина
- селективно раздвајање на грејним површинама
- гравитација и специфична тежина
- флотација и др.

2.3. ПОСТУПЦИ ПРЕРАДЕ ПЛАСТИЧНОГ ОТПАДА

Отпадна пластика која настаје у погонима прерађивача обично се састоји од једне врсте полимера и може се поново употребити, као и одбачена пластика која се скупља у разним релативно великим конзумним подручјима (најчешће разне врсте једнократно употребљене амбалаже). Поновна употреба пластичног отпада је рециклирање.

Искоришћене пластичне производе могуће је поново употребити или прерадити помоћу различитих поступака, зависно од постављеног циља, а све због смањења масе за депоновање. Пластични отпад се може прерадити на више начина:

- *топљењем*, при чему се не мења или врло мало мења макромолекулска структура.
- *хемијски*, хидролизом или алкохолизом могуће је добити мономере, или се хидрогеновањем из почетног материјала могу добити органске сировине као што су гасови и уља,

¹⁹ Милованивић, Г., Барац, Н. (2007), *Реверсна логистика као део ланца снабдевања*, Економски факултет, Ниш

• *контролисаним спаљивањем*, при чему се добија енергија и као продукти сагоревања угљен-диоксид (CO₂) и вода (H₂O).²⁰

Пластични се отпад може уклонити спаљивањем уз искоришћење енергије која се ослобађа. Проблем при спаљивању пластичног отпада је емисија разних канцерогених једињења, зависно од врсте полимера. Стога је при спаљивању пластичног отпада потребна стална контрола еколошке сигурности.

Један од узрока раста количине пластичног отпада је неповратна пластична амбалажа (90% робе се нуди у неповратној пластичној амбалажи).



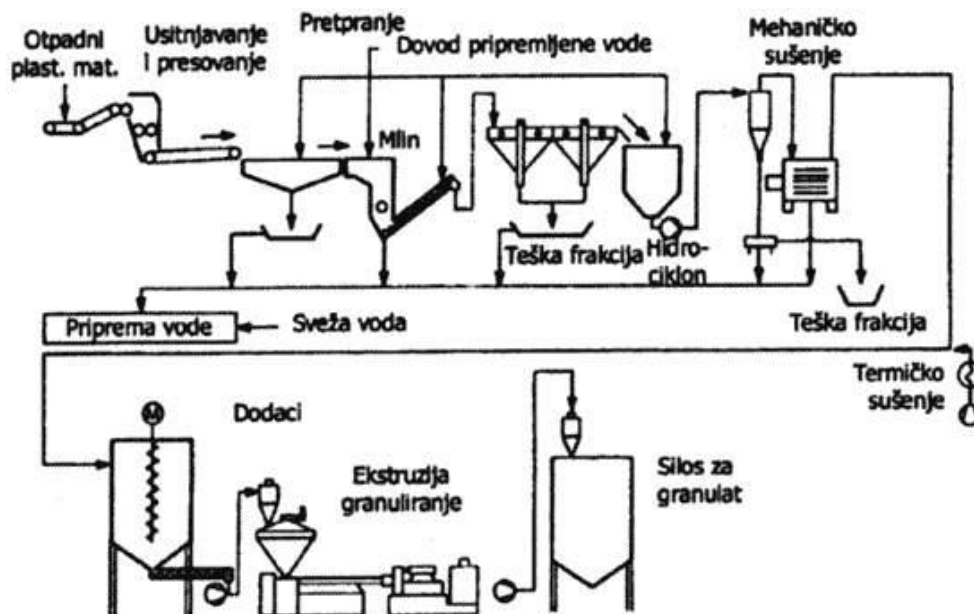
Слика 3. Могућности прераде пластичног отпада

2.3.1. Прерада топљењем

Регранулирање термопласта је један од најстаријих и најчешћих поступака рециклирања. Основа оваквог начина рециклирања је способност поновног топљења што је могуће код термопласта.

На слици 4. приказана је шема постројења за регранулирање пластичног отпада. Након уситњавања и пресовања пластичног отпада помоћу посебних уређаја и закључним раздвајањем и прањем, излазни материјал се регранулира, складишти и даље користи у разне сврхе.

²⁰ http://ekospark.com/info/04_reciklaza_i_otpad/prerada_plasticnog_otpada/prerada_plasticnog_otpada.html



Слика 4. Шема поступка реангуирања

2.3.2. Хемијска прерада

Поступци хемијске прераде могу се поделити у две групе:

- поступци прераде код којих се макромолекулске (полимери) преводе у нискомолекулске супстанце. Тако се полимери добијени реакцијама поликондензације или полиадиције могу разградити до полазних мономера у присуству одређених реагенса. На овај начин се могу прерадити многе врсте пластичних материјала као што су полиестри, полиамиди, полиуретани, поликарбонати итд., јер поседују хемијске активне и лако дељиве везе. Ови поступци се могу обухватити општим појмом солволиза. У зависности од тога у присуству ког растварача се реакција одвија (алкохол, вода,...) говори се о хидролизи, алкохолизи, гликолизи, аминоклизи или метанолизи. Примена рециклата добијених овим поступцима за сада је још ограничена. Позната је примена поступка метанолизе или гликолизе код прераде боца за пиће од ПЕТ. Овим поступком се добију сировине за производњу хигијенски чистог ПЕТ или ПУР, који се може употребити и за амбалажу за животне намирнице.

- поступци прераде код којих се од макромолекула које садржи пластични отпад могу добити угљоводоници у облику гаса или уља, који се даље могу прерађивати петрохемијским поступцима у рафинеријама. Ова група поступака може се изводити редуktivним (на пр. хидрогеновање или пиролиза) или оксидативним (на пример добијање синтезног гаса) начином. Ови поступци познати су под називима: деградaтивна екструзија, хидрогеновање, пиролиза и гасификација.

2.3.3. Спаљивање пластичног отпада

Циљ овог начина искориштавања пластичног отпада је добијање енергије. Директна употреба нафте за производњу енергије, гледано са аспекта "одрживог развоја" у дужем временском периоду, не би имала смисла. С обзиром да је у пластичним производима сачувана практично укупна енергија нафте, од велике користи је да се енергија нафте акумулирана у пластичним производима, користи у енергетске сврхе, али тек на крају њиховог употребног циклуса. Овакав начин искоришћења пластичног отпада би се требао примењивати само у случају кад отпад више није могуће рециклирати на друге начине.

2.3.4. Депоновање

С обзиром да су пластични материјали релативно нови материјали још увек има много отворених питања у вези њиховог депоновања на дужи период. Испитивања су показала да на процес распадања има утицај дебљина пластичног материјала. Док су код фолија и тањих дијелова наступили процеси распадања, дебљи делови нису показивали видљиве појаве разградње. Такође се испитивањима установило да микроорганизми немају никакав утицај на разградњу појединих врста пластичних материјала као што су ПП и ПЕ, док су код других врста на пр. код полистирена или полиуретана они убрзавали процес разградње. За сада се пластични материјали заједно са другим отпадом депонују на депоније за чврсти комунални отпад. Може се претпоставити да ће због све мањег простора у будућности нагло расти трошкови депоновања и да се данашња решења за збрињавање отпада неће моћи задржати. Треба нагласити, да су пластични материјали у уређеним депонијама најмањи загађивачи водотокова (не растварају се у води) и не загађују ваздух.

2.3.5. Могући проблеми

У односу на стакло или метал, рециклажа пластике има неке карактеристичне изазове везане за њену рециклажу. Један од главних изазова је ниска ентропија мешања, чији је узрок велика молекуларна тежина дугачких полимерских ланаца. То значи да само излагање топлоти често неће бити довољно да произведе смесу од тако великих молекула. Због овог неповољног утицаја, полимери морају бити готово истог састава да би се могли мешати. На пример, различите легуре базиране на алуминијуму се све растопе у исту течност у једној фази, док се разне мешавине

кополимера ПЕТ амбалаже од различитих произвођача не растапају у једну фазу када се загреју, већ теже раздвајању на исти начин као уље и вода. Те фазне разлике слабе ствари које су направљене од таквих мешавина, што значи да је већину полимерских смеша могуће искористити само у уском контексту.

Друго ограничење при рециклирању је велика количина боја, адитива и других додатака који се убацују у пластику. Полимери су генерално превише вискозни да би се пуњења економично избацила, а оштетили би се многим процесима за јефтино одстрањивање додате боје. Такви адитиви се мање користе у амбалажама за пића и у пластичним кесама, што омогућава рециклирање ових производа. Употреба биоразградиве пластике се повећава, али ако се она меша са другом пластиком приликом рециклирања, новодобијена пластика губи своју вредност.²¹

2.3.6. Алтернативни процеси рециклирања полимера

Многи горе наведени проблеми могу се решити коришћењем сложенијег процеса рециклирања у којем кондензацијски полимер улази у процес инвертан процесу полимеризације коришћене за његово стварање. Ово производи исту мешавину хемикалија која је чинила оригинални полимер, која може бити прочишћена и коришћена за синтетисање новог полимерског ланца истог типа. Овај процес је врло скуп и неекономичан.

Други начин је претварања мешаних полимера у петролеј са мање прецизним процесом топлотне деполимеризације. Овај процес може користити готово све полимере или мешавине полимера, као што је вулканизирана гума или биополимери у перима или другом пољопривредном отпаду. Као и природни петролеј, и из вештачки произведеног се може правити гориво или други полимери.

Један од процеса који постаје занимљив је и *Heat Compression* (топлотна компресија). Овај процес узима сву несортирану, очишћену пластику свих облика и меша је у великом ротирајућем бубњу сличном сушилици за одећу (енг. tumbler). Процес производи топлину од међусобног трења делова пластике унутар бубња, која спали сав материјал или готово сав материјал. Материјал се касније испумпа из бубњева кроз загрејане цеви у модуле за ливање. Највећа предност овог процеса је тај што се сва пластика рециклира, а не само делови који су једнаки. Проблем је велики утрошак енергије на бубњеве и грејање цеви.

²¹ <https://www.ekologija.com.hr/recikliranje-plastike/>

3. РЕЦИКЛАЖА ПЛАСТИКЕ У СРБИЈИ

Проблем управљања пластичним отпадом у Србији није новијег датума и не тиче се само државних органа већ њених грађана. Треба рећи да се данас у Србији рециклира око 10% пластичног отпада.

Рециклажа пластике подразумева издвајање и разврставање пластичних материјала из отпада и њихово поново коришћење. Хемијски састав пластичног отпада разликује се од пластике до пластике и због тога то веома сложена материја. Пластику је веома важно прво раздвојити према врсти. Постоји седам врста пластике које се најчешће рециклирају. Свака од тих врста има своје ознаке за рециклажу ради лакшег раздвајања. Уколико постоје могућности најбоље је раздвајати пластични отпад на месту његовог настанка.

Већина пластичног материјала се може поново искористити ако је правилно разврстан. Поред ознака пластика за рециклажу се може успешно разврстати и поступком паљења из разлога што различите врсте пластике када горе имају различит мирис и боју пламена. Тако разврстана пластика иде на даљи третман, који се састоји у прању и чишћењу разврстане пластике. Прање и чишћење се врши ради ефикасније употребе у даљој производњи.²²

Следећа фаза у процесу рециклаже пластике је уситњавање у специфичним млиновима за млевање пластике. Сви крупнији комади пластике се прво секу на ситније делове ради лакшег стављања у млин. Овако самлевена пластика се у жаргону назива "мељава " и може да буде разне гранулације што зависи од сита на млину. Тако добијени гранулат се може одмах користити за производњу предмета од пластике или може проћи и кроз још једну фазу тј. регранулисање. Ова фаза поновног млевења се врши регранулаторима. Добијени регранулат пластике директно се користити у процесу производње предмета од пластике.²³

Последњих година актуелна је тема рециклаже ПЕТ флаша. Пратећи кампање Министарства екологије и просторног планирања, многи су се мотивисали са жељом да почну сакупљање и рециклажу ПЕТ флаша.

Сакупљање амбалажног отпада се одвија кроз делатност пре свега одређеног броја приватних привредних субјеката. Поједина јавна комунална предузећа

²² <http://www.reciklazaplastike.rs/reciklazaplastike.html>

²³ *Ibid*

(Београд, Нови Сад, Сомбор, Крушевац, Смедерево и др.) су регистрована за делатност рециклаже, између осталог и амбалажног отпада, претежно пластике, папира и метала.

Прерада флаша подразумева следеће фазе:

1. Дебалирање флаша
2. Сортирање по врсти и боји. Селекција флаша од осталог отпада.
3. Млевење са воденим млином
4. Прање ПЕТ исечака (енг. *''flakes''*, ит. *''scaglie''*) са топлом водом и детергентом
5. Додатно сушење ПЕТ флекуца (уколико је потребно)
6. Регенерација односно термичка обрада ПЕТ исечака и добијања ПЕТ гранулица.



Слика 5. Топло опране транспарентне ПЕТ флекуце



Слика 6. Млевени затварачи и етикете

3.1. РЕЦИКЛАЖНИ ЦЕНТРИ

У земљама са ниским приходима, искоришћење или рециклажа материјала - углавном пластике папира, стакла и метала - своди се на активности приватног сектора. Ова економски корисна активност подразумева одговарајућу опрему и дефинисане поступке за сваки степен процеса.

Јавни сектор се може сам укључити у рециклажу пластичног отпада или властити секторска предузећа или приватни сектор. Компостирање је област која највише обећава када се ради о поновном коришћењу органских материјала. Одлуке за увођење компостирања морају бити тржишно оријентисане и засноване на пажљивим економским и финансијским анализама. У сваком случају, потенцијал за финансијски оправдано компостирање се може значајно повећати кроз увођење раздвајања отпада на извору.²⁴

Успостављање система рециклаже у Србији ће се базирати на стварању Центара за рециклажу, или Центара за сакупљање, који ће захтевати одређивање сталних локација у урбаним подручјима на којима ће грађани моћи да одлажу разни отпад које неће сакупљати возила за рутинско сакупљање отпада. Рециклажни центри ће се градити и на локацијама изван урбаних подручја. Организација сакупљачких станица са рециклажним центрима је једноставна, а капацитет контејнера ће одређивати фреквенција коришћења ових локација.

Увођењем интегралног управљања комуналним отпадом у Србији, многобројне општине ће наћи интерес у изградњи регионалног система управљања отпадом и успостављању регионалних организација за управљање отпадом. Интенција је да ће регионалне организације за управљање отпадом успоставити шеме за раздвајање на месту настајања и раздвојено сакупљање рециклабилних компоненти. Увођење оптималног система рециклаже у одређени регион, захтева спровођење детаљних истраживачко-студијских планова у циљу одређивања типа система који ће се увести.²⁵

²⁴ Национална стратегија управљања отпадом, са програмом приближавања ЕУ (2003), Република Србија, Министарство за заштиту природних богатстава и животне средине, Београд, стр.37.

²⁵ *Ibid*

3.2. ПРИМЕР ПРЕДУЗЕЋА „ИВЛАЈН“

„Ивлајн“ је фирма за рециклажу, откуп и производњу артикала од пластике, која се тиме успешно бави од 1992. године. Откупна станица налази се улици Драгослава Срејовића 63б у Београду, док се рециклажни центар налази у Скели код Обреновца.²⁶ У жељи да развију еколошку свест код суграђана, као и да их ослободе непотребне амбалаже и сломљених производа од пластике кренули су са откупом, а потом и рециклажом производа од ПП, ПЕ, ХДПЕ и ПС пластике (фолије, цеви, столице, столови, гајбице, канте, бурићи, канистери и остала кућна пластика).

Производња артикала од пластике сврстана је у две групе:

- производња гранулираног материјала
- производња готових производа од пластике

Сви производи од пластике фирме „Ивлајн“ праве се од материјала који су претходно прошли све безбедносне мере и нешкодљиви су по људско здравље. Велика пажња током саме производње поклања се и најмањим детаљима како би били сигурни у апсолутну исправност свих производа.

3.3. ПРИМЕР ПРЕДУЗЕЋА „БРЗАН ПЛАСТ“

Предузеће „Брзан пласт“ о.д. започело је 2005. године нови поступак модернизације и усавршавања своје делатности предузимањем бројних успешних пословних корака. Ова фирма налази се у Брзану, Баточини и сматра се водећим прерађивачем отпадних сировина од ПЕТ-амбалаже и амбалажне пластике у Србији. Један од главних циљева им је да путем организованих прикупљања и откупом старих пластичних фолија сачувају природу од бацања и паљења дотрајалих фолија које тренутно чине преко 5% свих отпада на депонијама.²⁷

Тренутно нуде грађевинску фолију до 4m, која се прави од регранулата и као таква је и до 50% јефтинија од фолије која се прави од гранулата. За потребе корисника организују производњу пластичних џакова различитих дебљина, величина и намена, са и без штампе. У великим серијама израђују се и џакови за смеће у црној или некој другој боји. Све производе израђују од регранулата што је доста јефтиније.

„Брзан пласт“ је такође покренуо серијску производњу преса за балирање пластичног отпада (посебно ПЕТ амбалаже) и у том правцу има изузетно добрих

²⁶ <http://www.reciklazaplastike.rs/onama.html>

²⁷ <http://www.brzanplast.com/>

результата. Треба напоменути да су освојили производњу нове машине за пресовање отпадне пластике свих врста (искључиво мобилне пресе са електро и дизел мотором), која би, ако све буде по плану, требала да постане основа сакупљања великих количина отпадне пластике која се налази свуда око нас. Ова преса је у пробном раду постигла изванредне резултате у пресовању пре свега ПЕТ амбалаже (смањујући њену запремину до 15 пута), што наводи фирму у правцу ангажовања ових преса на многим пунктовима у Србији.²⁸

Иначе, пресовање амбалажног отпада се врши ради јефтинијег и лакшег транспорта, јер се у 1m³ налази око 10kg непресованих, а чак 200kg пресованих ПЕТ боца. Након довожења балираног отпада прерађивач их мора дебалирати ради даље прераде. Прерада ПЕТ боца има више фаза: у првој се мљењем добијају ПЕТ комадићи димензија 2-3mm. Затим се поступком флокулације и таложења у води одвајају чепови, папир и лепак, што се може спровести и помоћу струјања ваздуха у циклону. Зависно од степена чистоће ПЕТ амбалаже спроводи се прање полимерних листића. Чистоћа је најважнија за добро и квалитетно рециклирање. Прљавштину од земље, папира, стакла и лепка лакше је уклонити него уље и друге масноће. Од ПЕТ комадића се даљом прерадом добијају полиестерска влакна, или ПЕТ трака за паковање као финални производ.

3.4. SNG COMPANY

SNG COMPANY се бави рециклажом, а посебну пажњу поклања заштити животне средине и као резултат тога 90% производа производи од рециклираног ПВЦ И ПЕ материјала. Компанија је основана 2002. године у Нишу. Основна делатност је рециклажа обојеног метала и свих врста пластике. У саставу компаније је комплетно опремљен рециклажни центар у Јагодини на површини од 1ha. У саставу рециклажног центра је постројење за прераду отпадних каблова, сепаратор капацитета 500t месечно, електростатички систем ХАМОС један од најсавршенијих система за најфиније одвајање метала од пластике, водени систем ХЕРБОЛ за одвајање две врсте пластике, односно ПВЦ-а и полиетилена. Рециклажом од пластике SNG производи комплетну опрему за саобраћајну сигнализацију. У погону

²⁸ <http://www.brzanplast.com/>

се на једном месту од рециклираног материјала добија нов готов производ, тако да компанија SNG има потпуно затворен круг рециклаже.²⁹

²⁹ <https://sng-company.ls.rs>

ЗАКЉУЧАК

Из свега изнетог у овом раду може се закључити да рециклирање пластике представља процес прераде одбачене и старе пластике у производ који се може поновно користити. Рециклажом пластике се штити животна средина, смањује отпад и штеде природни ресурси. Примарно рециклирање обухвата сечење, балирање, разврставање и сортирање секундарних сировина. Показало се да у укупном асортиману секундарних сировина отпад пластичног порекла има највеће учешће. Данас стално расте удео пластике у комуналном отпаду. Тенденција све веће заштите човекове околине и негативног аспекта пластичних сировина у окружењу пружа могућности даљег ширења ове делатности.

Рециклирани материјал који се произведе у нашем погону поново се користи за производе који су тражени на нашем и иностраном тржишту.

Рециклажом се остварују изузетно значајни технички, еколошки и економски ефекти. Свакако најзначајнији од њих су драстично смањење количина индустријског и комуналног отпада који се морају одложити на санитарне депоније, чиме се век коришћења депонија продужава и значајно успорава процес исцрпљивања природних ресурса и емисије из депонија.

Предности рециклирања пластике су у томе што производи трећину сумпор-диоксида, око 90% мање отпада и око 250% мање угљен-диоксида. Међутим недостатак је тај што је транспорт пластике једнако скуп или скупљи од добитака рециклирања што значи да око 250% мање произведеног угљен-диоксида не узима у обзир угљен-диоксид настао приликом транспорта и приликом рада постројења за рециклирање.³⁰

Употреба рециклираног материјала је коначна фаза рециклаже чиме се комплетира цео процес рециклаже.

Рециклажа односно поновно коришћење пластике и других материјала представља будућност која се може остварити једино интегралним приступом проблему и која у својој основи тежи ка одрживом развоју. Свако од нас треба да буде учесник у заштити човекове околине подизањем свести грађана у области очувања човекове околине.

³⁰ <http://www.prakticanzivot.com/plastika-recikliranje-41>

ЛИТЕРАТУРА

НАУЧНА ЛИТЕРАТУРА И ЗАКОНСКИ ИЗВОРИ

1. Адигес, И. (2008), Управљање променама, АСЕЕ, Нови Сад
2. Бабић, М., Ставрић, Б. (1999), Менаџмент, КИЗ Центар, Београд
3. Бугариновић, С., Трумић, М. и Трумић, Г. (2005), Рециклажа пластике поступцима флотацијске концентрације, XIII Научно-стручни скуп о природним вредностима и заштити животне средине, ЕКОИСТ 2005, Борско Језеро, Србија
4. Бугариновић, С., Трумић, М. и Трумић, Г. (2006), Флотацијска сепарација PVC из PVC/PET пластичне мешавине, XIV Научно-стручни скуп о природним вредностима и заштити животне средине, ЕКОИСТ 2006, Сокобања, Србија
5. Цветковић, С. (2008), Еколошки проблеми у оквиру риверзне логистике, 3. Конференција о квалитету живота, Крагујевац
6. Локални план управљања отпадом са катастроом дивљих сметлишта (2010), Куршумлија
7. Миловановић, Г., Барац, Н. (2007), Риверсна логистика као део ланца снабдевања, Економски факултет, Ниш
8. Национална стратегија управљања отпадом, са програмом приближавања ЕУ (2003), Република Србија Министарство за заштиту природних богатстава и животне средине, Београд
9. Нешић, Б (2010), Управљање комуналним отпадом и потенцијали за рециклажу јужне и југоисточне Србије, Ниш
10. Пинтарић А., Филетин Т. (1994), Анализа рецикличности производа, III симпозиј господарење отпадом – Загреб
11. Стратегија управљања отпадом за период 2010 - 2019. године, "Сл. гласник РС", бр. 29/10.
12. Трумић, М., Ђалић, Н., Андрић, Љ., Игњатовић, М., (2004), Рециклажне технологије и одрживи развој, XIX Симпозијум о припреми минералних сировина, Топола, Оплепац, Србија

Е- ИЗВОРИ:

1. www.ekologija.ba
2. www.reciklaza.com
3. <http://www.ereciklaza.com/sta-je-reciklaza/>.
4. <http://ekovrba.com/reciklaza-recikiranje-.html>
5. <http://www.greentech.rs/index.php/reciklaza-recikiranje>
6. www.omorikareciklaza.com
7. <http://www.brzanplast.com/>
8. <https://www.ekologija.com.hr/recikiranje-plastike/>
9. http://os-supetar.skole.hr/upload/os-supetar/images/static3/1147/File/Recikiranje_plastike.pdf
10. http://ekospark.com/info/04_reciklaza_i_otpad/prerada_plasticnog_otpada/prerada_plasticnog_otpada.html
11. <http://www.prakticanzivot.com/plastika-recikiranje-41>