

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**

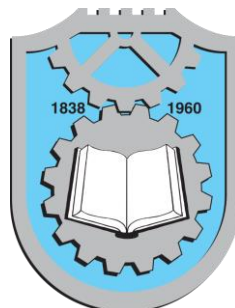
Милан Богдановић

**АУТОМАТСКО СОРТИРАЊЕ ПРИ
РЕЦИКЛАЖИ ПЛАСТИЧНИХ МАСА**

мастер рад

Крагујевац, 2018.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Технологија прераде пластичних маса

Број индекса: 341/2016

Милан Д. Богдановић

АУТОМАТСКО СОРТИРАЊЕ ПРИ РЕЦИКЛАЖИ ПЛАСТИЧНИХ МАСА

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Богдан Недић, ред. проф. – ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру мастер рада кандидат треба да прикупи и систематизује податке о пластичним маса, са аспекта структуре и класификација. Потребно је да изврши анализу поступака рециклаже пластичних маса и методе које се користе при сортирању које претходи рециклажи. Посебан акценат ставити на аутоматизоване поступке сортирања. У посебном делу рада израдити бизнис план за предузеће које би се бавило рециклажом пластичних маса.

Препоручена литература:

- [1] Јовановић М., Адамовић Д., Лазић В., Ратковић Н.: Машински материјали, уџбеник, Машински факултет Крагујевац, 2003.
- [2] Недић Б., Ђукић В.: Пластичне масе, књига у рукопису, Машински факултет Крагујевац, 2004.
- [3] Трумић Милан, Трумић Маја, Богдановић Г.: Поступци рециклаже пластичног отпада са посебним освртом на механички третман, Технички факултет Бор, 2012.
- [4] Бабић М.: Предузетништво – Теорија, процес и пракса, Машински Факултет Крагујевац, 2006.

Крагујевац, септембар 2018.

Ментор:

Др Богдан Недић, ред. проф.

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
2. ПЛАСТИЧНЕ МАСЕ	5
2.1 Структура и састав полимера.....	8
2.2 Класификација пластичних маса	11
2.3 Разградива пластика.....	14
3. РЕЦИКЛАЖА	16
3.1 Историјски преглед рециклаже.....	18
3.2 Класификација поступака рециклаже.....	21
3.3 Проблеми приликом рециклирања	28
3.4 Употреба рециклиране пластике.....	31
3.5 Методе сортирања отпада пластичних маса	32
3.5.1 Мануелно сортирање.....	32
3.5.2 Аутоматско сортирање.....	33
3.5.3 Оптичке методе сортирања пластичних маса	34
3.5.4 Спектроскопске методе сортирања пластичних маса	35
3.5.5 Електростатичке методе сортирања пластичних маса	35
3.5.6 Методе засноване на различитости температуре топљења пластичних маса	36
3.5.7 Методе сортирања засноване на селективном растапању пластичних маса	37
4. АУТОМАТСКО СОРТИРАЊЕ ПРИ РЕЦИКЛАЖИ ПЛАСТИЧНИХ МАСА	38
4.1 Метода плутања.....	41
4.2 Метода центрифуге	42
4.3 Метода флоатације пластичних маса	43
4.4 Примери уређаја за аутоматско сортирање.....	45
5. БИЗНИС ПЛАН.....	47
5.1 Резиме бизнис плана	47
5.2 Полазна основа бизнис плана.....	49
5.3 Стратегија и маркетинг план.....	51
5.4 Анализа техничко–технолошких аспеката бизниса	52
5.5 Организација и менаџмент	54

5.6	Финансијски план бизниса	55
5.7	Финансијско-економска оцена успешности и ризика.....	59
5.8	Закључна оцена бизнис плана	59
6.	ЗАКЉУЧАК	61
7.	ЛИТЕРАТУРА	63

РЕЗИМЕ

Пластичне масе су врста полимерних материјала велике молекулске масе, поред полимера као основог материјала садрже додатне материјале ради побољшања њихових перформанси и/или смањења цене коштања и користе се за производњу индустријских производа разне намене.

Проблем пластичног отпада није само у количини, већ и у токсичности садржаних састојака, који представљају опасност за околину и здравље људи.

У раду је изложена анализа пластичних маса са аспекта структуре, и класификације. Анализирани су поступци рециклаже и методе сортирања приликом рециклаже. У посебном поглављу анализирано је аутоматско разврставање при рециклажи пластичних маса. Урађен је и бизнис план за предузеће које би се бавило рециклажом пластичних маса и производњом фолија од ПВЦ-а.

Кључне речи: полимер, пластичне масе, рециклажа, сортирање, бизнис план

ABSTRACT

Plastic masses are a type of high molecular weight polymeric material, in addition to the polymer as the base material, they contain additional materials to improve their performance and / or reduce the cost of the cost and are used for the production of industrial products for various purposes.

The problem of plastic waste is not only in quantity, but also in the toxicity of the ingredients that present a danger to the environment and human health.

In the paper presents an analysis of plastic masses from the aspect of structure, and classification. Recycling procedures and sorting methods for recycling were analyzed. A separate chapter analyzes the automatic classification of plastics recycling. A business plan for the company that would deal with the recycling of plastics and the production of PVC films was also developed.

Keywords: polymer, plastic masses, recycling, sorting, business plan

ПРЕДГОВОР

Овај рад представља мастер рад на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Тема мастер рада је из области технологије прераде пластичних маса. У теми је обрађена тематика аутоматског разврставања пластичних маса приликом рециклаже истих.

У првом поглављу рада дата су уводна разматрања о полимерима, пластичним масама и рециклажи.

У другом поглављу објашњена је структура и састав пластичних маса, такође објашњено је и класификација пластичних маса и разградиве врсте пластичних маса.

У трећем поглављу наведено је историјски преглед рециклаже, класификација поступака, проблеми рециклаже и употреба рециклиране пластике за нове производе, дат је и преглед метода за сортирање пластичних маса приликом рециклаже

У четвртом поглављу анализирана је метода аутоматског разврставања пластичних маса и приказани су примери уређаја за аутоматско сортирање.

У петом поглављу представљен је бизнис план за оснивање предузећа које се бави рециклажом пластичних маса.

У шестом поглављу изведени су закључци и на крају наведена је коришћена литература за израду мастер рада.

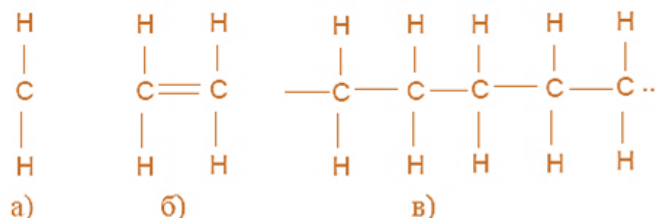
Захваљујем се свом ментору, др Богдану Недићу, редовном професору на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, на пруженој стручној помоћи, саветима и сугестијама, као и на избору веома занимљиве теме за мој мастер рад.

У Крагујевцу, октобар 2018. године

Милан Богдановић

1. УВОД

Полимер је супстанца која се састоји од молекула велике молекулске масе, а који се састоје од понављајућих структурних јединица, мономера, повезаних ковалентним везама. (слика 1.1) [1].



Слика 1.1 Структурне формуле: а) Мера; б) Мономера; в) Полимера [1]

Пластичне масе су макромолекуларни спојеви који настају међусобним повезивањем ситних молекула неметала по неком правилу понављања (C, Cl, H, N, O и S). Назив пластичне масе потиче отуда што су у некој фази прераде оне биле деформабилне; код једних врста полимера деформабилност се стално задржава, а производи се могу рециклирати, док се код других деформабилност трајно губи при завршној преради (дуропласти) [1].

Вештачке (синтетичке) материје које имају аморфну макромолекуларну структуру чине велику групу конструкционих материјала који се једном речју називају полимерни материјали. Полазне сировине за производњу полимерних материјала могу бити минералног и органског порекла. Минералне сировине су нафта, угаљ и земни гас, од којих се најпре израђују основна хемијска једињења за даљу прераду. Ова се једињења различитим процесима преводе у полупроизводе који могу бити у облику гранула, праха, течности, смола, таблета. Даљи процеси прераде ових полупроизвода у финалне производе (ливењем или пресовањем) утичу не само на промену облика и структуре, већ такође и на промену хемијских веза које чине основу материје [1].

Израда предмета од пластичних маса има читав низ предности [2]:

- ✓ Ниска цена коштања,
- ✓ мала густина у односу на метале,
- ✓ лака израда делова, посебно производа сложене конфигурације,
- ✓ добра диелектрична својства,
- ✓ висока отпорност на киселине, растворе и друге агресивне средине,
- ✓ добра прозрачност и способност бојења,
- ✓ добра пригушујућа својства, односно висока отпорност на вибрације,
- ✓ добра својства апсорпције звука, односно добри су звучни изолатори,
- ✓ добре антифрикционе особине, а по потреби и добра фриксиона својства.

Недостаци пластичних маса су [2]:

- ✓ Ниска чврстоћа на повишеним температурама,
- ✓ смањење чврстоће у току дуготрајног оптерећења,
- ✓ кратак век трајања.

Велике количине употребљених пластичних маса стварају и велике количине отпада, па се иако незамењиве у савременом друштву, сматрају једним од великих еколошких загађивача и проблема данашњице. Задњих година је забележен знатан раст цена сировина и енергије на светском тржишту, поштрени су законски захтеви за рециклажом, посебно у подручју амбалаже, што указује на све присутније активности на развоју и примени рециклажних технологија.

Један од битних генератора отпада од пластичних маса представљају домаћинства. Овај отпад сачињава око 7% укупног отпада просечног домаћинства при чему густа пластика заузима око 4% укупног отпада, а остатак од 3% заузима танка пластика у виду разних фолија и кеса. Можда овај податак не изгледа као забрињавајућ, али на основу неких истраживања подаци говоре да око 56% свог пластичног отпада је амбалажног порекла, а чак 3/4 тог отпада потиче из домаћинства. Такође, занимљив је и податак да само 7% укупног отпада од пластичних маса потиче од рециклиране, што је недопустиво низак проценат [4].

Рециклажа пластичних маса има предности које се огледају у следећем:

- чување необновљивих фосилних горива (при производњи пластичних маса троши се око 8% светске годишње производње нафте),
- смањење потрошње енергије и сировина,
- смањење количине неразградивог отпада на депонијама,
- смањење емисије угљен-диоксида, азот-оксида и сумпор-диоксида, и тиме очување и унапређење еколошких услова живота.

Ипак, највећи део пластичних маса који се рециклира је индустријски отпад, настао при непосредној производњи делова од полимера. Овај отпад се релативно лако и економично рециклира, а његов извор је сигуран и константан и, што је веома битно, овакав материјал је неконтаминиран. Поступак добијања оваквог материјала је изузетно ефикасан (95%), а обично се сам процес назива прерађивање, а ређе рециклажа.

Домаћинства представљају највећи извор контаминираних отпада од пластичних маса. Рециклажа овог отпада се сусреће са многим проблемима и изазовима. Највећи међу њима је сакупљање и селекција. Посебан велики проблем представља сакупљање релативно малих количина различитих врста са огромног броја извора, који је еквивалентан броју домаћинстава на одговарајућем региону или подручју. Могуће решење (или пак ублажавање овог проблема) је одвајање и разврставање пластичних маса од осталог отпада на самом његовом изворишту, увођењем специјалних

контејнера за више врста отпада у урбаним срединама и пословним објектима. Ипак, чак и са овако организовањим прикупљањем и сортирањем отпада од пластичних маса на извору, учинак у погледу прикупљених количина у односу на количину произведене и продате амбалаже је јако скроман (свега 5,5%) [5].

Сортирање је један од првих корака при рециклажи пластике. У неким случајевима је и обавезан корак нарочито када су постављени високи захтеви у погледу квалитета добијених рециклата. Сам процес сортирања може бити постављен на различите начине што првенствено зависи од врсте пластичног отпада који се рециклира. Сортирање може бити мануелно, аутоматско или што је можда и најбоље решење употреба оба поступка сортирања [5].

Значај сортирања је утолико већи јер је процес рециклаже често лимитиран и компатибилношћу разних пластичних маса када су они помешани међусобно, као и чињеницом да присуство, чак и у веома малом проценту, одређених полимера једних са другим могу битно утицати на промену карактеристика тих полимера, што се одражава и на крајње продукте рециклаже.

Такође, један од проблема рециклаже представља и разноврсност истородних полимерних материјала по боји, што углавном доводи до нежељене сиве боје добијених рециклата.

Исто тако, значајан проблем код многих полимерних материјала намењених рециклажи представља деградација одређених карактеристика услед дуготрајне употребе, што је често последица изложености повишеним температурама, УВ зрачењу, оксидацији, агресивним срединама и сл.

Мануелно сортирање пластике се састоји у идентификацији различитих материјала од стране радника са "тренираним оком" док материјали пролазе поред њих на транспортним тракама. При томе се материјали идентификују по својим ознакама утиснутим на самом производу или пак према одређеним карактеристикама посебним за сваки пластични материјал тако да се може рећи да мануелно сортирање представља сортирање пластичних материјала према визуелној идентификацији. Технике мануелног сортирања се углавном користе када су количине пластичних компонената довољно велике да би оправдале време и труд који се при томе утроше а често су скупе и могу представљати лоше радно окружење [5, 6].

При аутоматском сортирању најчешће се користи инфра-црвено или X зрачење. Применом ИС зрачења могуће је препознати све типове пластичних маса (PS, PVC, PET итд.) док се X зрачењем може детектовати и издвојити само PVC што је веома битно јер PVC-а има лоше међудејство са другим типовима пластичних маса. Већина произвођача ИС детектора гарантује квалитет сортирања приближно 96%, што у зависности од почетног нивоа контаминације пластичног отпада захтева инсталирање још једне, две или више ИС детектора. То веома поскупљује процес сортирања. Детектори на бази X-зрака гарантују 99%-но издвајање PVC-а, с тим да проблем представља издвајање осталих типова пластичних маса. Могуће решење представља

примена по једног детектора са IС и Х зрацима, као и њихово комбиновање са мануелним сортирањем. При томе треба обратити пажњу на економску исплативост [5, 6].

У овом раду тежиште ће бити стављено на изучавање рециклаже пластичних маса, тј. главни део биће аутоматско сортирање пластичних маса приликом рециклаже истих и биће практично приказано кроз бизнис план оснивање предузећа за рециклажу пластичних маса.

2. ПЛАСТИЧНЕ МАСЕ

Пластичним масама називамо оне материје у широком спектру синтетичких или полусинтетичких чврстих органских једињења које се користе за производњу индустријских производа разне намене. Пластичне масе су материјали код којих је основна компонента полимер. Термин полимер (настао од грчког предлога поли - много и именице мерос - део) је синоним за макромолекулска једињења. Развојем хемијске индустрије последњих деценија, дошло је до изузетно брзог и значајног продора њихове примене у машинству [3, 5].

Реч пластика води порекло од изведене грчке речи *πλαστικός* (пластикос), што значи способан да се обликује или излије, која опет потиче од грче речи *πλαστός* (пластос), што значи изливен, а што асоцира на обрадивост или пластичност пластичних маса при производњи, што им омогућава да буду ливене, пресоване или екструдиране у разне облике попут филмова, влакана, табли, цеви, боца, кутија, разних контејнера и још много тога [5].

Првим писаним документима о настанку и примени полимерних материјала могу се сматрати извештаји из 1843. године малајског хирурга др Монтгомерија, у којима износи да Малајци користе гутанерку (коагулисани латекс из неких малајских дрвећа) за прављење дршки ножева и за друге практичне предмете.

Хемијска влакна се први пут срећу у старој Кини, где се свила добијала на вештачки начин, цеђењем секрета из свилених буба, који се састојао од смеше два протеина: фиброина и серицина. Развој машинске технологије полимерних влакана је започео тек почетком 20 века, а термин полимер први је увео Барцелијус.

Године 1909. др Лео Хендрик Бекеланд је успео после многобројних покушаја да добије контролисану реакцију између фенола и формалдехида. Материјал који је тада добијен назван је бакелит по свом проналазачу. То је била прва синтетичка смола и тај проналазак је представљао почетак индустрије синтетичких пластичних материјала [5].

Врло брзо после бакелита уследило је добијање и других полимерних материјала. 1913. године поливинилхлорид (ПВЦ) је патентиран од стране Фридрих Клатте-а, а по завршетку Првог светског рата и унапређењима у хемијској технологији долази се до открића полистирена (ПС), а 1930. године и полиамида (ПА) познатог и као најлон.

Али тек када су Fawcett и Giwbosn у Енглеској пронашли полиетилен (ПЕ), настала је права мала револуција у индустрији паковања. Упоредо са експерименталним истраживањима у индустрији, текао је и рад из области експерименталне и теоријске физике и хемије, тако да су откривене многе нове технологије за добијање потпуно нових материјала, као и проширење примене већ постојећих. Низом експерименталних метода омогућено је да се макромолекули "виде" и на тај начин учине могућим за изучавање динамике полимерних система [5].

Захваљујући могућности испуњења најразличитијих захтева, пластичне масе налазе примену у практично свим областима људског живота, па зато са сигурношћу можемо тврдити да представљају најважније техничке материјале савременог 21. века. Пластичне масе се могу користити у различитим подручјима примене и у томе надмашују све остале материјале.

Пластичне масе имају веома разноврсну структуру што представља основни проблем при анализи утицаја полазних сировина и технолошких параметара на њихове карактеристике. Да би се ови утицаји одредили, потребно је познавање хемијских, механичких, термичких, електричних и других својстава пластичних маса, што подразумева обимна истраживања као и усавршавање метода за истраживања.

Неки проблеми у вези са избором погодног пластичног материјала за одређену примену могу се уочити и ако се узму у обзир њихове предности и недостаци.

Израда предмета од пластичних маса има читав низ предности:

- ниска цена коштања,
- мала густина у односу на метале,
- лака израда делова, посебно производа сложене конфигурације, као и висока продуктивност при њиховој изради,
- добра диелектрична својства, због чега налазе примену као добри електро-изолатори,
- висока отпорност на киселине, растворе и друге агресивне средине,
- добра прозрачност и способност бојења,
- добра пригушујућа својства, односно висока отпорност на вибрације, због чега се користе као добри изолатори вибрација,
- добра својства апсорпције звука, односно добри су звучни изолатори,
- добре антифрикционе особине, а по потреби и добра фриктиона својства.

Недостаци пластичних маса су:

- ниска чврстоћа на повишеним температурама,
- смањење чврстоће у току дуготрајног оптерећења,
- краatak век трајања, што је у директној вези са процесом старења под утицајем светлости, топлоте, влаге и кисеоника.

Због бројних предности, пластичне масе не само да су нашле нове примене, већ су у великој мери почеле замењивати традиционалне материјале и постепено их потискивати са тржишта. Данас вероватно нисмо ни свесни свеprisутности пластичних маса, а живот без њих би био и незамислив обзиром на њихову широку примену у аутомобилској, авио и космичкој индустрији, грађевинарству, индустрији намештаја и покућства, војној индустрији, електротехници и информатици, телекомуникацијама, медицини, прехранбеној индустрији, индустрији амбалаже, спорту... Пластика је заувек и из темеља променила људски живот.

Једномолекуларна једињења - мономери имају својство да се под одређеним условима (одговарајућој температури и притиску) у присуству катализатора, спајају у макромолекуларна једињења која се називају полимери.

Разликују се природни полимери, који су саставни део биљака и животиња, нпр. целулоза, скроб, беланчевине, каучук као и једињења у облику силицијум диоксида и др., и синтетички полимери добијени хемијском прерадом и синтезом нискомолекуларних једињења (мономера).

Синтетички полимери се добијају синтезом мономера, а основне методе су: полимеризација, поликондензација и полиадиција.

Полимеризација је стварање макромолекула спајањем мономера без издвајања споредних продуката и регруписавања атома у молекулу. Процес полимеризације се не сме прекидати јер се не може на исти начин и наставити.

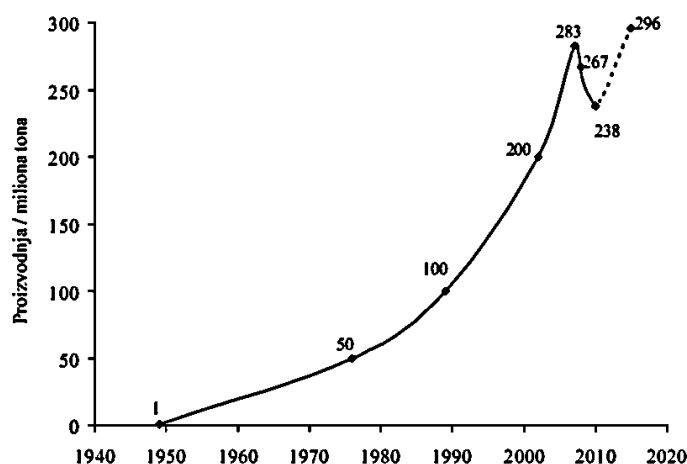
Посебан случај синтезе је полимеризација различитих мономера која се назива кополимеризација, при којој се стварају макромолекули састављени од основног састојка који се у полимеру углавном правилно понављају. Својства добијеног полимера се битно разликују од својстава компоненти (мономера), или од својстава њихове смеше.

Поликондензација је метода синтезе већег броја мономера у макромолекуле, уз издвајање споредних продуката, најчешће воде, амонијака и др. Синтеза при поликондензацији се може изводити ступњевито, па и са прекидима, који се могу у одређеним условима и наставити.

Полиадиција је метод синтезе која се одликује одсуством издвајања споредних продуката и могућношћу извођења у ступњевима, што указује да је то метода синтезе која се налази између полимеризације и поликондензације.



Слика 2.1 Разнолика примена пластичних маса [6]



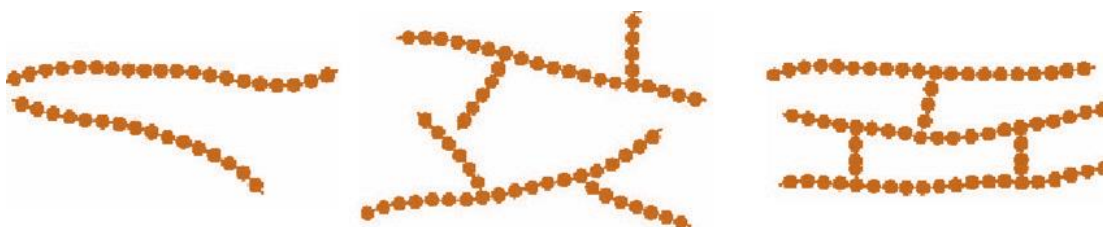
Слика 2.2 Раст светске производње полимера [2]

2.1 Структура и састав полимера

Као што је већ у уводном делу поменуто, макромолекуларни полимери добијају се од простих молекула – мономера, њиховим вишеструким понављањем када долази до формирања ланаца. Тако добијен издужен ланчасти молекул назива се полимер.

Полимери према структури својих полимерних ланаца могу бити, слика 2.3:

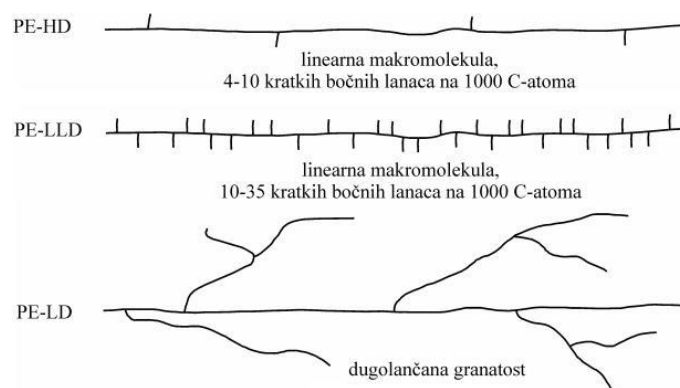
- линеарни,
- разгранати и
- мрежасти.



Слика 2.3 Шематски приказ могућих структура полимера [1, 2]

Линеарни полимери су полимери у облику нити или ланца, а јављају се у облику опружне или клупчасте структуре и они се као и разгранати полимери могу под утицајем топлоте и притиска растопити и на тај начин даље обликовати, што је особина термопласта.

Разгранати полимери се састоје од ланаца који на мањој или већој удаљености имају бочне гране истог хемијског састава као и главни полимерни ланац. Ако су бочни ланци релативно кратки у поређењу са главним, макромолекул задржава већину својстава линеарног макромолекула. Та сличност се губи с великом дужином бочних ланаца и појавом њиховог преплитања, што је показано на примеру три различите врсте полиетилена (слика 2.4) [2, 7].

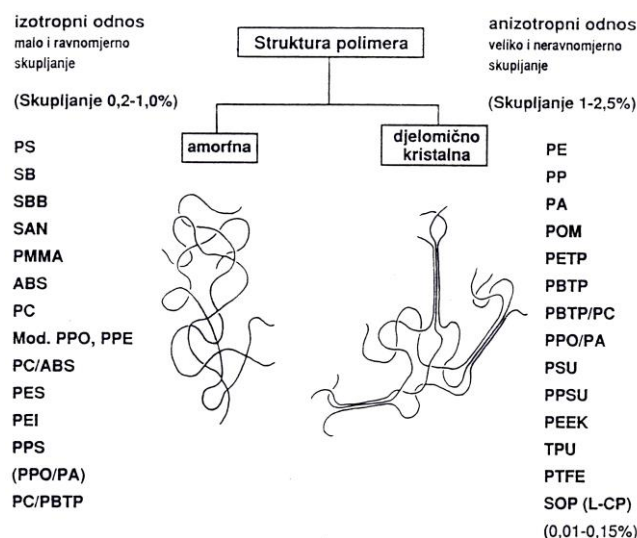


Слика 2.4 Подела према броју редова котрљајних тела [7]

Распоред и величина бочних ланаца одређују својства макромолекула. Краћи бочни ланци дају већу сређеност структуре (молекули су гушће "паковани"), што резултира већом густином и већим степеном кристалности (ПЕ-ХД). Назив полиетилен ниске густине (ПЕ-ЛД) указује на већу разгранатост ланаца него у линеарном полиетилену ниске густине (ПЕ-ЛЛД) и на присутност бочних ланаца променљиве дужине, што омета кристалност, а поспешује аморфност полимера [6].

Умрежени полимери се састоје од комбинације линеарних и разгранатих полимерних ланаца који су међусобно умрежени у дводимензионалну или тродимензионалну структуру. Они се лако обрађују тако да су идеални за класичне поступке прераде. Умреженој групи полимера припадају дуроласти, што значи да се не могу поново топити, а да се њихово првобитно умрежавање врши загревањем.

Структура полимера у основи може бити аморфна и делимично кристална (слика 2.5) при чему се полимери са аморфном структуром веома мало скупљају и имају тврду површину и изражену кртост. За разлику од њих полимери са кристалном или делимично кристалном структуром се доста скупљају, њихово скупљање је неравномерно и, ако нису накнадно ојачани, врло су мекани и флексибилни.



Слика 2.5 Структура полимера [5]

Пластичне масе, у највећем броју случајева, се састоје из полимера - синтетичких смола као основних компоненти и у мањем или већем обиму додатних материјала као што су пластификатори, пунила, боје, а понекад и мазива,

стабилизатори и очвршћивачи. Такође, пластична маса може бити састављена само из полимера.

Пластификатори (омекшивачи), су органска једињења, хемијски активна, која се понекад додају у великим количинама у циљу повећања пластичности производа. То су материје у којима се полимери растварају, односно набубре, што изазива промену њихових својстава, првенствено повећање еластичности на рачун затезне чврстоће и тврдоће, као и измену неких физичко-хемијских својстава, у првом реду снижења температуре топљења. По хемијском саставу пластификатори су сложена органска једињења, нпр. камфор, трикрезол сулфат, трибутил фосфат и др., а према агрегатном стању су најчешће уљасте течности високе температуре кључања, али могу бити и у чврстом стању, слично воску и каучуку [4].

Пунила су неутралне хемијске супстанце које се додају пластичним масама у циљу постизања жељених особина и то, како ради побољшања механичких својстава, тако и због смањења цене коштања пластичних маса.

С обзиром на облик, пуниоци могу бити:

- прашкасти – метални прах, графит, чађ, лискун, камено и дрвено брашно и кварцни песак,
- влакнасти – металне жице и влакна: стаклена, азбестна, синтетичка, памучна,
- лиснати – фолије (или металне мреже) и тканине: стакласте, синтетичке, памучне, папир.

Неорганска пунила утичу на измену одређених својстава, нпр. електро и топлотна проводност, када се маси додаје метални прах, односно ако се желе добра изолациона својства додаје се лискун и азбест..

Органска пунила делују првенствено као очвршћивачи. Као пунило користе се дрвено брашно, текстилна влакна, чађ (у великој мери повећава својства јачине каучука), стаклена вуна, док рецимо графит повећава отпорност на хабање и др.

Боје (или пигменти) додају се пластичним масама према потреби, а задатак им је да, осим обојености масе у жељену нијансу, утичу и на хемијску и термичку стабилност.

Стабилизатори су супстанце које обезбеђују трајност пластичним масама у случају дејства спољашњих чинилаца као што су температура, видљиво или ултраљубичасто зрачење итд. Нпр. чађ заштићује ПЕ од утицаја ултраљубичастиг зрачења; заштита ПВЦ од дејства повишених температура и ултраљубичастиг зрачења постиже се сапуном, органским једињењима калаја или тешких метала.

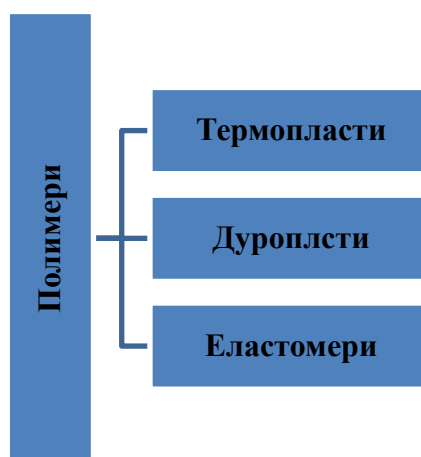
За време прераде вештачких материјала на повишеним температурама наступа фаза када је маса термопластична, жилава и вискозна, па се лепи и развлачи по металној површини машине и алата за прераду. Да се то спречи и побољша пластификација, а тиме прерада олакша, додају се средства за подмазивање. То су воскови веће молекулске тежине или земно алкалне соли више масних киселина (парафин, стеарин и калцијум–стеарат). Њихов задатак је да повећају моћ течења масе и олакшају њен

транспорт кроз машину. Средства треба да буду отпорна на температуре, постојане према светлу, да не погоршавају механичке особине производа.

За време прераде, стајању на ваздуху или при кретању пластичне масе се електростатички наелектришу јер им површина привлачи супротно наелектрисане честице прашине из ваздуха. Да би се ово спречило или умањило, при преради се додају средства за спречавање појаве статичког електрицитета, тзв. антистатици. У принципу се одвођење статичког електрицитета постиже формирањем танког филма воде на површини вештачких материјала, која одводи електрицитет. Прва средства која су се употребљавала била су хидроскопне материје, као што су глицерин и етиленгликол заједно са површински активним једињењима. Данас се употребљавају посебни препарати чији састав у већини случајева представља тајну произвођача [4, 5].

2.2 Класификација пластичних маса

Основна подела полимерних материјала дата је на слици 2.6.



Слика 2.6 Подела полимерних материјала [1, 2]

У зависности од понашања на повишеним температурама пластичне масе се деле на:

1. Термопластичне пластичне масе или термопласте, и
2. Термореактивне пластичне масе или дуропласте.

Термопластичне пластичне масе или термопласти. Могу под дејством притиска и температуре неограничено мењати свој облик. При загревању омекшавају и постају пластични, а при поновном хлађењу се враћају у првобитно стање. Термопласти се могу подвргавати вишестепеном загревању (максимално до температуре растапања) и хлађењу без значајних промена особина. Ове пластичне масе углавном не садрже пунила, осим средстава за бојење и пластификатора којим се постиже измена својстава чврстоће.

Основне одлике термопластичних пластичних маса су:

- осетан утицај повишене температуре на својства чврстоће,
- оптичка провидност код многих пластичних маса је висока,
- могућност бојења углавном неограничена,

- ниска цена обликовања за велике серије, а отпаци се могу поново употребити,
- могу се неограничено обликовати и
- могу се спајати на топло али углавном са лепљивим раствором.

Термореактивне пластичне масе или duroпласти. Имају ограничену способност промене облика под дејством температуре и притиска. Када се једном загреју до одређене темпертуре очвршћавају услед структурних промена и прелазе у нерастворљиво стање, а поновним загревањем не омекшавају (зато су познате и као термостабилне). Ове пластичне масе скоро увек садрже пунила, очвршћиваче и стабилизаторе са циљем да се побољшају својства садржане смоле путем хемијских реакција.

Основне одлике термореактивних пластичних маса су:

- повећана температура нема велики утицај на механичка својства,
- ниска оптичка проводљивост,
- могућност бојења ограничена,
- висока цена обликовања, а отпатци се не могу поново користити, и
- неспојиви су на топло и нелепљиви са растворима.

Пластичне масе су појам који се користи као збирни термин за термопласте и duroпласте, односно полупрерађевине и прерађевине, а између ове две идеализоване структурне групе постоји читав низ варијетета, што омогућава и велике варијације технолошког понашања.

Анализа пластичних маса изводи се праћењем општих карактеристика, начина обликовања, додатних материја као и њихов задатак, а најзначајнија класификација пластичних маса је према главним хемијским фамилијама и према њиховој природи.

Све пластичне масе, узимајући за основу примењену смолу, се деле на више основних група према табели 2.1.

Табела 2.1 Подела пластичних маса према основним групама [4]

Врста пластичне масе	Хемијска природа	Врста пластичне масе	Хемијска природа
Термопластичне пластичне масе	Полиетилени	Термореактивне пластичне масе	Феноли
	Полипропилени		Аминопласти
	Поливинилхлориди		Епоксидне смоле
	Полистироли		Полиестери *
	Полиамиди		Урелици
	Полиформалдехиди	Напомена:	* Припадају и једној и другој групи
	Поликарбонати		
	Целулозе		

	Метакрили	пластичних маса.
	Политетрафлуоретилени	
	Ацетати	

Својства пластичних маса зависе од степена полимеризације и структуре молекула полимера и од количине, квалитета и облика пунила и других додатака који су при том различити за сваку врсту пластике.

Испитивања пластичних маса, која се изводе у циљу утврђивања својстава и оцене квалитета, могу се поделити на испитивања физичких, термичких, механичких и хемијских својстава. Важно је пре испитивања пластичних маса извести њихово кондиционирање или стабилизацију.

У табели 2.2 приказане су ознаке пластичних маса.

Табела 2.2 Символи пластичних маса [4, 6]

Симбол	Значење
	Polietilen Tereftalat (PET ili PETE) – (eng. <i>polyethylene terephthalate</i>) Најраширенија врста, користи се углавном за полиестерска влакна, боце за воду, газирани сокове и друге напитке, посуде за прехранбене производе, осталу амбалажу.
	Polietilen visoke gustine (HDPE) – (eng. <i>high-density polyethylene</i>) Користи се за боце за млеко, јогурт, сокове, воду, детерџенте и друге хемијске препарате, кесе за трговину, канте за смеће, цеви у пољопривреди, пластични грађевински материјал ...
	Polivinil Hlorid (PVC ili V) – (eng. <i>polyvinyl chloride</i>) Користи се за цеви, ограде, боце за детерџенте, шампоне и друге хемијске препарате, каблове, столарију и други грађевински материјал ...
	Polietilen niske gustine (LDPE) – (eng. <i>low-density polyethylene</i>) Користи се за флексибилне боце (за мед, сенф и сл.), кесе за хлеб, кесе за смрзнуту храну, посуде за храну и разна лабораторијска опрема...
	Polipropilen (PP) – (eng. <i>polypropylene</i>) Користи се за боце за јогурт, сирупе, кечап, медицинске боце, затвараче за боце, посуде за микроталасне пећи, ауто делове, индустријска влакна, ...
	Polistiren (PS) – (eng. <i>polystyrene</i>) Користи се за чвршћу амбалажу, тањире, чаше, кутије за лекове, канцеларијски прибор, играчке, видео касете и кућишта, изолационе табле од пене или као ситан пенасти амбалажни материјал за паковање производа...
	Остало (Пластична амбалажа и други производи претходно не поменути (најчешће су то поликарбонати и АБС).

Својства пластичних маса можемо поделити на:

- ✓ Физичка својства: густина, масени проток, скупљање, упијање воде, мутноћа и светлосна пропустљивост.
- ✓ Механичка својства: затезна чврстоћа, чврстоћа на притисак, савојна чврстоћа, отпорност на удар, пузање материјала, тврдоћа, динамичка чврстоћа и трење.
- ✓ Термичка својства: специфична топлота, топлотна продорност, топлотна проводљивост, температура проводљивости и температура постојаности облика.
- ✓ Електрична својства: површински електрични отпор, запремински електрични отпор, диелектрична чврстоћа и диелектрична константа
- ✓ Оптичка својства: отпорност на светло и индекс преламања светлости.

Пластичне масе у многоне зависне од температуре и механичких напрезања, него други материјали. Зато се за пластику, нарочито за оне врсте које се употребљавају у техничке сврхе, морају познавати својства у зависности од услова примене (нпр. чврстоћа на истезање, која се добија као измерена вредност у лабораторији, при одређеној температури, влажности, брзини оптерећења, типу уређаја за испитивање, облику узорка, његовој примени у условима експлоатације и другим факторима).

Нека механичка својства пластичних маса су нижа од својстава метала и других материјала, међутим, она се могу побољшати ојачавањем полимера разним пунилима.

Затезна чврстоћа пластичних маса креће се од 100-200 daN/cm², а путем ојачања чак и до 650 daN/cm². То није посебно висок ниво чврстоће, али ако се узме у односу на густину, доводи до знатне примене пластичних маса. Притисна и савојна чврстоћа имају завидан ниво. Издужење пластичних маса при затезању показује знаке високе еластичности.

Метали су добри проводници електрицитета, а пластичне масе су веома добри електроизолатори. Недостатак пластичних маса као изолатора је тај да услед високог површинског отпора ствара статички електрицитет, што се уклања посебном обрадом површине.

Термичка својства указују на ниску температуру примене, као и смањење чврстоће на повишеним температурама, а супротно на ниским температурама изазивају кртост.

На стабилност димензија предмета обраде утичу како температура експлоатације тако и апсорпција течности. Коефицијент ширења пластичних маса је и до 10 пута већи од метала, што се при конструкцији предмета обраде мора водити рачуна.

Пластичне масе су подложне старењу, које се огледа у погоршању механичких и физичких својстава, што је врло негативно.

У даљем делу овог рада помињаће се конкретна својства неких пластичних маса чији се поступци рециклаже и описују, а праћењем истих својстава се обезбеђује успешан процес рециклаже.

2.3 Разградива пластика

Постоје два типа разградиве пластике. Први тип јесте био-разградива пластика чија основа садржи мали проценат материјала који није нафтног порекла, као што је

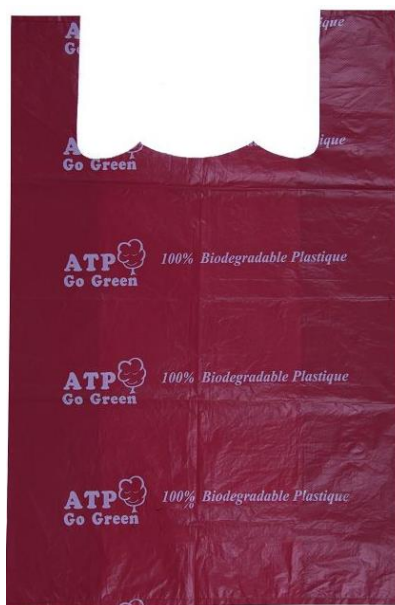
кукурузни скроб. Други тип је фоторазградива пластика која се распада када бива изложена сунчевим зрацима [4].

Разградива пластика се успешно користи у Аустрији и Шведској, где се у Мц Доналд`с-овим ресторанима користи као прибор за јело. То омогућава да се сав отпад сакупи заједно. Такође носачи за паковање пива у лименци праве се од пластике која је фоторазградива у периоду од шест недеља. Постоји могућност коришћења овакве врсте пластике за компоненте и у другим индустријама као што су производња компјутера, или аутомобила.

Све више компанија данас користи разградиву пластику. Међутим, ова пластика се разграђује само под одређеним условима. На пример, производи од фоторазградиве пластике се неће разградити уколико се одложе на депонијама а да притом нису изложени сунчевој светлости. Једна од њихових особина је да производе и појачавају тзв. „ефекат стаклене баште“, јер испуштају метан у атмосферу приликом разградње. Уколико дође до мешања разградиве и неразградиве пластике настају проблеми при њиховом сортирању у рециклажним центрима. Могућа опасност при одбацивању разградиве пластике је и свест људи да ће она нестати сама од себе, што би могло довести до нагомилавања великих количина отпада, па је потребна едукација и информисање становништва о овој врсти пластике [4].

Бројни произвођачи се труде да пронађу алтернативу пластици при чијој изради се неће користити необновљива фосилна горива. Алтернативу пружа био-пластика чији су полимери сачињени од шећерних биљака као и од пластике добијене од генетски модификованих биљака или микроорганизама. Брига за здравље и сигурност, као и све већи захтеви потрошача су довели до захтева да се потенцијално опасни адитиви у пластици замене пластиком биљног порекла. Пример је највећи светски произвођач играчака „Маттел“ који је објавио још 1999. године да ће ПВЦ пластику заменити пластиком биљног порекла у свим својим новим производима.

На слици 2.7 прикаазн је биоразградива кеса.



Слика 2.7 Биоразградива кеса [6]

3. РЕЦИКЛАЖА

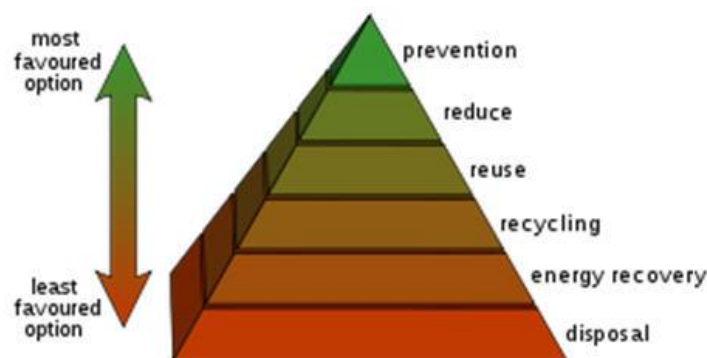
Термин рециклирање потиче од енглеске речи recycle (re + cycle = поновно кружење или цикличност), којом се одражава сама суштина овог процеса. Сакупљање отпада, прерада и његова поновна употреба су три основне карике ланца циклуса рециклаже. Рециклирање је процес у коме се материјали, који су иначе намењени одлагању на отпад, издвајају из тока генералног отпада. Ти материјали, пошто су послужили својој првобитној сврси, прерађују се јер још увек поседују корисна физичка, хемијска, енергетска или нека друга својства. Данас материјали који се рециклирају (познати и као секундарне сировине) укључују многе врсте стакла, папира, метала, пластике, текстила и електронике. Рециклирање подразумева сакупљање, издвајање, прераду отпадног материјала и израду нових производа из тако прерађених сировина или материјала. Не ретко, ти производи могу бити потпуно другачијег облика и намене од првобитног. Веома је важно најпре разврстати отпад према врсти материјала, јер се на тај начин многе отпадне материје могу ефикасније рециклирати и поново искористити, а тако се битно смањују и трошкови рециклирања и цена крајњег рециклираног материјала – рециклата [4, 5, 6].

Поред поступка смањења количине отпада на његовом извору, рециклажа представља приоритетан метод у управљању чврстим отпадом којим се умањује количина отпада намењеног за одлагање.

Симбол за рециклажу дизајнирао је још далеке 1970. године Гару Андерсон, студент Универзитета у Лос Анђелесу као победник на Интернационалној конференцији за дизајн. Симбол представља Мобиусову петљу са три стрелице у облику троугла заобљених углова, које су повратно пресавијене и надовезују се једна на другу, што симболише цикличност, односно, свака стрелица представља по једну фазу тзв. 3Р концепта (слика 3.2).

3Р концепт се састоји из следећих фаза или нивоа у хијерархији пожељног управљања отпадом: Reduce (значи редуковање смањењем куповине и/или потрошње), Reuse (поновна употреба приозвода у исте сврхе) и Recycle (сортирати и прерадити у нове производе).

У Европи овај концепт има чак 5 нивоа у хијерархији пожељног управљања отпадом (5Р), који обухвата и претходни 3Р: prevention (превенција настанка отпада), reduce, reuse, recycle, energy recovery (енергетски опоравак спаљивањем). Они сачињавају пирамиду од најпожељнијег до потпуно непожељног (крајњег) сценарија управљања отпадом, који представља disposal (одлагање отпада), (слика 3.1).



Слика 3.1 Хијерархија управљања отпадом [4, 6]

Рециклирањем се омогућују бројне предности:

- значајне уштеде природних ресурса (нарочито необновљивих) кроз смањење потреба за примарним сировинама,
- уштеда скупе и драгоцене енергије, јер коришћење прерађених материјала у сврху производње нових обично захтева мање енергије него што је то случај у производњи са примарним материјалом или сировинама,
- унапређење аспекта заштите животне средине од загађења услед токсичних продуката (материја и гасова) који се производњом емитују у околину, и
- смањују се укупне количине отпада на депонијама, чиме се предупредује његово нагомилавање.

Симбол 3Р се најчешће користи као симбол за фазу рециклаже (слика 3.2), није заштићен и користи се на разне начине и у разним варијацијама, али генерално се може рећи да може означавати:

- Рециклирајуће – на производима од материјала који се могу рециклирати,
- Рециклирано – на производима који већ садрже рециклиране материјале.



Слика 3.2 Симбол рециклаже [4]

Интернационални стандард за дефинисање захтева према животној средини на производима или амбалажи је дат у стандарду ISO 14021. Неке од основних ознака дефинисаних тим стандардом можемо видети у табели 3.1.

Табела 3.1 Врсте симбола за рециклажу [4, 6]

Симбол	Значење
	Рециклирајуће – Ови симболи представљају две варијације оригиналног симбола. Горњи симбол је прихваћен као универзални симбол, док је доњи његова модификација у смислу боље видљивости при штампи у мањем формату. Оваквим симболом се означавају производи који се могу рециклирати ако је локална заједница обезбедила одговарајуће услове за прикупљање и селекцију отпадака.
	Рециклирано – Ови симболи се налазе на производима или амбалажи који су израђени од рециклираног материјала. Најчешће су то папирни или картонски производи. Често се у центру симбола налази и ознака о процентуалном учешћу рециклираног материјала у производу. Доњи симбол се углавном користи када је производ делимично израђен од рециклираног материјала.
	На основу оригиналног симбола изведен је генерички симбол за означавање рециклаже, при чему се симболу додају специфичне ознаке и акроними материјала од кога су израђени, нпр: steel – од челика, alu – од алуминијума, итд.

3.1 Историјски преглед рециклаже

Рециклирањем се људи баве откад и знају за себе, па оно само по себи није производ савременог доба, каквим га многи сматрају. Рециклирање је присутно у свакодневном животу људи већ хиљадама година уназад. И не само људи. Природа саму себе рециклира кроз „прераду“ одумрлог биљног и животињског света од њеног постанка, па можемо закључити да је рециклирање старо колико и живот на Земљи [4].

Намеће се питање зашто рециклирати? Углавном зато јер је то само по себи јако паметно и рентабилно. Чак су и први људи схватили да није паметно бацати ствари које се могу поново за нешто искористити.

Неки од битнијих момената у историји са становишта рециклаже би могли бити следећи [4]:

- Пре 65 милиона година Диносауруси изумиру и доспевају у земљу где се распадају под сложеним условима притиска и температуре рециклирајући се у нафту или земни гас. Милионе година касније људи буше земљу и ваде ове јако вредне енергенте.
- 10.000 год. ПНЕ: први људи ловци користе дрво као материјал за прављење оруђа и оружја, а затим то исто чине од костију тако уловљених животиња. Са настанком првих људских насеља почињу и први проблеми са отпадом.
- 2.000 год. ПНЕ: у Кини људи схватају значај ђубрива па користе пепео биљног и животињског порекла да обogaћују обрадиво земљиште.
- 500. год. ПНЕ: У Атини је основано прво комунално одлагалиште. Сенат доноси одлуку да се сво смеће мора одвозити барем 1 км изван градских зидина.
- 200. год. Римљани су основали прво градско комунално подuzeће. Тимови од по два човека су ишли улицама, сакупљали ђубре и одвозили га колицима.
- 1031. год. У Јапану је забележено прво рециклирање папира. Сви стари папири и документи се рециклирају и нови папир се продаје у трговинама.
- 1388. год. Енглески Парламент забрањује бацање отпада у јарке и реке.
- 1690. год. Rittenhouse породица оснива прву фабрику за рециклажу папира на обали Wissahickon залива близу Филаделфије.
- 1776. год. Америчка револуција. Побуњеници рециклирају метале свих врста: сакупљају се ланци са старих бродова, лонци, алати, чак и споменици за претапање у оружје и муницију.
- 1801. год. Саграђен први млин за производњу папира од материјала који није памук или готово платно.
- 1865. год. Утемељена је војска спаса која се бави рециклирањем свега што се у то доба могло рециклирати.

- 1869. год. Прва комерцијална пластика, звана целулоза, је развијена од стране малог привредника који је одговорио на оглас снабдевача опреме за билијар за награду оном ко направи материјал као одговарајућу замену за слонову кост
- 1874. год. Прво организовано спаљивање сакупљеног отпада започиње у Нотингему у Енглеској.
- 1885. год. Прво постројење у Америци за спаљивање отпада саграђено је на Governors острву у New York луци.
- 1895. год. Постављен први повереник за градску чистоћу New York–а. Он уводи систем разврставања отпада ради каснијег лакшег рециклирања.
- 1897. год. Први рециклажни цетар је основан у New York–у.
- I Светски рат. У Америци је пробуђена свест о рециклирању. Стари папир постаје вредност и по први пут цела држава је укључена у програм рециклирања.
- 1939. до 1945. год. II Светски рат. Хиљаде тона материјала је рециклирано у Америци. Тадашња реторика је гласила: “Ако имате само килограм отпадног материјала, а не рециклирате га, помажете непријатељу”. Милиони људи доносили су на места рециклирања све искористиво, “од игле до аутомобила”.
- 1965. год. Федерална влада САД схвата да је ђубре постало велики проблем и прописује Акт о руковођењу чврстим отпадом. Ово је позив за да се пронађу бољи начини руковођења отпадом.
- 1968. год. Алуминијумска индустрија започиње рециклажу бачених производа од алуминијума, од конзерви за пића до ролетни за прозоре.
- 22. априла 1970. год. одржан је први Дан планете Земље.
- 1970. год. Оснива се ЕПА (Агенција за заштиту животне средине).
- 1972. год. у Америци донет закон по коме се додатно плаћају пића у лименкама и боцама, док се при повраћају та иста амбалажа уновчава на местима за рециклирање.
- 1972. год. Први откупни центар за рециклиране ствари је отворен у држави Вашингтон. Прихватају се боце од пива, алуминијумске конзерве и новине.
- 1974. год. Прва широка употреба уличних контејнера за рециклирање догађа се у University City, Missouri, за сакупљање новина.
- 1988. год. Институт пластичних боца развија кодни систем идентификације материјала за произвођаче пластичних материјала.
- 1990. год. McDonald’s најављује планове да повуче из употребе паковања од стиропора због протеста потрошача.
- 1990. год. Coca-Cola и Пепси као највећи генератори PET амбалаже објављују да ће користити рециклирану PET боцу направљену од око 25% рециклиране пластике.

- 1995. год. је само у Америци рециклирано 47,5 милијарди боца и лименки.

Разлози због којих су људи почели да рециклирају мењали су се кроз векове. Рециклирало се најпре због потребе за преживљавањем, због одржавања одређеног нивоа чистоће, због недостатка материјала или једноставно због одржавања улица чистијим. Но, који год разлог био, евидентно је да су количине рециклираног материјала кроз историју стално расле.

Данас је рециклирање између осталог и велики извор новца и отварања нових радних места. У развијеним земљама људи су данас упућенији и схватају да ћемо брзином којом смо се до сада затрпавали отпадом убрзо доћи до стања потпуног претрпавања.

Један од битних услова који се Србији поставља за интеграцију у ЕУ је и увођење и спровођење рационалног управљања чврстим отпадом према европским директивама. Први корак ка том рационалном управљању отпадом у нашој земљи био је доношење концепта Националне стратегије, која треба да пружи избалансиране одговоре за уважавање локалне специфичности и материјалне могућности земље с једне, као и целокупне интересе региона и међународне заједнице, с друге стране.

Задаци и циљеви Националне стратегије су:

- ✓ Заокруживање интегралног процеса управљања отпадом свим токовима отпада, од примене рециклаже на месту настајања, рециклажних центара за сепарацију појединих корисних састојака, могућности њиховог пласмана до коначног одлагања нередициклабилног отпада,
- ✓ подстицање промене понашања свих субјеката у ланцу управљања отпадом (од грађана, комуналних предузећа, индустрије, локалних самоуправа, па до институција и извршних органа власти на националном нивоу) до постизања високих еколошких стандарда у овој области,
- ✓ утврђивање економски исплативог граничног капацитета инвестиција за изградњу одговарајућих санитарних депонија, рециклажних центара, постројења за индустријски третман отпада итд.,
- ✓ подршка пројектима базираним на регионалном принципу ради успостављања Регионалних центара за управљање отпадом као најефикаснијег начина решавања питања отпада,
- ✓ утврђивање и дефинисање и других облика третмана отпада.

Поред усвајања доста домаћих законских регулатива о управљању и преради чврстог отпада, међу којима су:

- ✓ Национални програм за заштиту животне средине,
- ✓ Закон о заштити природе,
- ✓ Закон о амбалажи и амбалажном отпаду.

Србија још увек није на нивоу развијених чланица ЕУ, а по неким подацима из извештаја о стању животне средине за њима заостаје најмање 20 година. Имајући у виду искуства Словеније и Словачке, које су при приступању ЕУ оставиле прелазне

периоде од 20 година да би се прилагодили њеним законима у управљању отпадом, не чуди процена да ће и Србији бити потребан отприлике исти толики период. Поготово ако се има у виду да је до само пар година огроман проценат рециклабилног отпада завршавао на депонијама, уместо да је искоришћен као извор нових сировина или енергије, што би посредно довело до отварања још неколико хиљада нових радних места.

Поражавајућа је чињеница да су се и многа индустријска предузећа односила немарно према свом отпаду не поштујући Закон о поступању са отпадним материјама из 1996.год. Због тога, проблем поприма и нову димензију, јер услед недовољно добрих мера у управљању отпадом и непостојања санитарних депонија, наше компаније често не могу да извозе своје производе на тржиште ЕУ јер не испуњавају основне услове о заштити животне средине.

Процењује се да се у Србији на годишњем нивоу генерише око 2,2 милиона тона отпада, од чега се према тренутним подацима прерађује око 10-13 %. У Србији постоје 254 предузећа за прераду отпада, од чега се највише сакупи и преради металиних материјала. Међутим, иако немамо довољно капацитета за прераду, ни постојећи се не користе у потпуности, јер се још увек не сакупља довољна количина секундарних сировина.

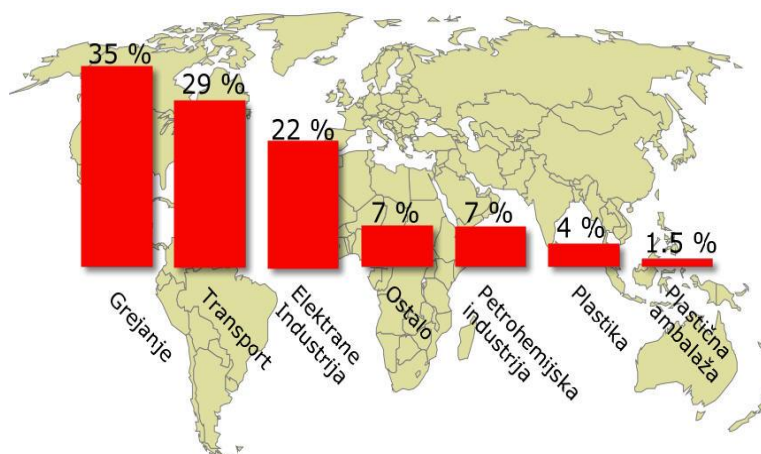
Нажалост, као и у већини земаља у транзицији, и код нас је питање отпада било у дугом низу година запостављено (процењени финансијски губици су услед тога јако велики), тако да је сада поред текућих проблема, потребно отклањати последице дугогодишњег немара, али истовремено и драстично убрзавање свих активности уколико не желимо да на еколошкој мапи Европе представљамо „црну тачку“.

Национална стратегија као примарни законски акт носи битну тежину поручујући да смо као држава сазрели по овом питању и да смо коначно решени да променимо досадашњу праксу и убудуће, препознајући и следећи праксу и стандарде ЕУ, много више пажње и напора посветити проблему решавања чврстог отпада, а многи напори се већ и сада улажу у том смеру са већ уочљивим резултатима.

3.2 Класификација поступака рециклаже

Првобитна намена органских синтетичких пластичних материјала, познатих под заједничким именом пластика, била је замена природних материјала чији је рок употребе био ограничен. Због велике разноликости својих својстава, нарочито трајности и чврстоће, као и флексибилности према новим захтевима који се постављају пред њима и повољном односу цена-својства, пластичне масе су нашле примену у свим аспектима људског живота, учинивши га лакшим и једноставнијим [4, 5].

Главне сировине за производњу пластике и гуме су нафта и земни гас, које спадају у ред необновљивих ресурса. За производњу пластичних маса троши се око 4 % укупне количине нафте, а однос вредности сировине и пластичних производа често је чак 1:200. Око 96% укупне количине нафте троши се у друге сврхе (слика 3.3), претежно сагоревањем уз релативно ниску искористивост, што се одражава на повећање емисије CO₂ и других штетних гасова који утичу на климатске промене изазивањем ефекта „стаклене баште“.

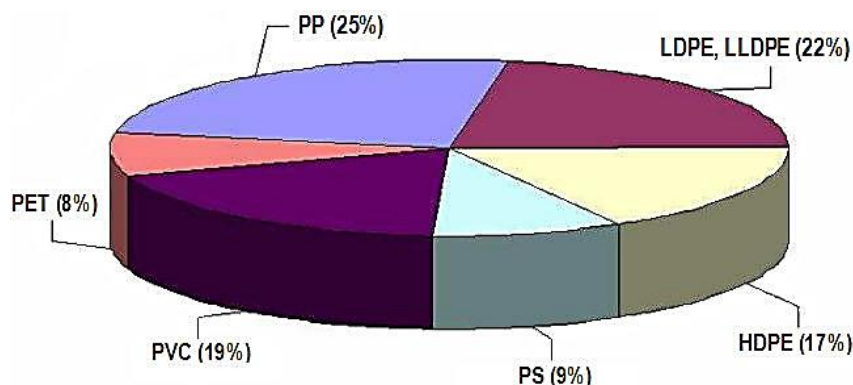


Слика 3.3 Потрошња нафте [5]

Међу више од 50 различитих врста пластичних материјала који се данас производе, главнину (преко 95 %) чини њих седам (тзв. широкопримењиви термопласти):

- ✓ полиетилен ниске густине (LDPE)
- ✓ линеарни полиетилен ниске густине (LLDPE),
- ✓ полиетилен високе густине (HDPE),
- ✓ поливинил-хлорид (PVC),
- ✓ полипропилен (PP),
- ✓ полистирен (PS) и
- ✓ полиетилен-терефталат (PET).

Од укупно 245 милиона тона светске производње пластике, 185 милиона тона одлази на тзв. широкопримењиве термопласте, чији се укупни удео у овој количини види на слици 3.4.



Слика 3.4 Удели појединих широкопримењивих термопласта у светској производњи [4, 5]

Поступци рециклирања пластичних маса се могу класификовати на много начина, а овде су поменуте неке од најчешћих класификација.

Према извору настанка пластичног отпада, поступци рециклирања могу бити :

- Индустијски – односе се на рециклирање отпада који настаје у самој индустрији, тј. отпада који представља или остатке након производње или неупотребљиве производе,
- Неиндустијски (постпотрошачки) – односе се на отпад из домаћинства и сл. тј. отпад који је настао услед употребе производа што доводи до његове неупотребљивости.

Према врсти производа који се добија рециклажом у односу на полазни материјал у пластичном отпаду поступак рециклирања може бити :

- рециклирање затвореног типа – односи се на случај када је рециклирани предмет поново направљен од себи сродних производа (нпр. од ПЕТ боца се праве нове ПЕТ боце), и на тај начин се редукује количина нових сировина које се користе за производњу тог одређеног производа кроз употребу рециклираних пластичних маса.
- рециклирање отвореног типа – односи се на случај када се рециклирани предмет добија од неког другог предмета нпр. када се рециклирањем ПЕТ боца добијају синтетичка влакна или други производи који нису амбалажа (пластична ограда, играчке, фолија и сл.). У овом случају употребљени материјал који је искоришћен у производњи ПЕТ амбалаже није редукован за производњу нове ПЕТ амбалаже, али није ни остао неискоришћен, већ је употребљен за добијање неких других производа. Овај поступак рециклирања је и најчешћи облик рециклирања.

Према карактеристикама добијеног производа, поступак рециклирања може бити :

- Примарно рециклирање - односи се на поступке рециклирања у којима су добијени производи према својим карактеристикама слични онима који су рециклирани и изједначава се са рециклирањем затвореног типа, а користи се скоро искључиво за постиндустијски пластични отпад првенствено због хомогености и незапрљаности овог отпада, што пак представљава лимитирајући фактор за пластичан отпад који настаје након његове употребе (постпотрошачки).
- Секундарно рециклирање - односи се на поступке рециклирања пластичног отпада у којима се добијају материјали који имају нижи квалитет у односу на материјал који се рециклира. Добијени материјали користе за производе нижих захтева како по питању квалитета, тако и по другим карактеристикама. Као пример може послужити израда пластичних делова за клупе, столове, столице, пластичне ознаке на путевима и сл., који немају битних захтева у погледу квалитета или других карактеристика.
- Терцијално рециклирање – њиме се добијају полазне сировине које се користе у производњи пластике – мономери и полимери као и петрохемијски производи (па чак и нафта) који представљају полазне сировине за добијање пластике.
- Квартарно рециклирање – користи се када није могућ други вид рециклирања, а састоји се у спаљивању и сличним техникама које имају за циљ да искористе

првенствено калоријске вредности садржане у пластици и као начин за смањивање количине пластичног отпада који се другачије не може искористити. Често се, међутим, ови поступци не сврставају у поступке рециклирања али овде су наведени јер представљају вид искоришћења енергије која је садржана у пластичном отпаду.

Према начину одвијања процеса, (што је најчешћа и најприхватљивија подела), рециклирање као поступак може бити:

- 1.Механичко - материјално рециклирање
- 2.Хемијско - сировинско рециклирање.
- 3.Спаљивање – енергијско рециклирање
- 4.Затрпавање (депонија).



Слика 3.5 Методе прераде [4]

Механичко или материјално рециклирање у ствари, представља процесе примарног и секундарног рециклирања, а састоји се у механичкој обради пластичног отпада у циљу добијања нових пластичних производа сличних или слабијих физичко-хемијских карактеристика у односу на пластику која се налазила у отпаду и која је рециклирана. Карактеристика ове рециклаже је да не нарушава првобитну макромолекуларну грађу и хемијски састав полимера. Погодна је за прераду термопласта топљењем и гранулирањем (па се често и зове метода топљења), за разлику од дуропласта који се због своје унутрашње грађе не могу ни топити ни растварати. Регранулирање термопласта је један од најстаријих и најчешћих поступака рециклирања.

Хемијско (сировинско) – рециклирање се врши у циљу разградње полимера на мономере, који се касније могу користити за синтезу нових полимера. Може 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 (вода, алкохол,...) говори се о хидролизи, алкохолизи, гликолизи, аминализи или метанолизи. Примена рецикласта 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 редуктивним (на пр. хидрогеновање или пиролиза) или оксидативним (на пр. добијање синтезног гаса) начином. Ови поступци познати су под називима: деградативна екструзије, хидрогеновање, пиролиза и гасификација.

Спаљивање пластичног отпада - Циљ овог начина искоришћавања 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 [4, 5].

Депоновање – С обзиром да су пластични материјали релативно нови материјали још век 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 делова 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 [4, 5, 6].

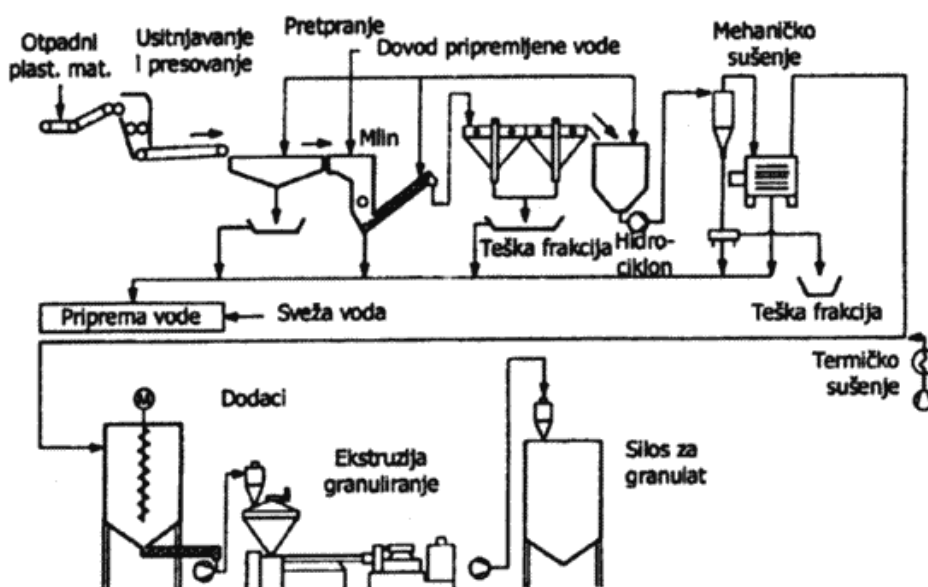
Механичко рециклирање представља материјално процесирање пластичног отпада физичким путем и један је од најстаријих и најчешће примењиваних поступака

рециклирања пластике. Код нас је често у употреби и назив прерада пластике топљењем. Као резултат механичког рециклирања добијају се регранулати тј. рециклати који се употребљавају као замена оригиналним сировинама, при чему је задржан скоро исти квалитет као и код оригиналних сировина. Основа ових процеса заправо представља способност поновног топљења пластике, што је могуће код термопласта, при чему су они загрејани до својих температура топљења.

Стандардан систем за рециклирање пластике не постоји и линије за рециклажу могу бити врло сличне, јер су и примењене машине у процесу сличне, али може постојати и огромна разлика у зависности од потребне енергије у процесу, потреба за појединим технологијама, доступног простора, обима производње и др.

Процес механичког рециклирања се састоји од низа операција (или одговарајућих машина), које зависе како од технологије самог процеса тако и од крајње жељених резултата (квалитета), али се у основи може рећи да су то најчешће:

- прикупљање,
- идентификација,
- раздвајање и сортирање,
- млевење,
- прање, чишћење и сушење,
- сепарација,
- гранулирање и компаундирање (мешање гранулата) и
- пелетизација.



Слика 3.6 Шематски приказ регранулирања [4, 5]

Сортирање пластичног отпада углавном представља први корак код већине процеса рециклирања по претходно завршеним фазама прикупљања и идентификације

пластичног отпада. Као опрема за сортирање пластичног отпада се користе дробилице бала, конвејери или транспортне траке.

За сепарацију се обично користе детектори и сепаратори метала као и тзв. бубњеве за сепарацију. Такође, да би се добили што чистији производи за сепарацију се користе и суви сепаратори као и влажни сепаратори који користе тзв. плутајуће резервоаре и хидроциклоне.

Након сортирања тј. сепарације, пластични отпад најчешће одлази на редукцију свог облика млевењем, при чему се углавном користе млинови за млевење и гранулатори.

Један од делова опреме за рециклирање представљају и машине за прање у којима се врши испирање пластичног отпада и рециклата као и његово сушење најчешће у центрифугалним сушарама.

Од опреме се још користе и миксери, класификатори, као и силоси за прикупљање.

Након што је пластични отпад механички прерађен у гранулат, постоји и могућност његове надоградње односно побољшања разних карактеристика, па се у ту сврху користе разни агломератори, јединице за пелетизовање са полимерном филтрацијом и др.

У пракси се често процесом компаундирања (који се састоји у бојењу гранулата, мешању са изворном фабричком пластиком или додавању разних адитива у циљу побољшања карактеристика ради смањења употребе фабричке пластике) добијају рециклати у облику тзв. пахуљица задовољавајућег квалитета, тако да се процес пелетизације често и не изводи.

У случају када пластика битно изгуби своје карактеристике, рециклати се углавном примењују у индустрији цемента као додаци самом цементу или као замена за дрво, а сам процес рециклирања се прекида после процеса млевења, јер је даља обрада непотребна.

На крају је потребно напоменути да прљавштина као и други нуспродукти одлазе са водом која се најчешће користила при чишћењу пластичног отпада, тако да се и филтрирању и третману воде мора посветити одговарајућа пажња.

Основна подела свих горе поменутих машина и постројења, које се користе у процесу рециклирања пластике, би се односила на карактер њиховог дејства у спрези са пластичним отпадом, па тако имамо:

1.машине за механичку обраду пластике:

- машине за отварање пластичних бала,
- млинови за млевење пластике,
- дробилице за пластику,
- гранулатори и др.

2.машине и уређаји за немеханичку обраду пластике:

- уређаји транспорта (конвејори, транспортери, бловери)
- уређаји руковања материјалом (миксери, класификатори, силоси и сл.)
- разни детектори и сепаратори материјала
- машине и уређаји за прање и сушење материјала итд

3.3 Проблеми приликом рециклирања

Када се упореди са стаклом или металом, пластичне масе постављају неке јединствене изазове за рециклирање.

Избор машине за рециклажу

Проблем при рециклажи пластике је и избор машине којом се обавља процес рециклаже. Избор машине зависи од врсте, односно механичких својстава пластике која се рециклира. На тржишту постоји велики број различитих типова машина, како нових, тако и половних, које потичу од реномираних произвођача, али има и оних које су направљене у самосталним занатским радњама, погодне за обраду мањих количина отпада.

Једно од ограничења је и избор електричне енергије којом се снабдева машина, односно количина енергије коју она троши обзиром на сопствену снагу. Проблем могу представљати и габарити саме машине, односно величина простора који она заузима. Просторија у којој се машина налази мора бити чиста, пространа, осветљена и са равном, сувом и тврдом подлогом.

Ниска ентропија мешања

Ниској ентропији мешања узрок је велика молекулска маса дугачких полимерних ланаца. То значи да само топлотна побуда (излагање топлоти) често неће бити довољно да створи смесу од тако великих молекула. Због овог неповољног утицаја полимери морају бити готово истог састава да би се могли мешати. На пример, разне мешавине кополимера ПЕТ амбалаже од различитих произвођача не топе се у једну фазу када се загреју, већ теже раздвајању – као вода и уље. Те фазне разлике ослабљују производе направљене од таквих мешавина, што значи да је већина полимерних мешавина искористива само у уском контексту.

Висока контаминираност материјала који се рециклира

Проблем високе загађености се решава затварањем филтера за дегасификацију чија је улога да спречава да се штетна испарења која се јављају при рециклажи високо контаминираниог материјала ослободе у околну атмосферу. Постоји и могућност двоструког филтрирања гасова при једном кораку дробилице (грубо и фино). Унутрашњи цилиндри и завртњеви машине могу бити израђени од високоотпорних волфрамугљеничних материјала како би се заштитили од штетних испарења, чиме им се продужава радни век [4].

Рециклажа пластике на којој се налази мастило од штампе

При рециклажи појединих материјала, заостало мастило може да створи мехуриће у регранулату који због тога постаје неупотребљив, јер ће се лепити за све пластичне површине са којима долази у додир што доводи до зачепљења система, а то резултира смањењем количине регранулата. Овај проблем је раније решаван рециклажом у два корака. Код новијих машина са бољим системом дегасификације, регранулат се може добити без мехурића у само једном кораку, чиме се знатно убрзава процес рециклаже.

Велика количина бојила, пунила и других додатака у пластици

Полимери су превише вискозни да би се пунила економично одвојила, а оштетили би се многим процесима за јефтино уклањање додане боје. Додаци се мање користе у амбалажи за пића и у пластичним врећицама, што је и један од главних разлога зашто се они чешће рециклирају. Иако се употреба биоразградиве пластике повећава, ако се она меша с другом пластиком приликом рециклирања, новодобијена пластика постаје мање вредна.

Губитак својстава материјала при рециклажи

У процесу рециклаже материјал значајно губи на својствима, што се може ублажити уколико се материјал који се рециклира претходно загреје. На тај начин смањује се трење и термални напон на самом уласку у дробилицу. Такође се смањује време задржавања материјала у машини, јер сам материјал не губи на индексу флуидности (масеном протоку).

Проблем сортирања пластичног отпада

Сортирање је као што је и раније напоменуто један од првих корака при рециклирању пластике. У неким случајевима је и обавезан корак нарочито када су постављени високи захтеви у погледу квалитета и чистоће добијених рециклата. Сам процес сортирања може бити постављен на различите начине што првенствено зависи од врсте пластичног отпада који се рециклира. Сортирање може бити мануелно, аутоматско или, што је можда и најбоље решење, комбинација оба поступка. На пример, при рециклирању ЛДПЕ филмова комад дрвета може представљати велики проблем што јасно показује сврху сортирања у овом случају. Међутим, при рециклирању ПЕТ-а, тај исти комад дрвета неће представљати проблем јер ће при процесу прања пластичног отпада отпливати док ће ПЕТ потонути, тако да можемо видети да примењени процес сортирања зависи и од самих карактеристика пластичног отпада који се рециклира.

Мануелно сортирање пластике се састоји у идентификацији различитих материјала од стране радника са "тренираним оком" док материјали пролазе поред њих на транспортним тракама. При томе се материјали идентификују по ознакама утиснутим на самом производу или пак према одређеним карактеристикама посебним за сваки пластични материјал тако да се може рећи да мануелно сортирање представља сортирање пластичних материјала према визуелној идентификацији.

Да би поспешили и побољшали мануелно сортирање користе се, најчешће, поларизована или УВ светлост која није видљива за људско око, али одређени материјали у зависности од своје хемијске структуре, емитују видљиву светлост која се може опазити и људским оком тако да се ова особина користи ради побољшања

мануелног сортирања. Тако, на пример, када се ПЕТ нађе под УВ светлошћу емитује плаву боју видљиву за људско око. Са друге стране ПВЦ услед своје хемијске структуре не поседује особине флуоросценције (проблем представљају адитиви који се користе у производњи ПВЦ боца) што условљава да када се оне осветле УВ светлошћу емитују жуту или светложелену боју. На тај начин, познавањем понашања пластичних материјала када се осветле УВ светлошћу је омогућено и њихово сортирање.

Аутоматско сортирање – користи инфра-црвено (ИЦ) или X зрачење. ИЦ зрачење има ту предност да може да препозна све типове пластике (ПС, ПВЦ, ПЕТ итд.) док се X зрачењем може детектовати и уклонити само ПВЦ што је врло битно са аспекта лошег утицаја ПВЦ-а на друге типове пластике. Већина произвођача ИЦ детектора гарантује око 96% успешан квалитет сортирања што, у зависности од почетног нивоа контаминације пластичног отпада, захтева инсталирање једне, две или више ових ИЦ детектора у зависности, дакле, од броја врста пластике који се налазе у пластичном отпаду што веома поскупљује процес сортирања. Детектори на бази X-зрака гарантују 99%-но издвајање ПВЦ-а али проблем представљају остали типови пластике. Због тога право решење представља коришћење по једног детектора са ИЦ и X зрацима, као и њиховом комбинацијом са мануелним сортирањем (које може представљати и вид финалне инспекције након аутоматског сортирања), што можда представља и најбоље решење у сепарацији пластичног отпада [4, 5].

Поред употребе већ поменутих, у примени су и други поступци аутоматског сортирања пластичног отпада (у зависности од примењене методе за идентификацију типова пластичних маса):

- методе засноване на густини пластичних материјала,
- методе засноване на флотацији пластичних маса,
- методе оптичког сортирања,
- методе спектроскопског сортирања,
- електростатичке методе сортирања,
- методе сортирања засноване на различитости температурама топљења пластичних маса и
- методе засноване на селективном растапању пластичних материјала и друге.

Значај сортирања је утолико већи јер је процес рециклирања често лимитиран и компатибилношћу разних пластичних материјала када су они помешани међусобно, као и чињеницом да присуство, чак и у ниском проценту, одређених полимера једних са другим могу битно утицати на промену карактеристика тих полимера, што се одражава и на крајње продукте рециклирања [4].

Такође, један од проблема рециклаже представља и разноврсност истородних полимерних материјала по боји, што углавном доводи до нежељене сиве боје добијених рециклата.

Исто тако, значајан проблем код многих пластичних материјала намењених рециклажи представља деградација одређених карактеристика услед дуготрајне употребе, што је често последица изложености пластике температурама, УВ зрачењу,

оксидацији, агресивним срединама и сл. што, опет, dovodi do kasnije upotrebe reciklata u proizvodima nižih tehnoloških zahteva u odnosu na prvobitnu namenu plastične mase.

3.4 Употреба рециклиране пластике

Широк је опсег производа који се праве од рециклиране пластике. Неки од њих су изолациони материјали у грађевинарству, полиетиленске бродске канте, путнички кофери, ПВЦ одводни системи цевовода, подни и прозорски оквири, кутије за компакт дискове и видео касете, баштенски намештај, бурад за воду, саксије, влакнаста пуњења за вреће за спавање, разна одећа и обућа од полиестера, вештачка дрвенарија, различит канцеларијски прибор и многи други [4].

Иако је примена рециклиране пластике широка, укупна количина пластичног отпада који се рециклира је релативно мала. Незнатне количине рециклираног отпада данас се користе за паковање хране. Разлог томе је брига за њену хигијенску исправност услед често присутних контаминената чак и на микроскопском нивоу [4].

Постоје начини за решавање овог проблема, а један од њих је одвајање рециклиране пластике од хране слојем чисте пластике, што би требало да задовољи хигијенске стандарде. Ова вишеслојна паковања се данас користе код амбалажа за пиће. Међутим, рециклажом је немогуће елиминисати боју из претходно рециклиране пластике, па се оваква врста амбалаже не користи за провидне или светле апликације [4].

Једно од основних ограничења при употреби рециклиране пластике је и економска исплативост, јер процес рециклаже захтева велике количине пластичног отпада различитог структурног састава, који долази са различитих и многобројних локација, тако да је степен искоришћења на релативно ниском нивоу. То све поскупљује и повећава трошкове оваквог начина производње у односу на производњу чистог полимера [4].

Истраживања су показала да се одређене уштеде могу направити уколико би се систем сакупљања пластичног отпада интегрисао у систем сакупљања осталог отпада који спада у надлежност локалних комуналних предузећа. Из тог разлога све више локалних самоуправа се залаже за прикупљање пластичног отпада упоредо са комуналним, чиме се остварује и знатна корист за локалне буџете [4].



Слика 3.7 Производи од рециклиране пластике [4]

3.5 Методе сортирања отпада пластичних маса

Сортирање је један од првих корака при рециклажи пластике. У неким случајевима је и обавезан корак нарочито када су постављени високи захтеви у погледу квалитета добијених рециклата. Сам процес сортирања може бити постављен на различите начине што првенствено зависи од врсте пластичног отпада који се рециклира. Сортирање може бити мануелно, аутоматско или што је можда и најбоље решење употреба оба поступка сортирања [5].

Врсте сортирања су следеће [5]:

- мануелно сортирање,
- аутоматско сортирање,
- оптичке методе,
- спектроскопске методе,
- електростатичке методе,
- методе засноване на различитости температуре топљења и
- методе сортирања засноване на селективном сортирању.

3.5.1 Мануелно сортирање

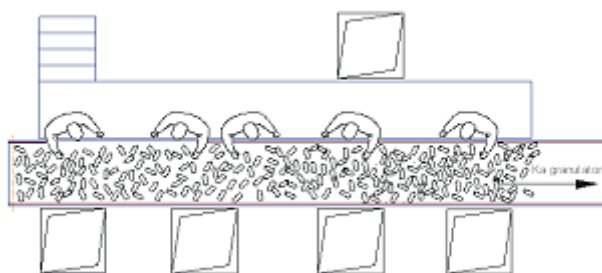
Мануелно сортирање пластике се састоји у идентификацији различитих материјала од стране радника са "тренираним оком" док материјали пролазе поред њих на транспортним тракама. При томе се материјали идентификују по својим ознакама утиснутим на самом производу или пак према одређеним карактеристикама посебним за сваки пластични материјал тако да се може рећи да мануелно сортирање представља сортирање пластичних материјала према визуелној идентификацији. Технике мануелног сортирања се углавном користе када су количине пластичних компонената довољно велике да би оправдале време и труд који се при томе утроше а често су скупе и могу представљати лоше радно окружење [5].

Постоје два основна поступка мануелног сортирања и то су:

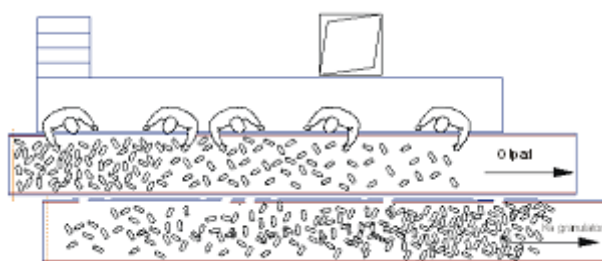
- негативно и
- позитивно сортирање

Пример негативног сортирања је приказан на слици 3.8 при чему радници са транспортне траке уклањају све што није ПЕТ боца помоћу визуелног препознавања. Ово није најбољи начин сортирања јер је мала разлика између нпр. ПЕТ и ПВЦ боца а захтев је да оне буду раздвојене. Процес је веома монотон за раднике и може довести до непажње и психичког замора што има за последицу грешке у коначном производу (млевене љуспице или гранулат од ПЕТ. Алтернативу представља позитивно сортирање приказано на слици 3.9, при чему радници стоје поред транспортне траке и прегледају сваку боцу понаособ и одбацују ПЕТ боце на другу транспортну траку која води ка гранулатору. То уноси динамику у сам процес селекције, радници су обавезни да

обрате већу пажњу на оно што раде, тако да је квалитет сортирања бољи. Да би поспешило мануелно сортирање користе се, најчешће, поларизована или УВ светлост. УВ светлост није видљива за људско око, али одређени материјали у зависности од своје хемијске структуре, осветљени УВ светлошћу емитују видљиву светлост која се лако опажа људским оком. До доприноси побољшању мануелног сортирања. Иначе, ова особина материјала је позната као флуоресценција. Тако, на пример, ПЕТ када се нађе под УВ светлошћу емитује плаву боју видљиву за људско око. ПВЦ, услед своје хемијске структуре, не поседује особине флуоресценције, међутим, адитиви који се користе у производњи ПВЦ боца условљавају да, под УВ светлошћу, боце емитују жуту или светложелену боју. На тај начин, познавање понашања пластичних материјала када се осветле УВ светлошћу, омогућује и њихово сортирање [5, 6].



Слика 3.8 Негативно сортирање [5]



Слика 3.9 Позитивно сортирање [5]

3.5.2 Аутоматско сортирање

При аутоматском сортирању најчешће се користи инфра-црвено или X зрачење. Применом ИС зрачења могуће је препознати све типове пластичних маса (ПВЦ, ПЕТ итд.) док се X зрачењем може детектовати и издвојити само ПВЦ што је веома битно јер ПВЦ-а има лоше међудејство са другим типовима пластичних маса. Већина произвођача ИС детектора гарантује квалитет сортирања приближно 96%, што у зависности од почетног нивоа контаминације пластичног отпада захтева инсталирање још једне, две или више ИС детектора. То веома поскупљује процес сортирања. Детектори на бази X-зрака гарантују 99%-но издвајање ПВЦ-а, стим да проблем представља издвајање осталих типова пластичних маса. Могуће решење представља примена по једног детектора са ИС и X зрацима, као и њихово комбиновање са мануелним сортирањем. При томе треба обратити пажњу на економску исплативост [5].

Поред употребе ИС и X зрака у примени су и други поступци за аутоматско сортирање пластичног отпада:

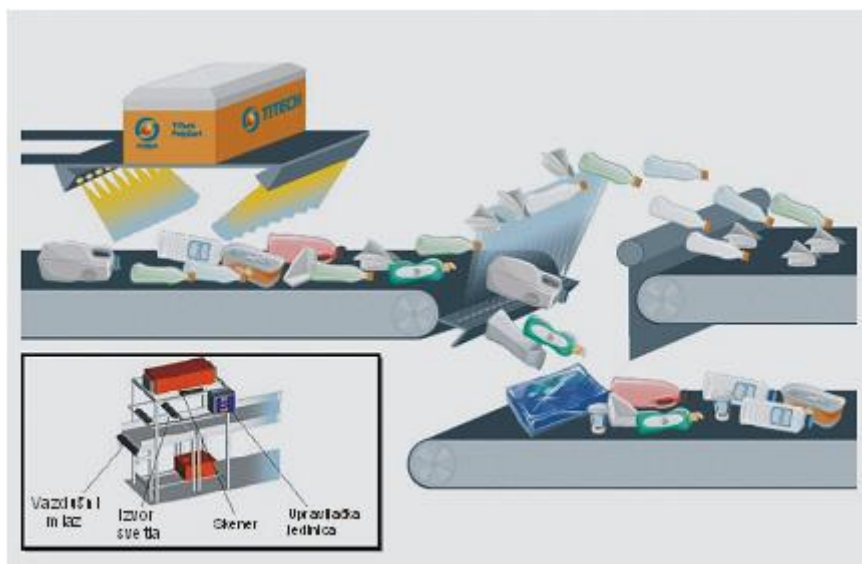
- методе засноване на густини пластичних материјала,
- методе флотације,
- методе оптичког сортирања,
- методе спектроскопског сортирања,
- електростатичке методе сортирања,
- методе сортирања засноване на различитим температурама топљења материјала и
- методе селективног растапања пластичних материјала.

У поглављу 4 биће детаљније обрађено аутоматско сортирање отпада пластичних маса.

3.5.3 Оптичке методе сортирања пластичних маса

Оптичке методе сортирања пластичног отпада се заснивају на анализи боја и слика добијених снимањем површина посматраних делова. Анализирају се димензије (дужина, ширина,...) и облик, боја и површинска структура делова. Ова метода сортирања најприближнија је по начину извођења визуелној контроли. Употребом софистицираних алгоритама рачунар упоређује добијене податке са подацима из базе података и врши одговарајућа препознавања. При томе се рачунаром управља рад ваздушних препрека које прецизно избацују сваки селектовани објект који треба да се одстрани из тока материјала, односно пропуштају се они материјали који не треба да се одстрани. Треба напоменути да су поступци оваквог начина сортирања ефикасни за делове чија величина није мања од око 10 мм [5].

При сортирању оптичким методама материјали треба да буду чисти и осушени. У току кретања транспортном траком излажу се извору светлости при чему се врши детекција сензорима помоћу којег се врши управљање ваздушним јастуцима који избацују предмете са траке или их пропуштају у зависности од постављених захтева. Пример оваквог уређаја је приказан на слици 3.10. На слици је приказано сортирање пластичне амбалаже где се један део материјала одваја из целокупног тока материјала на посебну транспортну траку где одлази на даљу прераду. Други део материјала одлази на другу транспортну траку. У овом случају се користе тзв. флуоросцентне лампе којима се осветљују предмети на транспортним тракама. На основу информација од сензора који представљају монохроматске или полихроматске детекторе врши се њихово поређење са референтним подацима из базе података о материјалима. При томе се ваздушне баријере активирају када се добију подаци о непожељним деловима које треба одбацити на другу траку. Треба напоменути да се при оваквом оптичком сортирању генерално могу постићи високе ефикасности, од око 95% чистоће сортираних делова [5].



Слика 3.10 Оптичко сортирање [5]

3.5.4 Спектроскопске методе сортирања пластичних маса

Спектроскопија је дисциплина која се бави проучавањем међудејства електромагнетних таласа и материјала, при чему је могуће квантитативно и квалитативно проучавање како материјала тако и процеса. Основни елементи су извор зрачења, дисперзион елемент (или монохроматор, односно део који разлаже зрачење на компоненте према енергији, фреквенцији или таласној дужини) и апсорбер зрачења [5].

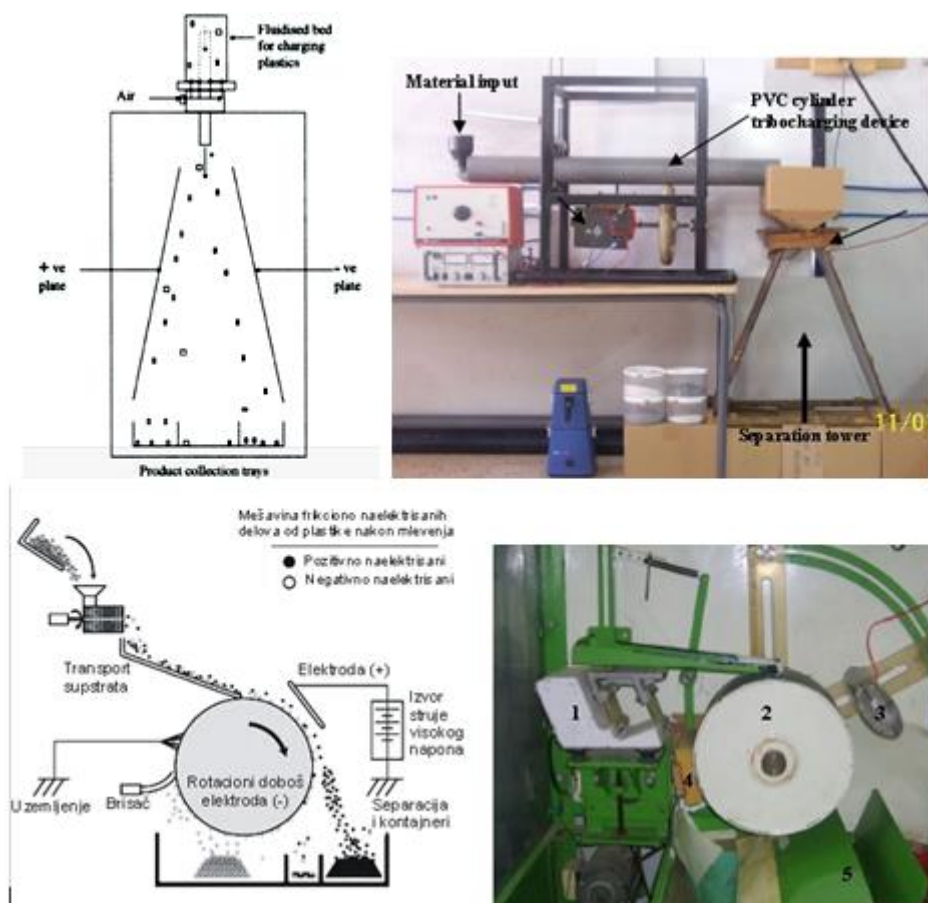
Као спектроскопске методе идентификације и сортирања материјала садржаних у пластичном отпаду, при чему се сортирање врши према типовима полимера, користе се:

- IR - инфрацрвена (infrared) спектроскопија.
- RAMAN - Раманова спектроскопија.
- LIPS - ласерски индукована плазма (Laser Induced Plasma) спектроскопија.

3.5.5 Електростатичке методе сортирања пластичних маса

Ове методе се заснивају на контактном наелектрисању тако да представљају тзв. трибоелектричне технике због чега се и често називају трибоелектричним методама сортирања пластике које су нашле своју примену за сортирање пластичних маса још касних 70-их година прошлог века. Заправо метода сортирања се заснива на разлици у електростатичком наелектрисању материјала, два електро непровода материјала од пластике доводе се у фрикциони контакт један са другим при чему долази до преласка електрона са једног материјала на други што је познато као трибоелектричко наелектрисање тј. пуњење. При томе део са вишом диелектричном константом наелектрише се позитивно а други део са нижом диелектричном константом негативно [5].

Материјали, претходно статички наелектрисани, се сортирају тако што се пуне да слободно падају кроз електрично поље између две паралелне нагнуте електроде супротног наелектривања које одвојено привлаче супротно наелектрисане пластичне материјале. Један од проблема за примену ове методе је тај да је тешко контролисати гравитационе силе које делују на предмете као и то да ако су предмети веома мали и/или слабо наелектрисани потребан је мањи размак између електрода. Поступак сортирања се назива електростатичка сепарација са слободним падом, слика 3.11 [5].



Слика 3.11 Електростатички сепаратор [5]

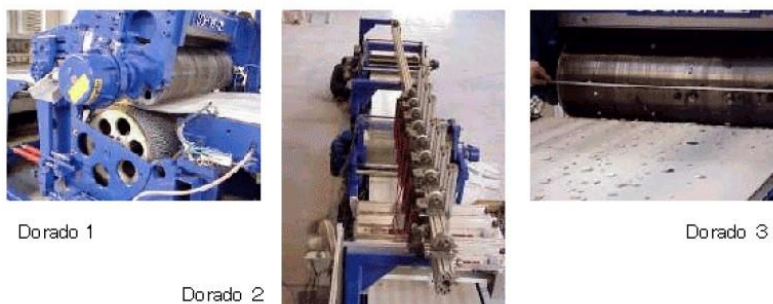
3.5.6 Методе засноване на различитости температуре топљења пластичних маса

Различити делови се могу сортирати из мешаног пластичног отпада и методом заснованом на разлици у њиховим температурама, тј. тачкама топљења. Да би се ова метода могла примењивати потребно је да постоји изразита разлика у температурама топљења. Тако је нпр. тачка топљења ПВЦ-а је око 200°C а ПЕТ-а 260°C што даје 60°C разлике. На овај начин омогућено је сортирање. Метода се изводи применом загрејаних добоша или трака а користи методу тзв. Термоадхезије, односно термолепљења размекшаних делова [5].

Процес захтева употребу транспортних трака које се загревају до температура које одговарају полимерима са најнижом тачком топљења. Полимери се прилепљују за траку док настављају да се крећу ка другој траци која се загрева до температуре полимера који има следећу најнижу тачку топљења итд. Прилепљени полимери се

помоћу одређених брисача скидају са трака и падају у одговарајуће контејнере за прикупљање.

Метод се одликује ниском ценом коштања али захтева да делови материјала који се лепе за транспортне траке образују једнослојну форму на траци како би сортирање било успешно. Проблем се може јавити и услед папирних налепница које узрокују неквалитетно сортирање [5].

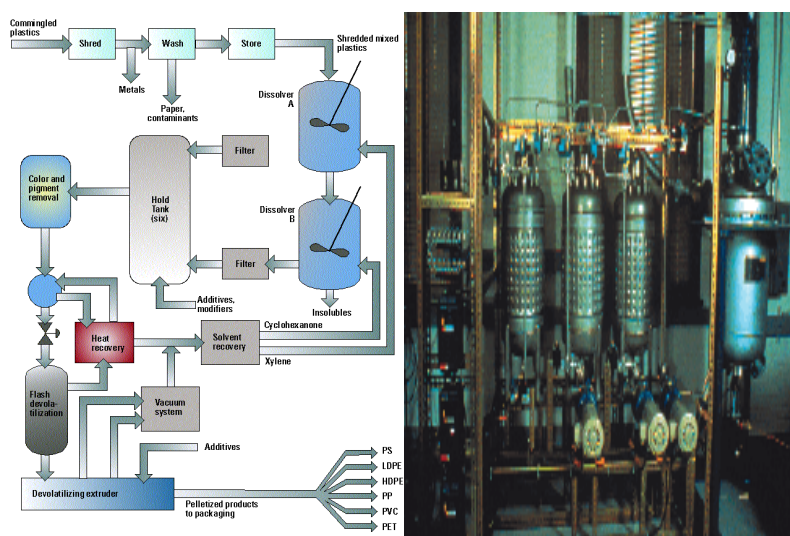


Слика 3.12 Систем за сортирање помешане пластике [5]

3.5.7 Методе сортирања засноване на селективном растапању пластичних маса

Ова метода се заснива на групном растварању помешаних пластичних делова коришћењем одговарајућих растварача а изводи се спровођењем пажљиве контроле температуре и избора растварача. Претходно се пластични отпад меље тако да долази у облику малих делића.

Недостатак представља велика количина растварача који се користи у процесу и ако се већина растварача и сама рециклира током процеса. Такође је врло битно контролисање нивоа растварача који се као заостатак може наћи у рециклираној пластици као и потреба за накнадном рестабилизацијом рециклираног материјала обзиром да су сви адитиви издвојени током процеса [5].



Слика 3.13 Шема и уређај за сортирање [5]

4. АУТОМАТСКО СОРТИРАЊЕ ПРИ РЕЦИКЛАЖИ ПЛАСТИЧНИХ МАСА

Аутоматски системи све више су потребни у свакодневном животу појединца и заједнице у свим њеним аспектима. Аутоматски системи опште, замењују човека на заморним, опасним и монотоним пословима. Наравно сортирање, као што је видљиво у претходном поглављу о ручном сортирању, се у коначници може свести на опасан, тежак и монотон рад. Стога, не чуди разматрање аутоматизације као решења за поступак сортирања.

Не може се занемарити проблематика аутоматског сортирања. Отпад на систем за аутоматско сортирање долази у великим количинама, различитим облицима и саставима. До сада је јасно да отпад није једнозначан појам. Појављује се у различитим, некада јако сличним врстама. Производи опћенито нису произведени од искључиво једне врсте материјала. Тако када производи заврше као отпад, не могу се сортирати у једну врсту. Чак је и човеку некада тешко разабрати различите врсте отпада. Наравно није лако направити механизме и направе којима би се рачунарски систем процесирања информација приближио људском. Рачунало обично процесуира податке, не информације. Најпре је потребно јако добро разумети људски сустав, те механизме који омогућавају човеку да разврстава отпад по врстама. Човек својим видом и другим осјетилима, препознаје врсту отпада о којој се ради. У мозгу („процесору“), како отпад прилази, обрађује се велика количина података. Човек тада добива информације о којој врсти отпада се ради, која је величина отпада који прилази, којом силом би требао узети предмет да га успе подићи, је ли отпад отрован или не и друге информације које му помажу да изврши жељену радњу. Тако би и аутоматском суставу требало бити омогућено да помоћу различитих механизма, сензора, камера и направа може распознати различите врсте, величине и масе отпадног материјала. Наравно иза свих тих сустава се налази више процесора који морају обрађивати велику количину добивених података [5, 6].

При доласку отпада у постројење за сортирање отпад мора проћи кроз предобрадне операције. Најпре се вертикалним конвејерима, приказује Слика 4.1., отпад подиже на одређену висину прикладну за наставак обраде у осталим уређајима. Отпад се затим вади из врећа. Поступак се може обављати ручно и аутоматски.



Слика 4.1 Вертикални конвејер [5]

За аутоматско вађење отпада из врећа постоји неколико врста уређаја. У наставку су наведени и објашњени уређаји који служе за одвајање отпада из врећа у

којима долази. Такође следи преглед уређаја за издвајање ситне фракције од остатка отпада.

Ротирајући бубањ са отворима димензија до 30 мм, приказан је на слици 4.3, служи за одвајање ситне фракције од остатка отпада. Ситна фракција отпада кроз отворе на бубњу пада у spremнике или уређај за транспортирање испод бубња. Транспортним уређајима отпад се транспортира на даљњу обраду или на одлагалиште. Бубањ кроз који отпад пролази нагнут је под малим углом, како би се остварило гравитацијско додавање. Најчешћи сустав за вађење отпада из врећа је нож у бубњу. Ротацијом бубња ротирају се вреће које се на тај начин режу. Нож у бубњу посљедично, благо уситњава и отпад. Ножеви не смију резати отпад на ситне делове. Уситњени отпад није потребан ни пожељан за рад сензорских сустава. Ипак мора бити благо уситњен и то због недостатка сортирања у кућанствима. Пример, био отпад бачен у пластичну или картонску кутију (кора банане у кутији кекса) [5].



Слика 4.2 Бубањ [5]

Вибрацијски додавач, приказан на слици 4.3, још је један начин одвајања ситне фракције из остатка отпада. Вибрацијски додавач састоји се од низа решеткастих полица које вибрирају одређеном брзином. Овим уређајем се отпад спушта са одређене висине до конвејера. Вибрације омогућују сепарацију ситне фракције отпада кроз решетке. Ситна фракција отпада пада у spremник или уређај за транспортирање који води на даљњу обраду или на одлагалиште. Вибрацијски додавач своју примену проналази у распоређивању отпада за наставак обраде [5].



Слика 4.3 Вибрацијски додавач [5]



Слика 4.4 Пример оптичког уређаја за сортирање [5]

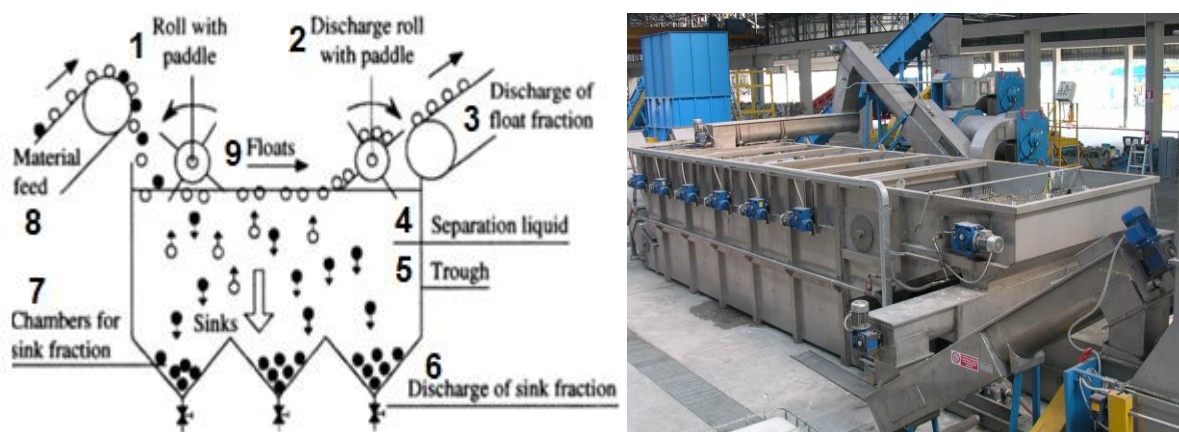
4.1 Метода плутања

У поступцима сортирања методом плутања (слика 4.5 лево) пластични материјали се налазе у флуиду чија је густина таква да се налази у оквиру густина пластичних материјала, тј. која омогућује да пластични материјали ниже густине плутају а они са вишом густином од густине флуида тону.

Најчешће примењивани флуиди су:

- вода – за одвајање полиолефина од осталих пластичних материјала,
- смеша воде и метанола - за одвајање пластичних материјала ниже густине и
- раствори NaCl или $ZnCl_2$ – за одвајање пластичних материјала више густине.

Плутајућа купатила у којима се изводи ова метода се могу поставити у серији тако што ће у сваком бити одређени флуид и на тај начин, у неколико корака, ће се извршити сортирање пластичних материјала. Пример једног таквог серијског купатила дат је на слици 4.5 десно као део линије за рециклажу ПЕТ-а фирме OCI GmbH. Систем садржи и пумпе које обезбеђују струјање флуида.

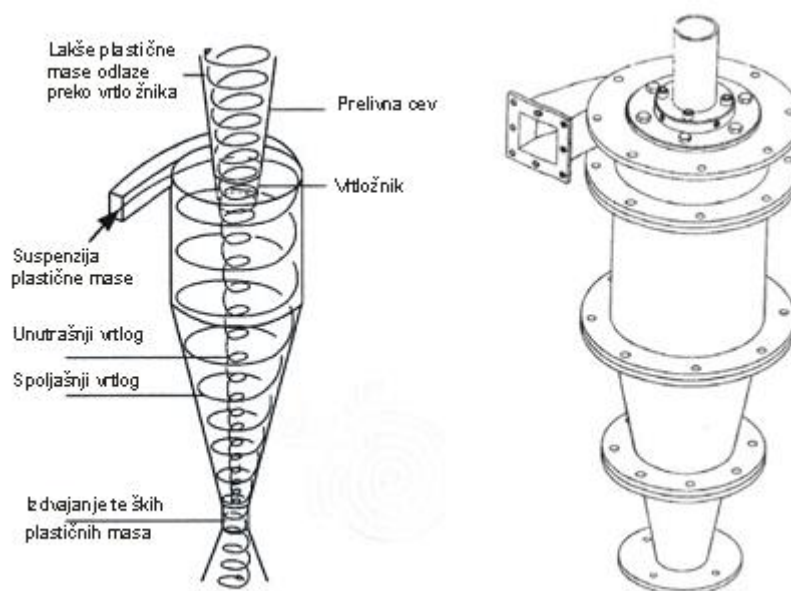


Слика 4.5 Принцип рада (лево) и машина (десно): 1 – Окретање са лопатицом; 2 – Пражњење са лопатицом; 3 – Испуштање плутајуће фракције; 4 – Одвајање течности 5 – Корито; 6 – Пражњење течности; 7 – Комора за течност; 8 – Убацавање материјала; 9 – Плутајући материјал; [5]

Проблем код ове методе представља и то што је сам поступак спор, тежак за контролу и што се њиме остварује нешто нижа чистоћа продуката. Постизање бољег сортирања захтева дуже време задржавања материјала. Пошто поступак представља гравитациони метод који зависи и од величине материјала који се одвајају, то је потребно да они буду уједначене величине. У супротом би мали делови веће густине тонули брже и дошло би до "загађења" сортираног материјала. Такође, проблем може бити то што је пластика хигроскопна, тј. упија воду, затим у процесу може доћи до стварања ваздушних мехура што умањује квалитет пластике као и до флокулације тј. скупљања мањих делова у веће што свакако може представљати проблем у процесу сортирања. Овај проблем се решава тзв. фрикционим чишћењем када се материјали излажу високим гравитационо-смицајним силама у посудама за мешање што је и једна од предности ових поступака јер се материјал пре уласка у плутајуће танкове тј. купатила излажу тзв. влажном млевењу чиме се одстрањују папирне етикете и прашина [5].

4.2 Метода центрифуге

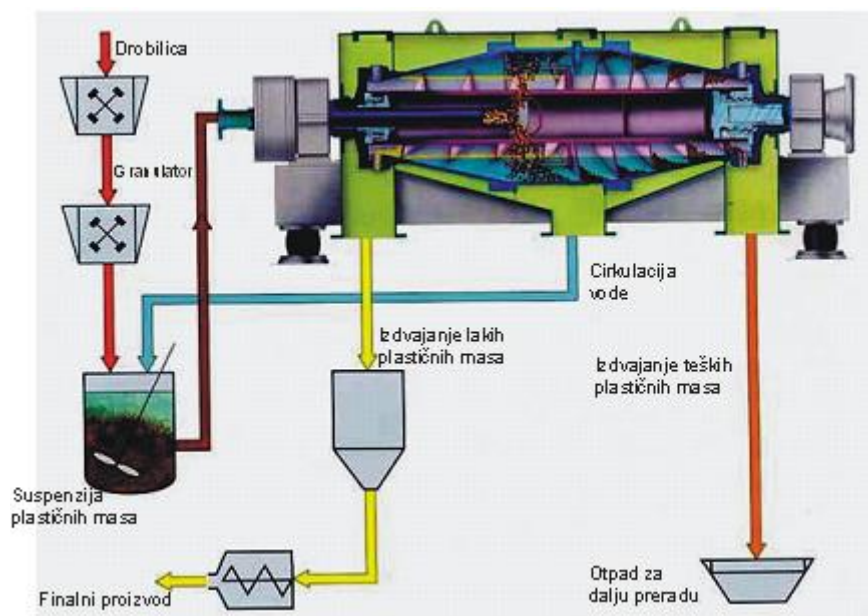
Хидроциклон представља центрифугални сепаратор који одваја пластичне материјале у зависности од њихове густине. Принцип рада и изглед хидроциклона је приказан на слици 4.6. Хидроциклон се састоји од конично обликованог суда (који је отворен у доњем најужем делу где најтежи материјали излази) са отвором за тангенцијални довод суспензије. Тангенцијалним довод суспензије под притиском се пластичним материјалима саопштава вртложно кретање што за резултат има стварање вртлога и зоне ниског притиска дуж вертикалне осе. Тежи а тиме и бржи делови се, уз део суспензије, издвајају спољњим делом вртлога док лакши и спорији делови уз остатак суспензије одлазе преко преливне цеви унутра-шњим делом вртлога. Овим поступком се постиже брза сепарацију пластичних материјала као и високу прецизност саме сепарације. Овим поступком се постиже јако вртложно поље сила (већих од сила гравитације до 200 пута) што условљава брзу сепарацију пластичних материјала као и високу прецизност саме сепарације [5].



Слика 4.6 Принцип рада [5]

Sensor центрифуга (слика 4.7) је уређај који се користи при центрифугалном сортирању а карактерише се изузетно јаким центрифугалним силама (већим од сила гравитације чак и до 1500 пута). Уређај је производ фирме Хумболт која је и патентирала овај начин сортирања. Уређај се испуњава суспензијом која садржи пластичне делове који услед јаке ротације образују тзв. суспензиони прстен у веома јаком центрифугалном пољу. Пластика која се налази у суспензији се уводи аксијално у уређај преко непокретне цеви и удара у унутрашњу површину створеног прстена. Јака турбуленција која се јавља на овом месту доводи до деагломерације тј. растављања пластичних делова и њиховог ослобађања од присутне прљавштине и ваздушних мехура. Пластични делови са густином већом од течности се крећу ка отворима дуж конкавних зидова уређаја док делови мање густине пливају по површини течности. Завојни транспортери постављени у центру уређаја се састоје од два дела који одводе пластичне делове у зависности од њихове густине у супротним смеровима и на тај начин врше сортирање при чему лакши делови одлазе у силосу и касније одређеним поступцима се прерађују у готове производе док тежи делови одлазе на даљу прераду.

Овај метод је независан од величине пластичних делова и њихове геометрије и врло је погодан за тешко запрљане пластичне делове (као што су фолије које се користе у пољопривреди које су изузетно контаминирание разним солима и прљавштином). Поред тога овај начин центрифугалног сортирања се примењује при сортирању сечених делова аутомобила (као што су блатобрани, инструмент табле, каблови и резервоари за бензин) као и при сортирању делова тепиха као што су најлонска влакна. У неким случајевима проценат сортирања је чак 99,9%.



Слика 4.7 Сепаратор [5]

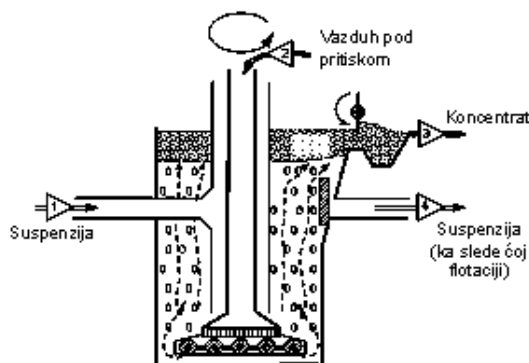
Поред наведених метода центрифугалног сортирања још се примењују и следећи уређаји:

- вибрационе табле – за сепарацију разних мешавине метала, минерала и/или сечене пластике;
- гравитационе табле за сепарацију – користе се када су неке физичке карактеристике делова (нпр. дужина, ширина, дебљина или облик) приближно сличне или идентичне али постоји мала разлика у густини и/или тежини појединих делова;
- ваздушни класификатори – за разлику од свих претходних тзв. влажних метода сепарације, ови сепаратори представљају метод тзв. суве сепарације при чему се поступак центрифугалног сортирања изводи у присуству ваздушне струје. Метод се назива ваздушна класификација, елутриација (ваздушно испирање) или још и ваздушно сортирање а састоји се у вертикалном увођењу пластичних делова који падају у надлазећу ваздушну струју што проузрокује сепарацију лакших делова од тежих.

4.3 Метода флоатације пластичних маса

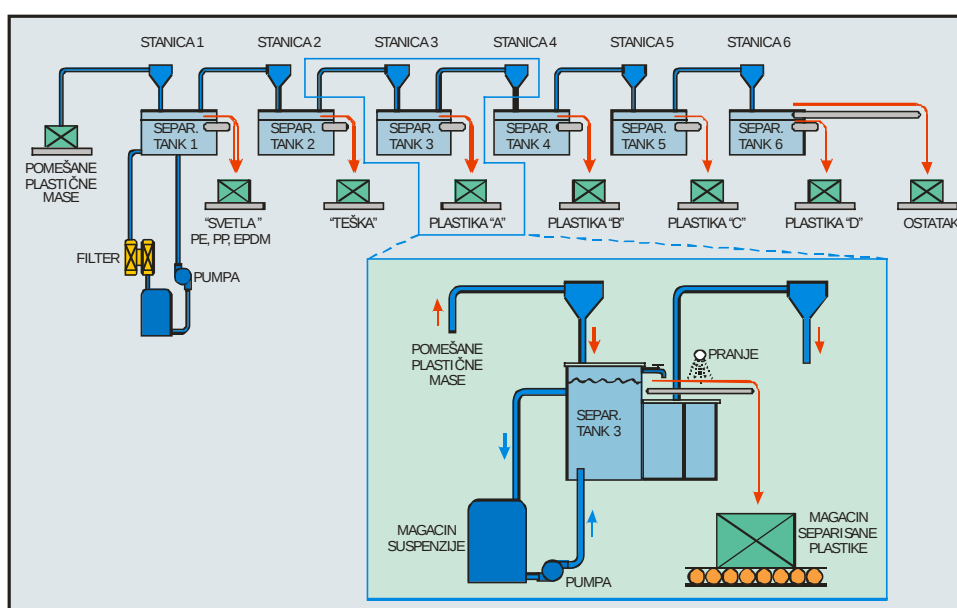
Метод пенасте флоатације представља један од новијих процеса (патентиран од стране Argonne National Laboratory) развијених у циљу сортирања термопласта без употребе опасних хемикалија. Технологија се успешно примењује при рециклажи,

односно сортирању пластичних материјала из старих уређаја, млевених делова аутомобила, индустријског отпада и електронских уређаја. Пенаста флотација користи особину површинског квашења материјала као основу процеса при чему се пластика потапа у хемијски раствор при чему долази до мењања њених површинских карактеристика. На тај начин се код одређених материјала стварају гасни мехури на површинама што проузрокује њено плутање, односно издвајање на површини, док други материјали код којих се не стварају мехури тону ка дну, слика 4.8.



Слика 4.8 Принципа рада [5]

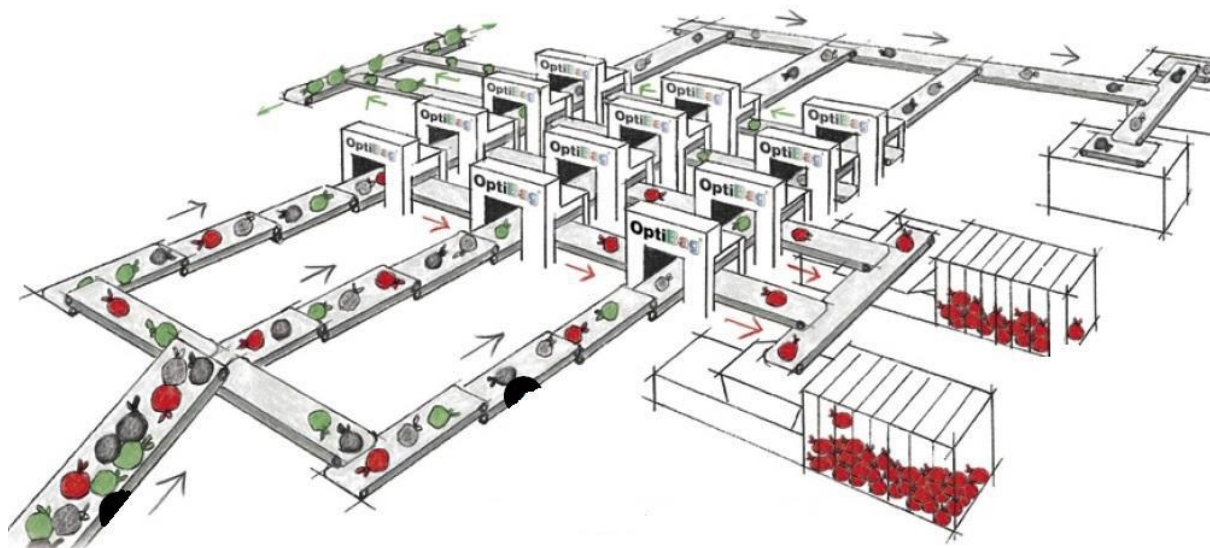
Поступак пенасте флотације се често примењује и као завршни корак након осталих конвенционалних метода сортирања пластичних делова заснованих на густини материјала. Овај поступак се нарочито примењује код материјала истих или сличних густина код којих није могуће сортирање претходним поступцима. Највећу примену поступак има при сортирању АБС-а и ХИПС-а који се најчешће користе за израду делова у електронској и аутомобилској индустрији. На овај начин се при рециклажи, односно млевењу аутомобила или електронског отпада могу постићи знатне уштеде при сортирању односно рециклирању пластичних материјала. Пример комплексног постројења за вишестепено сортирање флотацијом пластичних маса приказан је на слици 4.9.



Слика 4.9 Постојење [5]

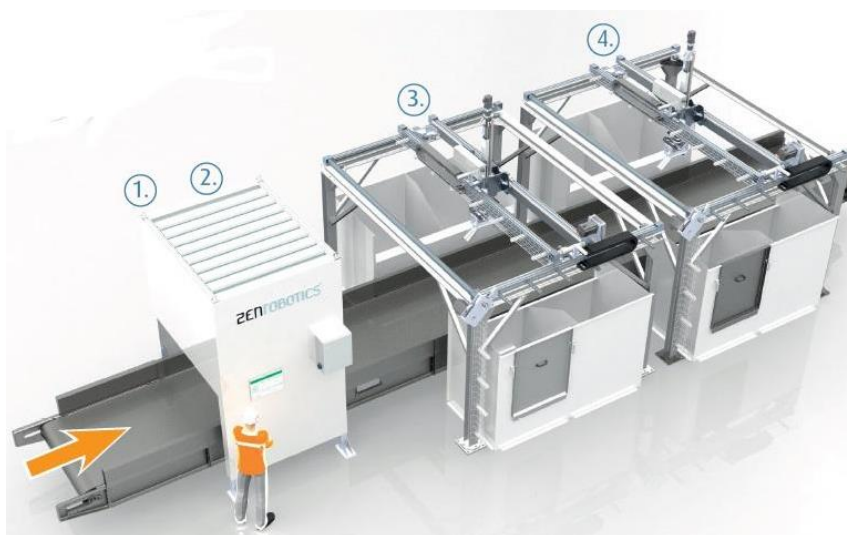
4.4 Примери уређаја за аутоматско сортирање

На слици 4.10 приказан је аутоматизован систем за центрифугално сортирање. Након што визијски систем у сензорској јединици препозна о којој је боји врећице реч, даје се налог манипулатору за извођење радње. Манипулатор помиче врећицу с долазног конвејера на конвејер који транспортира одређену боју врећице.



Слика 4.10 Аутоматизован систем [5]

Предузеће ZenRobotics развило је аутоматизовани поступак за сортирање отпада помоћу манипулатора. Њихов сустав сортира грађевински отпад на неколико врста. То су бетон, цигла, метал, дрво, тврда пластика и ситни грађевински отпад. Корисници овог сустава односно њихови купци зарађују продајом сирових материјала сортираних из осталог грађевинског отпада.



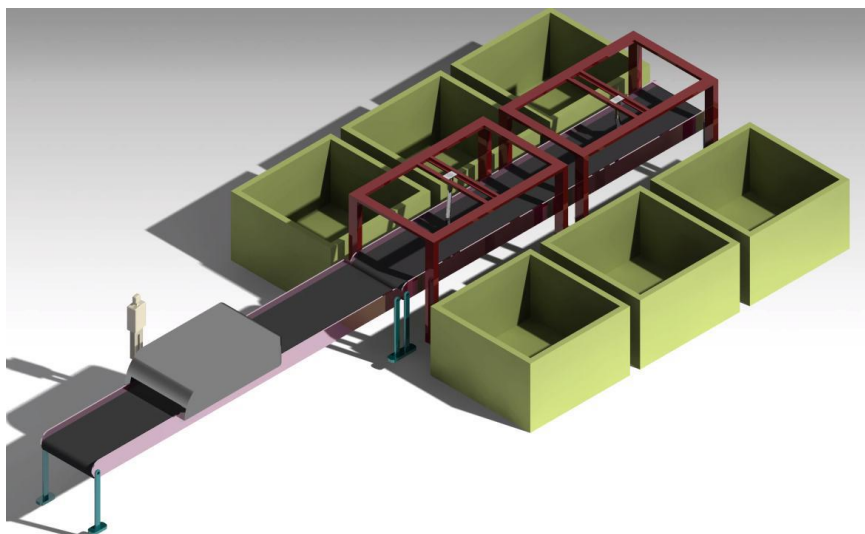
Слика 4.11 ZenRobotics уређај: 1. Мерна јединица 2. Сензорска јединица 3. Рачунар 4. Манипулатор [5]



Слика 4.12 Уређај за НИР спектроскопију [6]



Слика 4.13 Уређај за ЛИПС спектроскопију [6]



Слика 4.14 Линија за разврставање пластичних маса [5, 6]

5. БИЗНИС ПЛАН

У овом раду као практични део мастер рада урађен је бизнис план за предузеће које би се бавило рециклажом пластичних маса и производњом ПВЦ фолија.

Бизнис план је план визије предузећа, пут од жеља до стварности. У њему су постављени циљеви, анализиране основне слабости и најзначајније предности планираних активности и у складу са тим утврђена основна стратегија његовог спровођења.

Бизнис план утврђује тренутну позицију предузећа. Израда бизнис плана је развојни процес тестирања почетне пословне идеје, оцене њених реалних бизнис шанси у тржишном окружењу, пројекције реализације и начина остварења.

Бизнис план је, документ који служи као стандард са којим се могу поредити текући резултати након што је посао стартавао. Редовно поређење планираних и остварених активности Вам дозвољава да идентификујете проблеме пре него што постану нерешиви (неуправљиви). редовно поређење и корективне акције вам помажу да одржите Ваш посао на жељеном путу, ка остварењу постављеног циља.

Бизнис план је неопходан документ уколико желите да позајмите капитал. Добро урађен бизнис план је најсигурнија гаранција Ваше способности да управљате Вашом идејом. Бизнис план је значајан фактор који битно опредељује одлуку да ли ће Вам бити одобрена средства која тражите.

Основна делатност предузећа које ће бити тема овог бизнис плана је рециклажа пластични маса и производња ПВЦ фолије. Истраживањем тржишта долази се до сазнања да постоји велика потреба за рециклажом на домаћем тржишту а има и пуно депонија.

Да би се постао лидер у области рециклаже потребно је рециклирати и пластику из држава у окружењу као и Европске Уније.

Бизнис план који ће бити овде приказан треба да покаже да ли је овако постављени циљ реално остварљив. План је прецизан и концизан. У њему ће се анализирати тржишни, техничко–технолошки, економско-финансијски и организационо-управљачки аспекти бизниса. План ће обухватити презентацију анализе и процене целокупног бизниса, од идеје до њеног коначног обликовања.

Проблеми у оснивању малих предузећа и управљање њима, разликују се од оних који су својствени великим предузећима. Власник малог предузећа мора обављати све битне менаџерске функције и бавити се административним пословима (прибављање дозволе за рад, послови око пореза и осигурања, поштовање закона о запошљавању и отпуштању, ревизија итд.).

5.1 Резиме бизнис плана

Моја визија као лидера, власника и директора је да предузеће постане препознатљив, сигуран, проверен и пожељан конкурент осталим предузећима у овој

области на националном тржишту, а у перспективи и на балканском и европском тржишту.

Резиме је најважнији део бизнис плана. Њиме се даје концизан преглед свих делова плана. Овај део бизнис плана пише се на крају и са њим се комплетира бизнис план. У њему се више истиче онај аспект који треба да заинтересује потенцијалне кориснике да студиозније приступе читању целог документа. Пошто је резиме кратак преглед, у њему се морају истаћи кључна места и ставке које су детаљно обрађене у бизнис плану.

Табела 5.1 Основни подаци о предузећу

Предузетник	Милан Богдановић
Назив предузећа	Engineering plastics
Делатност предузећа	Рециклажа пластике
Власништво	100% приватно
Директор	Милан Богдановић
Лични пословни бонитет	Предузетник стручан, без дугова
Мотив бављења бизнисом	Обезбеђење прихода
Категорија	Предузеће је сврстано у категорију малих предузећа

Табела 5.2 Основни подаци о бизнис плану

Назив бизнис плана	Организација и вођење послова у предузећу " Engineering plastics " д.о.о.
Локација предузећа	Крагујевац
Основна делатност	Рециклажа пластике и пластичног отпада
План инвестиционих активности	2018. – 2019. год.
План потребних улагања	11 000 000 РСД
Учешће предузетника	11 000 000 РСД
Учешће кредита	0
Просечан приход	70 000 000 РСД
Просечан расход	50 000 000 РСД
Број стално запослених	12
Финансијско-економска оцена бизнис плана	Позитивна стопа акумулативности од 160,93% Економичност производње 1,2 Рок повраћаја уложених средстава 2 године
Друштвена оцена бизниса	Позитивна са економског, финансијског и социјалног аспекта
Закључна оцена бизниса	Позитивна са аспекта изводљивости

5.2 Полазна основа бизнис плана

У овом делу бизнис плана будући предузетник треба да кратко прикаже своје радно-биографске податке а затим и сврху, мотив и функцију свог бизниса. Такође треба да да одговор на питања која је то бранша, грана, или групација у оквиру којих намерава да покрене бизнис. У свему томе не сме се занемарити ни оцена о личности предузетника, његових сазнања и искуствених потенцијала. Да ли има знање и искуство за вођење опредељеног посла? Да ли ће се осећати сигурним у новом бизнису у односу на потенцијалне конкуренте?

Такође, у овом делу бизнис плана прецизно се утврђује материјална основа предузетника. Велики број малих фирми пропадне сваке године из разних разлога. Један од главних разлога је недостатак средстава у некој од фаза у процесу производње, зато што предузетник није водио довољно рачуна о својим финансијама.

Табела 5.3 Потребна имовина

Ред. бр.	Назив имовине	Јед. мере	Кол.	Вредност (РСД)
1.	Пословни плац	ар	200	600 000
2.	Производна хала	м ²	450	3 300 000
3.	Управна зграда	м ²	70	750 000
4.	Аутомобил	ком.	1	1 200 000
Укупно:			5 850 000	

Уколико се јави потреба за додатним новчаним средствима намера ми је да та недостајућа средства обезбедим путем кредита од одговарајуће кредитне институције.

РЕЦИКЛАЖА је једина област која код нас није развијена.

У Јапану се рециклира 98% свег отпада, док је код нас тај проценат занемарљиво мали, око 7%.

Велике количине пластичног отпада у свим облицима завршавају на депонијама и у потоцима, уместо у погонима где би сортирао и рециклирао.

Употреба рециклираног материјала у производњи предмета од пластике, у иностранству се примењује последњих 30 година, а код нас у последњих 10 година.

Производ који се произведе не губи на квалитету, а цена му постаје прихватљивија за тржиште, јер је рециклирани материјал за 60% јефтинији од оригиналног гранулата пластике.

За предузетнике који почињу посао рециклаже пластике, олакшавајућу околност представљају чињенице да пластичног отпада има на тоне и да није никакав проблем продати рециклирану пластику.

Рециклажа пластичних материјала подразумева један ланчани и свеобухватан процес прераде.

Пластични отпад се прво сортира, зато што постоји неколико врста пластике која се рециклира.

Врсте пластичних маса и производи:

- ПЕ (полиетилен)....гајбе, бурићи, канте, црева, балони постоји полиетилен високе и ниске густине;
- ПП (полипропилен)...столови и столице, кућна пластика, саксије,разне кадице, ванглице и сл.;
- ПС (полистирол)...пластични делови на белој техници,и сл.;
- ПВЦ (поливинилхлорид)..отпаци од пвц столарије, гарнишне, водоводне цеви и сл.;
- АБС (акрилонитрил бутајден стирен)...техничка пластика, рачунари,...;
- ПА (полиамид) ...делови у ауто индустрији;
- ПЕТ пластичне флаше за амбалажу.

Најзаступљенији пластични отпад је од прве две врсте пластике. После сортирања иде чишћење пластике од других материјала, папира, метала и сл. Затим, прање пластике, зато сто рециклат мора да буде чист. Прање се врси страфиксом. Он скида блато и осталу прљавштину са пластике. Потом се крупнији комади секу на ситније, како би могли да се убаце у млин. Отпадна пластика се одваја по бојама, а и не мора. Све зависи од купца рециклата, углавном се пакује у вреће тежине до 30кг.

Цене млевене пластике на тржишту у Србији:

- ПЕ-откупна цена може да иде до 20 дина., а продајна иде од 45 до 65 динара у зависности од тога који је отпад у питању;
- ПП-откупна цена до 20 динара, а продајна до 50 динара;
- ПС- откупна цена до 30 динара, а продајна до 65 динара;
- ПВЦ- откупна цена до 50 динара,а продајна до 80 динара;
- АБС- откупна цена до 30 динара, а продајна до 70 динара;
- ПА- откупна до 50 динара, а продајна до 85 динара;
- ПЕТ откупна до 7 динара, а продајна до 20 динара.

Кратко речено, по једној тони прерађеног пластичног отпада може се зарадити око 50 000 динара што је сасвим солидно.

Са опремом која се може наћи на нашем тржишту, може се прерадити најмање 5 тона дневно. Зато се организује мрежа сакупљача, и сарадника који сакупљају и откупљују пластични отпад.

5.3 Стратегија и маркетинг план

Рециклажа је будућност и има пуно посла да се она спроведе да буде на високом нивоу.

У сарадњи са предузећима која се баве прерадом пластике, као и са људима који сакупљају секундарне сировине план је да се рециклира најмање 2 тоне дневно.

Биће потребно да моја комерцијала обилазити дивље депоније, као и нехигијенска насеља и биће константно у комуникацији са људима који секундарне сировине.

Потенцијални корисници мојих услуга биће како велика и мала предузећа и корпорације, тако и појединци. Планирам да своје будуће кориснике и сараднике привучем пре свега квалитетом и поштовањем рокова.

Као главно маркетиншко средство у првој години бизниса изабрао сам кратке брошуре и веб страницу где ће бити представљена целокупна могућност мог предузећа у области рециклаже.

Такође сам решио да обавестим људе дељењем летака који живе у нехигијенским насељима да могу да сакупљају отпад за мене.

У циљу придобијања поверења као и освајања нових тржишта предузеће ће кроз куповину нове опреме, у наредним годинама бизниса, као и сталним стучним усавршавањем запослених радника остварити право на добијање сертификата

ИСО 14000 (ISO 14000) од стране TÜV SÜD Serbia која је интернационална компанија и са њеним сертификатом кренућу у освајање страног тржишта.

То ће ми створити додатну предност у односу на конкуренте, и свакако ме, уз одговарајућу маркетинг промоцију, учинити значајним за будуће кориснике мојих услуга.

Када се будући предузетник одлучи за одговарајућу пословну идеју он је, у ствари, донео прву одлуку за маркетинг. План маркетинга је суштина размишљања о бизнису. Успешан маркетинг заснива се на високој способности у задовољавању потреба купаца и корисника услуга. Мора се знати да задовољан купац понавља куповину и доводи фирми нове купце.

Идентификација циљног тржишта је веома важна. Оно је усмерено на одређено подручје или групу купаца, корисника услуга, где се жели усмерити продаја производа или пружање услуге. Купци, корисници услуга, се морају описати - по годинама старости (млади, средњовечни, стари) , по социјалном и имовинском стању, по образовању, по полу, по стилу и начину живота итд. Такође се мора дати одговор на питање: Колико има потенцијалних купаца, корисника услуга? Да ли је потенцијално тржиште у расту, стагнацији или паду? Ко су и какви су конкуренти? Локација конкурентских фирми и квалитет њихових производ. Какви су планови у погледу цена и услова продаје? Какав је план пропаганде? Коју рекламну стратегију ће користити фирма? Које медије и средства? Какав је план продаје или пружања услуга?

Треба имати у виду да је тржиште гладно добрих производа, услуга. Постоји велики број непокривених или слабо покривених циљних група којима се могу понудити интересантни производи, услуге. Потребно је "само" сетити се и затим ту идеју стрпљиво и енергично разрадити и реализовати. Дакле, избор пословне идеје мора да почне од потреба купаца. Задовољавање потреба купаца мора постати језгро око кога ће се формирати све функције нове фирме. Оно је мера успешности бизниса.

План ми је да покажем своје могућности и квалитет, чиме бих задобио поверење и репутацију.

Предузећа која би ме евентуално могла ангажовати:

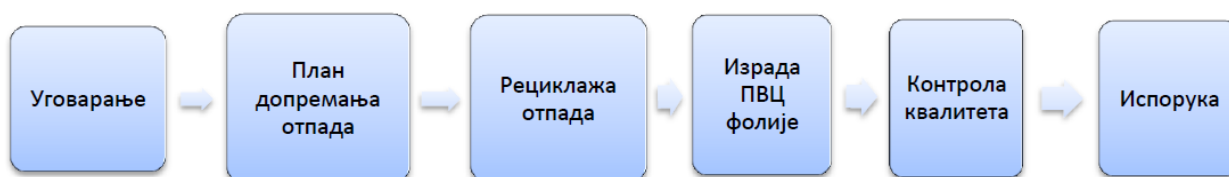
1. ЈКП Градска Чистоћа Крагујевац
2. Произвођачи ПВЦ столарије из Србије
3. Пештан Аранђеловац
4. Гибли Пласт (Ghibly Plast) Осечина
5. Скала М Београд

Најважнији добављач предузећу био би ЈКП Градска Чистоћа Крагујевац.

5.4 Анализа техничко–технолошких аспеката бизниса

У овом делу оснивачког бизнис плана приказује се:

- локација и карактеристике простора, објеката и радних просторија;
- ток технолошког процеса;
- потребна опрема и њихова величина као и главни добављачи опреме и сировина;
- сировине и материјали који се користе и њихове карактеристике.

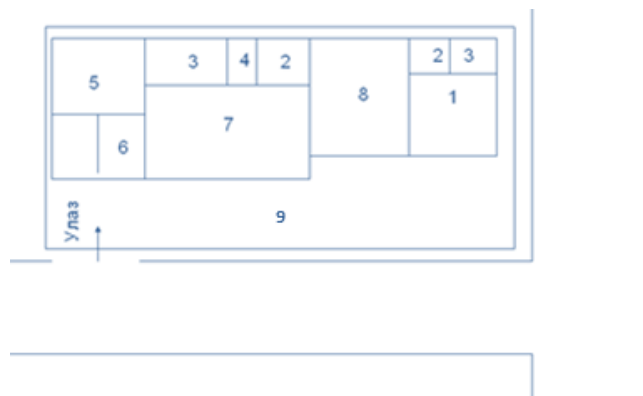


Слика 5.1 Фазе технолошког процеса

Потребан простор за предузеће:

1. Канцеларијски простор;
2. Простор за пушаче;
3. Мокри чвор;

4. Гардероба;
5. Остава са ситним алаткама и машинама;
6. Истовар набавног материјала;
7. Хала за рециклажу;
8. Израда ПВЦ фолије;
9. Паркинг простор.



Слика 5.2 Потребан пословни простор

На основу утврђених потреба материјала закључујем да мом предузећу нису потребне залихе материјала, већ ће се потребни материјал за рециклажу достављати у довољним количинама да моје предузеће попуни своје капацитете.

У Србији има пуно отпада и депонија тако да имамо залиха и за остале фирме које се баве рециклажом.

Следећом табелом су приказана сва потребна средства за отпочињање бизниса, која спадају у основна средства.

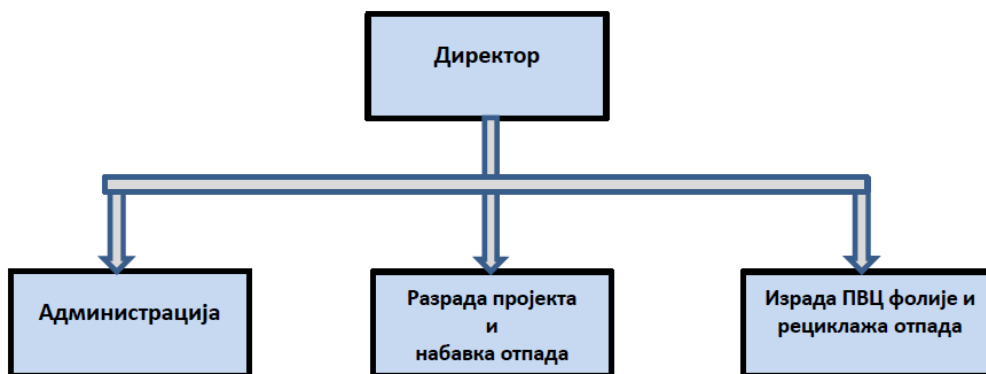
Табела 5.3 Структура основних средстава за планирани бизнис

Назив средства	Јединица мере	Количина	Обезбђеност
Пословни плац	ар	200	-
Производна хала	m ²	450	-
Канцеларијски простор	m ²	70	-
Путничко возило	ком	1	-
Камион	ком	1	-
Линија за рециклажу	ком	1	-
Виљушкар	ком	1	-
Пакерица	ком	1	-

5.5 Организација и менаџмент

У састављању менаџмент плана потребно је укратко, али ефектно дати организациону шему са описом шта она значи. Она ће потврдити да ли постоји организованост за коришћење пословних шанси и да ли се у предузећу тачно зна шта ко ради, као и да ли ће предузеће одговорно и на време извршавати све послове. Полазећи од успостављене технологије пожељно је направити скраћен опис сваког радног места из кога свакако произлази и опис послова целе фирме. Из овог следи и списак неопходних радника са потребним квалификацијама, које треба запослити да би се планирани бизнис успешно одвијао.

С обзиром да се ради о малом предузећу предвидео сам следећу нивовску структуру менаџмента приказану следећом сликом.



Слика 5.3 Шема структуре менаџмента

Табела 5.4 План запошљавања

Редни Број	Назив радног места	Степен стручне спреме	Квалификације	Број стално запослених
1	Директор предузећа	ВСС	Мастер/Дипломирани инжењер машинства	1
2	Руководилац послова	ССС	Машински техничар	1
3	Административни радник	ССС	Економски техничар	1
4	Возач	КВ	Б и Ц категорија	2
5	Радник(производња)	КВ	/	5
6	Радник(одржавање)	КВ	/	1
7	Хигијеничарка	/	/	1
Укупно		12		

У фирми запослени ће обављати следеће послове:

- Рециклажа пластике и производња ПВЦ фолије,
- набавка материјала,
- одржавање мреже сакупљача отпада,
- послови маркетинга,
- административни и финансијски послови,
- управљачки послови.

Вођење основане фирме (предузећа) засниваће се на функцијама савременог менаџмента - планирања, организовања кадрова и контролисања остварене израде у складу са потребама и захтевима потражиоца.

Уколико дође до битнијих промена на тржишту бићу спреман да се тим променама прилагодим, што подразумева и одговарајуће измене у бизнис плану.

5.6 Финансијски план бизниса

У оквиру финансијске анализе која следи извршићу вредновање свих, претходно дефинисаних квалитативних параметара, чиме ће све ставке добити заједнички именитељ. Вредновањем свих производних инпута и аутпута добићу увид у трошкове пословања и укупно финансијско пословање. На бази тако утврђених пословних резултата извршићу пројекцију биланса успеха који ће представљати основни извор информација за оцену оправданости и ефикасности инвестиционог улагања.

За инвестиције потребна су ми средства за набавку нове опреме у вредности од 46 378 800 РСД.

Табела 5.5 *Инвестициони план (предрачунска вредност инвестиције)*

Редни број	Опис улагања	Јединица мере	Количина	Вредност (РСД)	Обезбеђено
1	Аутомобил	ком	1	820 000	-
2	Камион	ком	1	1 800 000	-
3	Комби	ком	1	700 000	-
4	Виљушкар	ком	1	700 000	-
5	Линија за рециклажу пластике	ком	1	10 650 000	-
6	Пакерица	ком	1	700 000	-
7	Комплет алата	ком	1	60 000	-
Укупно:			14 692 000		

Планирани обим послова у прве две године бизниса на годишњем нивоу дат је следећом табелом.

Табела 5.6 Укупан приход у години пуног коришћења капацитета

Годишњи обим делатности и приходи	Количина	Јед. мере	Цена	Укупно (РСД)
Гранулат	600	тона	65 000	39 000 000
Фолије	600	тона	76 000	45 600 000
Укупно:				720.000

Трошкови амортизације израчунати су по амортизационим стопама од 2,5% за грађевинске објекте, 5% за опрему и 15% за камион и комби . Годишњи трошкови одржавања грађевинских објеката су 3% од њихове вредности, а годишњи трошкови одржавања опреме су 5% од вредности у целом веку експлоатације.

Табела 5.7 Обрачун амортизације и трошкови одржавања

Опис	Нова средства	Стопа амортизације	Износ амортизације	Стопа трошкова одржавања	Износ трошкова одржавања
Камион	1 800 000	15%	270 000	10%	180 000
Комби	700 000	15%	105 000	10%	70 000
Виљушкар	700 000	10%	70 000	10%	70 000
Линија за рециклажу пластике	10 650 000	5%	532 500	5%	532 500
Пакерица	700 000	5%	35 000	5%	35 000
Комплет алата	60 000	5%	3000	5%	3000
Укупно:			1 015 500		890 500

Трошкови зарада запослених обрачунати су на бази података о укупном броју радника у погону и вођењу фирме и процене висине бруто зараде по раднику.

Табела 5.8 Бруто трошкови рада у години пуног коришћења капацитета

Редни број	Радно место	Број потребних радника	Месечна нето зарада	Месечни порези на зараде	Месечна бруто зарада	Годишња бруто зарада
1	Директор	1	90 000	40 000	130 000	1 560 000
2	Руководиоц послова	1	60 000	30 000	90 000	1 080 000
3	Административни радник	1	50 000	25 000	75 000	900 000
4	Возач	2	90 000	40 000	130 000	1 560 000
5	Радник(производња)	5	250 000	150 000	400 000	4 800 000
6	Радник(одржавање)	1	55 000	35 000	90 000	1 080 000
7	Хигијеничар	1	35 000	18 000	53 000	636 000
Укупно:			11 616 000			

Трошкови електричне енергије при пуном коришћењу капацитета у 250 радних дана годишње износиће 2 340 000 РСД.

Трошкови горива за камион, комби, аутомобил и виљушкар на годишњем нивоу износиће 880 000 РСД

Остали трошкови процењени су на 360 000 РСД и пратиће планирану динамику послова уз максимално уважавање стандарда трошења и економичности пословања.

На основу свега овог произлази да ће се остварити следећи износи варијабилних трошкова, табела 5.8.

Табела 5.9 План варијабилних трошкова у години пуног капацитета

Редни број	Опис	Износ
1	Трошкови електричне енергије	2 340 000
2	Трошкови горива	880 000
3	Остали трошкови	360 000
4	Нематеријални трошкови	2 574 000
5	Бруто зараде	11 616 000
6	Трошкови изнајмљивања пословног плаца са халом и управном зградом	4 600 000
7	Цена израде	36 000 000
Укупно:		5 837 0000

Планиране дневнице за службена путовања, рачуноводствене услуге, банкарске услуге, премије осигурања, репрезентације, разних такса и друге нематеријалне трошкове проценио сам на износ од 2 574 000 РСД годишње.

Табела 5.10 План годишњих нематеријалних трошкова

Редни број	Опис	Износ
1	Трошкови рачуноводствених и банкарских услуга	351 000
2	Трошкови путовања, презентације и маркетинга	1 404 000
3	Премија осигурања и таксе	468 000
4	Остало	351 000
Укупно:		2 574 000

Финансијски план у сегменту биланса успеха садржи финансијску пројекцију планираног прихода и претходно утврђене трошкове и нето финансијски резултат који ће се остварити у години пуног коришћења капацитета. У прве две године бизниса, према закону, предузетници су ослобођени пореза на добит.

Табела 5.11 Планирани оснивачки биланс успеха у пројектованом периоду

Редни број	Елементи	2018.	2019.
1	Укупан приход	84 240 000	84 240 000
2	Укупан расход	58 000 000	58 000 000
3	Бруто добит	27 000 000	27 000 000
4	Порез на добит	0	0
5	Нето добит	27 000 000	27 000 000
6	Стопа нето добити	0	0

Биланс успеха или рачун добитка-губитка, како је често назива у литератури је преглед прихода, расхода и финансијског резултата као разлике међу њима у конвенцијално утврђеном обрачунском периоду.

Финансијски резултат може бити позитиван и негативан. Ако је позитиван евидентира се на расходној, а негативан на приходној страни, што доводи до успостављања билансне равнотеже.

За биланс успеха се зна да може бити у форми двостраног прегледа или у форми једностраног прегледа. Сама садржина биланса успеха наглашава његов значај, јер се на тај начин сагледава успешност пословања предузећа.

Разлика између укупних прихода и укупних расхода, представља добит предузећа. Табела показује да се биланс успеха прави на основу следеће једначине: Приходи = Расходи + Добит.

Финансијско - економску оцену бизниса урадио сам полазећи од интереса моје фирме. Међутим, функционисање предузећа посматрам и оцењујем и са аспекта интереса друштва. При томе, друштвено-економска оцена бизниса обухвата: утицај бизниса на човекову околину и утицај бизниса на запосленост.

Моје предузеће са својом производњом неће изазвати негативне последице по окружење у коме ће бити лоцирано. Такође, поред заштите ваздуха, ни питање заштите воде не узимам у обзир, зато што производња неће условљавати појаву отпадних вода. Проблем буке, такође, не изазива посебну пажњу, с обзиром да ће њен интензитет бити

у границама нормале, а и декларацијом произвођача опреме предвиђене су мере како не би дошло до емитовања прекомерне буке.

Предвиђени бизнис је прихватљив и са аспекта запошљавања, јер обезбеђује стални посао за одређени број радника.

5.7 Финансијско-економска оцена успешности и ризика

Финансијско-економска успешност бизниса оцењује се применом одговарајућих статичких и динамичких метода. Њихова примена захтева поред биланса успеха и дефинисање токова средстава, тј. пројекцију финансијског и економског тока средстава.

Пројекција финансијског тока средстава директно се изводи из пројектованог биланса успеха. При томе финансијски ток на страни новчаних примитака садржи: укупан приход, изворе финансирања и преосталу вредност (ликвидациону вредност), тј. неотписану вредност основних средстава и вредност трајних обртних средстава на крају економског века бизниса. Супротно томе, финансијски ток на страни издатака (одлива) садржи: инвестиције, пословне расходе без амортизације, порез на добит и ануитете за отплату кредита (отплата главнице плус камата).

Нето финансијски ток представља разлику између укупних новчаних прилива (примитака) и издатака (одлива) у свим годинама економског века бизниса. На основу конструисане табеле произлази да је пројектовани бизнис ликвидан у свим годинама његовог економског века трајања. Планом за пројектовани период утврђен је просечан годишњи нето финансијски ток у износу од 33 391 800 РСД.

Пројекција економског тока средстава сачињена је слично финансијском току, с тим што су овде изостављени ануитети за враћање кредита, као и ставке које значе сам начин финансирања бизниса. Економски ток даје увид у економски потенцијал бизниса.

5.8 Закључна оцена бизнис плана

Све поставке и параметри дати у бизнис плану указују на оправданост улагања у формирање предузећа. Ову оправданост заснивам на следећем:

- Финансијско - економска оцена успешности и ризика бизниса указује на то да је бизнис профитабилан и да обезбеђује значајну акумулацију, повољан рок враћања уложених средстава;
- Планирани послови у оквиру овог бизниса немају негативних еколошких утицаја на околину и радну средину;
- Тржишту се нуди израда стабилног квалитета и конкурентних цена;
- Постоје сасвим реалне могућности уредног снабдевања предузећа потребним материјалом;
- Продуктивно запошљавање кроз стални радни однос;

- Опрема у коју намеравам да уложим је гаранција успеха мог бизниса.

6. ЗАКЉУЧАК

У зависности од фазе развоја неког друштва, колективне и индивидуалне свести, националне економије, животног стандарда и технолошког развоја мења се и количина и састав чврстог отпада, приступ његовом прикупљању, селекцији и крајњем третману, односно преради. Неадекватно одлагање чврстог отпада дугорочно може имати глобално негативан утицај на основне сегменте животне средине (ваздух, воду и земљиште), а самим тим и на здравље становништва.

Структура и развијеност привреде, посебно индустрије, утиче на развој потрошње пластичних материјала, обзиром да све индустријске делатности нису једнако интензивни потрошачи истих. Неке индустријске гране су релативно велики потрошачи пластичних материјала (електро и електронска, дрвнопрерађивачка, индустрија транспортних средстава, индустрија амбалаже,...), и уколико су ове индустријске гране у појединим земљама развијеније, утолико ће и потрошња пластичних материјала бити знатно већа.

С друге стране, услови живота и стална потреба за порастом животног стандарда све већег броја становника још више су повећали несташицу природних материјала, чиме је и њихова цена расла, изискујући потребу за економски приступачним и истовремено широко примењивим материјалима. Као одговор на ове захтеве савременог потрошачког друштва наука је још половином прошлог века понудила решење у виду пластичних маса.

Револуција у производњи и још широј употреби пластичних маса довела је до скоро неограничене и неконтролисане производње јефтиних производа, па се за само 50 година производња увећала преко 200 пута, што није забележено ни код једног другог материјала, тако да је производња пластичних маса превазишла производњу свих метала заједно.

Међутим, резерве природних необновљивих сировина се све брже исцрпљују, чиме се ствара потреба за проналажењем одговарајућих алтернативних решења, а с друге стране се јавља и проблем збрињавања огромне количине отпадне пластике, која је забележила приближно исти раст као и производња.

Веома ефикасно алтернативно решење (али недовољно примењено) је управо рециклирање пластичних маса. Иако разлика у карактеристикама и хемијском саставу различитих типова пластике, као и употреба различитих компоненти у саставу пластике спречавају да се постави неки уопштени модел рециклирања пластичног отпада, пракса је нашла начина да успешно идентификује и са задовољавајућим квалитетом рециклира оне пластичне масе које су у најширој употреби (широкопримењиви полимери), а које заузимају чак 95% укупне светске производње пластике.

Уверења сам да ће у блиској будућности, када се промени свест људи о значају и вредности рециклаже пластичних маса (а такође уреди и квалитетним законима), иста постати сасвим уобичајена и свакодневно подразумевана пракса, вероватно и исто тако једноставна, као што је некада на свом почетку била и рециклажа папира.

Бизнис план је документ којим се анализира предстојећи пословни подухват. То је врста елабората којим се потенцијалним финансијерима представља намера да се реализује одређени пословни подухват.

Бизнис план се прави за период од једне до пет година и треба га разликовати од студије оправданости која је дугорочна и односи се на цео период експлоатације намераваног подухвата.

Израда Бизнис плана, који је код нас до скоро био мање у употреби, је мање више прецизно дефинисана у свету, те су, поготово страни инвеститори навикнути да тај документ има готово увек исти облик, поглавља, начин излагања.

С обзиром на значај израде бизнис плана у свету предузетништва, овим радом се хтелo повезати теоретски аспекти израде бизнис плана са његовом практичном применом, са тежиштем на оснивачки бизнис план, тј. када предузетник отвара нову фирму, тј. почиње са радом.

Израда и анализа оснивачког бизнис плана представља велики изазов за сваког појединца који хоће да формира мало предузеће. Оснивачки бизнис план може помоћи предузетницима да непристрасно и систематски сагледају вредности предложеног пословног подухвата и да успоставе критеријуме за вредновање напретка усмереног ка постизању краткорочних и средњорочних циљева.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Јовановић М., Адамовић Д., Лазих В., Ратковић Н.: Машински материјали, Машински факултет Крагујевац, 2003.
- [2] Недић Б., Ђукић В.: Пластичне масе, књига у рукопису, Машински факултет Крагујевац, 2004.
- [3] Недић Б.: Технологије прераде пластичних маса, скрипта, Машински факултет Крагујевац, 2008.
- [4] Динуловић З.: Технологија рециклаже пластичних маса, дипломски рад, Машински факултет Крагујевац, 2011.
- [5] Барковић Д.: Аутоматско разврставање отпада, Факултет стројарства (машинства) и бродоградње Загреб, 2015.
- [6] Hamad K., Mosab K., Deri F.: Recycling of waste from polymer materials: An overview of the recent works, Elsevier Volume 98, Issue 12, 2013.
- [7] Трумић Милан, Трумић Маја, Богдановић Г.: Поступци рециклаже пластичног отпада са посебним освртом на механички третман, Технички факултет Бор, 2012.
- [8] https://www.erstebank.rs/content/dam/rs/ebs/www_erstebank_rs/Preduzetnici/Dokumentacija/Pitanja%20i%20saveti/Vodic_za_pokretanje_sopstvenog_posla.pdf
Пристап: 29.09.2018.
- [9] Михајловић С.: Израда и анализа бизнис плана у индустрији рециклаже, дипломски рад, Машински факултет Београд, 2012.
- [10] Бабић М.: Предузетништво – Теорија, процес и пракса, Машински Факултет Крагујевац, 2006.