

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Управљање чврстим отпадом

Број индекса: 371/2014

Далибор Д. Јевтић

**Раздвојено сакупљање отпада - могућа
решења за град Крагујевац
мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

- 1. Др Горан Бошковић - ментор**
- 2. Др Небојша Јовичић**
- 3. Др Саша Јовановић**

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да анализира процес сакупљања и транспорта комуналног отпада у урбаним условима. Посебна пажња ће бити посвећена анализи различитих опција раздвојеног сакупљања отпада. Моделирање процеса прикупљања комуналног отпада подразумева коришћење података добијених применом ГИС и ГПС технологија, као и софтверског пакета ArcGIS. На примеру града Крагујевца, спровешће се енергетска и економска анализа постојећег стања, као и предложених идејних решења раздвојеног сакупљања отпада. Рад треба да садржи следеће целине:

1. Увод
2. Сакупљање и транспорт отпада комуналног отпада (инфраструктура и модалитети, примери у свету и у Србији)
3. Опције раздвојеног сакупљања отпада
4. Модел за израчунавање економских и енергетских трошкова прикупљања комуналног отпада у урбаним условима
5. Примена модела на град Крагујевац (постојеће и предложена идејна решење)
6. Закључак

Препоручена литература:

- [1] Јовичић Н., “Управљање чврстим отпадом”, скрипта са материјалом за курс-Технологије и опрема за депоновање отпада, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2005
- [2] Edward M. Curtis, III and Robert D. Dumas, “A Spreadsheet process model for analysis of costs and life-cycle inventory parameters associated with collection of municipal solid waste”, Август 2000
- [3] Јовичић Н., Вујић, Миловановић Д., Јовичић Г., Деспотовић М., Батинић Б., Станисављевић Н., Убавин Д., Гвозденац Б., Бошковић Г., “Методологија за одређивање морфолошког састава комуналног отпада, Техничко решење”, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2009
- [4] Бошковић Г., “Унапређење енергетске ефикасности градског система за управљање чврстим отпадом”, докторска дисертација”, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014

Крагујевац, март 2016

ментор:

Др Горан Бошковић, доцент

Резиме

Основни научни циљ овог мастер рада је формирање ефикасне методологије и алгоритма за израчунавање економских и еколошких трошкова прикупљања комуналног отпада у урбаним срединама. Избор оптималне технологије подразумева сагледавање утицаја великог броја фактора, као и специфичности окружења. Велики број и разноврсност критеријума за вредновање перформанси система управљања отпадом, намеће потребу за применом сложених метода и алата, који треба да помогну доносиоцима одлука приликом процедуре избора оптималних решења.

Значајан део рада је посвећен је анализи инфраструктуре и модалитета сакупљања и транспорта комуналног отпада. Приказане су опције раздвојеног сакупљања отпада. Дат је математички модел за израчунавање економских и енергетских трошкова сакупљања комуналног отпада у урбаним условима. На основу развијеног модела, коришћењем програма за табеларне прорачуне, Microsoft Excel-а, формиран је програм који има задатак да прорачуна економске и енергетске трошкове прикупљања отпада за различите сценарије сакупљања отпада.

На нивоу једног насеља у Крагујевцу, примењена је претходно дефинисана методологија за одређивање економских и енергетских трошкова за три различита сценарија сакупљања отпада.

Кључне речи: управљање чврстим комуналним отпадом, раздвојено сакупљање отпада, трошкови сакупљања отпада, енергетска ефикасност

Abstract

The aim of research in this master thesis is the establishment of an effective methodology and algorithms for calculating the economy and ecological cost of municipal waste collection in urban areas. Selection of optimal technology involves analyzing the influence of many factors, as well as the specifics of environment. Large number and variety of criteria for evaluating performance of waste management system, imposes the need for using complex methods and tools which should help decision makers in the procedure for selection of optimal solutions.

The significant part is dedicated to the analysis of infrastructure and modalities for collection and transportation of municipal waste. Options of separated collection of waste are displayed. Mathematical model for calculating the economic and energy cost of municipal waste collection in urban areas. Based of the developed model using a spreadsheet, Microsoft Excel, the program was established, which has the task of calculating economic and energy costs of different scenarios for waste collection.

On the level of a settlements in city of Kragujevac, model was applied for determining the economic and energy costs for three different scenarios of waste collection.

Key words: solid waste management, separated collection of waste, cost of waste selection, energy efficiency

Садржај

1.	Увод	1
2.	Сакупљање и транспорт комуналног отпада.....	3
2.1.	Сакупљање отпада	4
2.1.1.	Модалитети сакупљања отпада.....	4
2.1.2.	Систем прикупљања отпада од врата до врата.....	4
2.1.3.	Прикупљање отпада са места прикупања (drop - off)	5
2.1.4.	Методе преузимања сакупљеног отпада	6
2.2.	Транспорт комуналног отпада	7
2.2.2	Друмски, железнички и бродски транспорт	8
2.3.	Инфраструктура и модалитети опреме за прикупљање и транспорт отпада 10	
2.3.1.	Roll - off контејнери	10
2.3.2.	Skip контејнери.....	12
2.3.3.	Покретни контејнери.....	14
2.3.4.	Места за прикупљање отпада / рециклажна дворишта	17
2.3.5.	Нестандардизоване посуде за сакупљање отпада - кесе и џакови.....	19
2.3.6.	Флексибилни средње запремински контејнери - велики џакови.....	20
2.3.7.	Камион за прихватање посуда задње стране - аутосмеђар	21
2.3.8.	Камион за прихватање посуда са предње стране	24
2.3.9.	Камиони за прихватање посуда са бочне стране	26
2.3.10.	Пнеуматско сакупљање и транспорт отпада (вакуум).....	28
2.3.11.	Обележавање (таговање) контејнера	31
2.3.12.	Камионска полуприколица са системом „покретног” пода	34
2.3.13.	Систем замене тела (контејнера)	36
2.3.14.	Трансфер станице	39
3.	Опције раздвојеног сакупљања отпада.....	43
3.1.	Сценарио 1: Мини рециклажни центар.....	43
3.2	Сценарио 2: Контејнерско (ивичњак) сакупљање отпада са одвојеним сакупљањем биоразградивог отпада.....	46
3.3.	Сценарио 3: Раздвојено сакупљање отпада са сепарацијом биоразградивог отпада	48
3.4.	Сценарио 4: Прикупљање отпада возилом са преградама	49

3.5. Сценарио 5: Алтернативно недељно прикупљање отпада Недељно прикупљање отпада	51
3.6. Сценарио 6: Прикупљање уз помоћ кеса / цакова	52
4. Модел за израчунавање економски и енергетских трошкова прикупљања комуналног отпада у урбаним условима	54
4.1. Математички модел трошкова прикупљања отпада	54
4.1.1. Математички модел прикупљања мешаног отпада.....	55
4.2 Математички модел прикупљања отпада раздвојеног на извору	59
5. Примена модела на град Крагујевац	68
5.1 Постојеће решење управљања чврстим комуналним отпадом у Крагујевцу / насељу Ердоглија	68
5.1.1. Јавно Комунално Предузеће „Чистоћа”	68
5.1.2 Депонија комуналног отпада „Јовановац”	69
5.1.3 Опрема за управљање чврстим комуналним отпадом Јавног Комуналног предузећа “Чистоћа”	70
5.1.3 Морфолошки састав отпада на територији града Крагујевца.....	73
5.1.4 Прикупљање отпада у репрезентативном делу граду (у насељу Ердоглија)	74
5.2 Идејно решење одвојеног сакупљања отпада	80
5.2.1 Прорачун трошкова сакупљања мешаног отпада	81
5.2.2. Сакупљање отпада раздвојеног на рециклабилни и преостали отпад (мешани)	84
5.2.3 Сакупљање отпада раздвојеног на биоразградиви отпад	91
5.2.4. Прорачун трошкова прикупљања мешаног отпада који остане после издвајања фракције рециклабилног и биоразгидивог отпада	94
6. Закључак	99
Литература	100

1. Увод

Последњих неколико деценија, посебно у високо развијеним земљама, придаје се значајна пажња и улажу велика финансијска средства у циљу унапређења праксе управљања отпадом. Настајање отпада је у директној вези са националним економијама, али је и достигнути ниво система управљања отпадом веома повезан са степеном економског развоја држава. Опште прихваћени принцип интегрисаног управљања отпадом предвиђа комплексан приступ и структуру система који морају да задовоље бројне мултиинтересне захтеве.

Основни научни циљ овог мастер рада је формирање ефикасне методологије и алгорита за израчунавање економских и еколошких трошкова прикупљања комуналног отпада у урбаним срединама. Избор оптималне технологије подразумева сагледавање утицаја великог броја фактора, као и специфичности окружења. Ту се, пре свега, мисли на тренутне технолошке могућности у управљању чврстим комуналним отпадом, као и на климатске и социо-културолошке специфичности. Велики број и разноврсност критеријума за вредновање перформанси система управљања отпадом, намеће потребу за применом сложених метода и алата, који треба да помогну доносиоцима одлука приликом процедуре избора оптималних решења.

У оквиру другог поглавља, значајан део је посвећен начинима и моделитетима сакупљања отпада. Због различитости насељених места у урбаним срединама, зависи који се аранжман за сакупљање отпада се користи. Управо је у овом делу рада детаљно анализирана инфраструктура и модалитети сакупљања и транспорта комуналног отпада. Приказане су све доступне информације што се инфраструктуре за управљање комуналним отпадом тиче. Такође, приказане су предности и мане сваког дела система за управљањем отпадом.

Опције раздвојеног сакупљања отпада, приказане су у трећем поглављу рада. Приказани су могући сценарији за сакупљање и транспортовање отпада. Сваки сценарио, од укупно шест колико их је описано у раду, има шематски приказ како би сакупљање и транспорт отпада требало да функционише. Објашњене су предности ових опција сакупљања и транспорта отпада и дата су питања за разматрање која зависе од ситуације на којем се месту сценарио примењује.

У четвртном поглављу, дат је математички модел за израчунавање економских и енергетских трошкова сакупљања комуналног отпада у урбаним условима. На основу развијеног модела, коришћењем програма за табеларне прорачуне, Microsoft Excel - а, формиран је програм који има задатак да прорачуна економске и енергетске трошкове прикупљања отпада за различите опције прикупљања. Опције за које је направљен модел прорачуна прикупљања отпада су: прикупљање свог отпада као мешаног, прикупљање отпада када се из мешаног отпада одвоји рециклабилни отпад и сакупљање отпада када се из мешаног отпада одвоји и рециклабилни и биоразградиви отпад.

Управљање комуналним отпадом је у надлежности локалних самоуправа и обухвата функције сакупљања, транспорта, рециклаже, поновне употребе, третмана и одлагања отпада. Конципирање и реализација процеса управљања комуналним чврстим отпадом представљају врло сложен задатак, који изискује значајне организационе капацитете и сарадњу великог броја заинтересованих чинилаца из приватног и јавног сектора. У петом поглављу је дат приказ актуелног стања у сектору управљања чврстим комуналним отпадом на територији града Крагујевца. Такође је, на нивоу једног насеља у Крагујевцу, примењена претходно дефинисана методологија за одређивање економских и енергетских трошкова за три различита сценарија сакупљања отпада.

У последњем, шестом поглављу мастер рада, представљена су закључна разматрања везана за спроведени поступак вредновања и рангирања разматраних алтернативних решења. Истакнута је флексибилност дефинисане методологије, као и могућност њене примене у избору оптималних система управљања отпадом у осталим градовима на територији Републике Србије.

2. Сакупљање и транспорт комуналног отпада

Као додатак на повраћај материјала и енергије, што представља примарни циљ у управљању генерисаним отпадом, добар оквир за управљање отпадом треба да укључи обавезно процесе третмана и складиштења отпада пре његовог депоновања, као и све неопходне мере сакупљања и транспорта отпада. У циљу да се омогући претходно наведено, мора се обезбедити сакупљање отпада на месту његовог настанка. У случају када адекватни третман или прерада отпада није могућа у близини места његовог настајања, отпад мора да се транспортује, било директно или након претовара у трансфер станицама, у специјализована постројења за прераду или рециклажу, односно трајно депоновање отпада.

Сакупљање и транспорт отпада обухвата следеће фазе:

1. **сакупљање** отпада из свих домаћинства, индустријског и комерцијалног отпада укључујући и сакупљање отпада за рециклажу разврстаног на што је више могуће фракција и **преузимање** овог отпада са места настанка;
2. **транспорт** сакупљеног отпада до постројења за прераду и одлагање отпада, укључујући све неопходни трансфере или привремено складиштење.

Фаза сакупљања и транспорта отпада игра централну, али често потцењену улогу у систему управљања отпадом. Она чини 60 - 80 % удела у укупним трошковима система за управљање отпадом. Стога, било какво унапређење у организацији и реализацији ове фазе може да резултира значајним уштедама. На тип, величину и просторни распоред посуда за сакупљање отпада као и на учесталост сакупљања отпада, утичу састав комуналног отпада као и квалитет и количина издвојеног рециклабилног отпада, дефинишући тиме цену сакупљања и третмана отпада. Из свега претходно наведеног долази се до закључка да се шанса да може да се утиче на количину и састав токова отпада налази на самом почетку ланца система за управљање отпадом..

Ефикасна и оптимална имплементација и организација сакупљања отпада мора да узме у обзир следеће факторе:

- величину области за сакупљање отпада,
- његову структуру, економске и социјалне параметре,
- захтеве корисника,
- спектар одговарајућих система за сакупљање и технологија.

Сви неопходни детаљи који се односе на поменуте факторе су детаљно објашњени у овом раду. Такође, у наставку ће бити приказан технички опис могућих решења сакупљања отпада.

2.1. Сакупљање отпада

Процес сакупљања отпада почиње када се генерисани отпад одложи у одговарајуће посуде за сакупљање отпада и завршава се пражњењем возила која се користе за сакупљање отпада. Стога је систем за сакупљање отпада дефинисан као комбинација технологија и људских активности при чему га карактеришу:

- посуде које се користе за сакупљање,
- примењене методе размештања и пражњења,
- возила за прикупљање.

У насељима са различитом структуром објеката (стамбеним, пословним или индустријским објектима) немогуће је сакупити отпад коришћењем само једног система сакупљања. Из тог разлога, потребно је да постоји више различитих система сакупљања отпада прилагођених локалним захтевима области из које се врши сакупљање са посебним акцентом на задовољавање специфичних потреба везане за просторни распоред.

Различите врсте сакупљања наплата и опције за прикупљање отпада биће описане у даљем тексту, као и детаљи који се односе на контејнере (посуде) и возила која се користе за прикупљања и превоз отпада.

2.1.1. Модалитети сакупљања отпада

Опрема (посуде) које се користе за сакупљање отпада и начин на који се са њима рукује током преузимања отпада у великој мери зависе од изабраног модалитета сакупљања отпада. Избор модалитета сакупљања отпада мора да се оријентише према специфичним параметрима подручја из ког се отпад прикупља, врсти отпада и другим логистичким аспектима. Генерално, могу се издвојити два решења : *систем прикупљања отпада од врата до врата (pick - up)* и *систем прикупљања отпада са места прикупљања (drop - off)*.

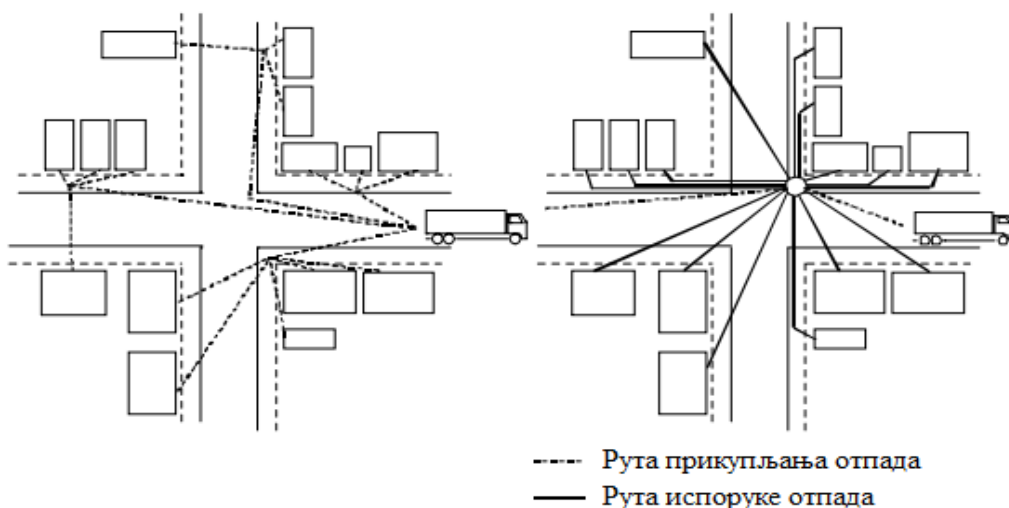
2.1.2. Систем прикупљања отпада од врата до врата

Отпад из домаћинства, комерцијални отпад и отпад који захтева посебну бригу (нпр. биоразградив отпад, опасан отпад) или отпад велике запремине (кабасти отпад) се обично сакупља у систему прикупљања од врата до врата. У овом систему, посуде или контејнери су обично распоређени у близини објекта који су генератори отпада. Одатле се преносе до ивичњака, било од стране корисника услуга или комуналних радника, где се врши њихово пражњење у камион. Овај систем се другачије назива *прикупљање отпада са ивичњака*.

Возила која прикупљање отпад иду од локације до локације и празне канте и контејнере. Када се користе контејнери који имају идентификационе системе поједностављује се рад и омогућава идентификација и индивидуализација пуњења од стране генератора отпада. Одговарајући простор за смештање контејнера мора да буде доступан у сваком моменту. Ово често представља проблем у густо насељеним градским подручјима, а модалитет од врата до врата може бити поприлично скуп у удаљеним местима због велике раздаљине између појединачних тачака сакупљања.

2.1.3. Прикупљање отпада са места прикупљања (drop - off)

У овом систему, отпад се износи од стране генератора отпада до централне локације где су постављени контејнери - места прикупљања. Контејнере је могуће празнити по устаљеном распореду или по потреби. За разлику од прикупљања отпада од врата до врата, возила за сакупљање морају да обиђу свако место прикупљања, а не ивичњак испред сваке куће. Сакупљање отпада на овај начин је најекономичније у густо насељеним подручјима и делимично pogodно за сакупљање раздвојеног рециклабилног отпада. Како би се повећала прихватљивост и партиципација грађана у раздвојеном сакупљању отпада, прилоком распоређивања контејнера и одређивања распоред сакупљања отпада морају се узети у обзир одређени локални и организациони захтеви. На пример, да се поштује време одмора, да се систем интегрише у локалну средину, да се постигне велика покривеност подручја из ког се отпад сакупља... Уколико места прикупљања отпада имају високу видљивост и високу учесталост саобраћаја (у близини тржних центара или на паркинзима), сматра се да су веома „корисна”. За такве локације посебно је битно редовно чишћење и одржавање.



Слика 2.1. Шематски приказ систем прикупљања отпада од врата до врата (pick - up) и систем места прикупљања отпада (drop - off)

На слици 2.1. је приказан шематски приказ систем прикупљања отпада од врата до врата (pick - up) и систем места прикупљања отпада (drop - off).

Посебна ставка у овом систему су јавне станице за рециклажу или рециклажна дворишта. То су места за доношење разних врста (углавном рециклабилног) отпада из домаћинстава. Домаћинствима може бити дозвољено да донесу одређену количину специфичног отпада на ове локације без надокнаде, док се за поједину врсту отпада плаћају посебне таксе које зависе и од количине донетог отпада. Ово се посебно односи на отпад који се може рециклирати и у случајевима када се врши наплата за одлагање мешовитог отпада када је потребно отпад одвести до станице за рециклажу. Прикупљање рециклабилног отпада у станицама за рециклажу обично је бољег квалитета, (веће чистоће обновљивих материјала) због директне контроле улаза (посебно за стари папир, табела 2.1).

Табела 2.1. Разлике у цени прикупљања и квалитету раздвојеног сакупљеног материјала у зависности од система прикупљања

Метода прикупљања	Одвојене канте, pick - up	Места прикупљања Drop - off	Рециклажне станице
Цена прикупљања	~ 100 €/t	~ 70 €/t	~110 €/t
Удео примеса у сакупљеним материјалима	~ 18 % (од којих 2% није папир)	~3,5 % (од којих 0,4 % није папир)	~ 0,5 % (од којих 0,1 % није папир)

Приходи који могу бити остварени од продаје материјала добијених овим путем могу делимично надокнадити високе трошкове рада станице. Међутим, често је циљ таквих станица да понуди могућност за прикупљање опасног отпада, као што су: батерије, стара боја и лакови, као и других потенцијално опасних материјала и на тај начин да се осигура њихово контролисано одлагање. Рециклажне станице могу бити добро решење у комбинацији са програмима социјалне подршке и добротворне активности у оквиру рециклаже на лицу места. Инвалиди или незапослена лица се могу укључити, на пример, у раствљању електро и кућних апарата за коришћење резервних делова и драгоцених материјала, или у реновирању старог намештаја за поновно коришћење. На овај начин може се остварити економска или социјална корист од управљања отпадом.

2.1.4. Методе преузимања сакупљеног отпада

Постоје три различите методе које се користе за преузимање локација сакупљеног отпада:

- једноставно пражњење контејнера,
- замена контејнера,
- једносмерни метод.

Поред тога, могуће је и несистематско сакупљање отпада. Прикупљање кабастог отпада или неке друге врста посебног отпада (на пример, намештај или опасне материје) сматра се несистематским сакупљањем отпада. Свака од метода сакупљања има одговарајуће или наменске контејнере, возила са одговарајућом технологијом и обучене раднике.

Једноставно пражњење контејнера

Ова метода се углавном користи за домаћинства и у малим пословним насељима где се користе стандардизовани контејнери. Садржај контејнера се празни у возило за сакупљање механички и потом се контејнер враћа на првобитно место. Пражњење контејнера врши се различитим врстама возила који ће бити приказана у даљем тексту.

Замена контејнера

Метод замене контејнера је погодан за отпад велике густине, нпр. грађевински отпад, као и за отпад ниске густине из извора који генерише велике количине отпада, нпр. производња или индустријске локације, хотели, канцеларије, или вишеспратнице. У овој методи, пуни контејнери замењују се идентичним, али празним контејнерима. Пун контејнер иде на пражњење у постројење за прераду отпада или на депонију, потом је спреман за поновно коришћење. Из економских разлога, ови контејнери су већег капацитета, могу се возити са различитим типовима возила одговарајуће структуре.

Једносмерни метод

У овој методи, отпад се прикупља у кесама, џаковима или торбама различитих материјала које се одлажу заједно са отпадом. Процес прикупљања је доста лак, јер не постоји пражњење контејнера, или враћање истих на место, као ни прање посуда. Међутим, да би се на овај начин отпад утоварио у возило за сакупљање потребно је да комунални радници уложе много физичког рада. Из тог разлога и због ограничености посуда у који се отпад одлаже (кеса, торби, џакова) веома мале количине могу бити прослеђене на даљу обраду, већ се углавном одмах одлажу на депонију.

Несистемска и остале специјалне методе прикупљања

Несистемски метод прикупљања отпада се односи на метод тротоарског прикупљања отпада без стављања контејнера. [Возила са утоваром са задње стране](#), [возила са „покретним” подом](#), или [отворени замењиви контејнери](#) могу се користити за прикупља у овим методама, али и најједноставни камион може исто послужити.

Још један посебан, али и економски скупљи начин прикупљања је [вакуумски систем](#). Он комбинује сакупљање и донекле транспорт отпада. Посебно је погодан у густо насељеним подручјима, подручјима са посебном ограничењем у погледу доступности и естетике. Овај метод замењује унутрашње прикупљање и складиштење отпада, као и потребу за специјалним посудама за прикупљање од врата до врата.

2.2. Транспорт комуналног отпада

Након сакупљања и узимања отпада, потребно га је транспортовати у постројења, објекте за третман или одлагање отпада. То би могло да подразумева превоз на кратке или дуге раздаљине.

Превоз отпада на кратким релацијама, требало би да обавља исто возило које је прикупило отпад. Коришћење таквог возила за међуградски транспорт отпада, не би било економски исплативо, јер имају ограничени капацитет и обично поседују места за раднике који врше утовар.

У зависности да ли су постројења за третман и одлагање отпада далеко или је тешко доћи до њих (у смислу удаљености и расхода), транспорт на дугу раздаљину може постати опција. За то је потребно укључити разне контејнерске системе ([roll - off контејнери](#), [skip контејнери](#), [мобилне контејнере](#)) и возила (више о томе у делу [2.3.7](#), [2.3.8](#), [2.3.9](#)). Под одређеним околностима, то захтева претовар отпада из возила за прикупљање отпада у возила које се користе за дуге релације у трансфер станицама.

Коришћењем трансфер станице као и возила за транспорт на дуге релације проузрокује додатне трошкове који, морају бити мањи од трошкова које би направило возило за сакупљање када би оно вршило транспорт на већу релацију.

Транспорт отпада на кратку удаљеност може се сматрати као део процеса сакупљања отпада од врата до врата. Из тог разлога се под термином „транспорт отпада” мисли на транспорт отпада на даљину. Врсте транспорта отпада може се поделити на следећи начин:

- према врсти превозног средства, тј. камиона, воза или брода;
- према врсти система контејнера или камиона који се користи, тј. отворени или затворени, измењиви или фиксни;
- транспорт отпада у сабијеном или растреситом стању.

Трансфер станице морају бити планиране и дизајниране у складу са овим критеријумима.

2.2.2 Друмски, железнички и бродски транспорт

За транспорт отпада неопходна је мрежа путева, железничких пруга и речних веза од места прикупљања отпада, као места где се генерише отпада, до постројења за прераду или одлагање отпада. За разлику од друског саобраћаја, где су алтернативни путеви генерално доступни, недостатак или ограничена покривеност пловних путева пруга представља главни проблем коришћења бродова и возова. Неопходно је разматрање везе са овим специфичним саобраћајним путевима током изградње трансфер станице и/или изградње постројења за прераду отпада како би се добило најјефтиније решење одлагања отпада. Ако тренутно не постоји веза, транспорт возом и бродом може постати део транспортног ланца отпада, али у том случају се мора рачунати на додатне расходе због претовара. У овом случају се говори о комбинованом транспорту отпада.

Недостаци комбинованог транспорта, осим додатних трошкова, су релативно ниска флексибилност у случајевима промене услова и прилично велике количине отпада су потребне да би се обезбедила економска ефикасност транспорта. Транспорт бродом, може такође да функционише са периодима у којима је немогућ транспорт и навигација због ниског водостаја, поплава или кретања леда тако да додатни капацитет за складиштење или алтернативни транспорт треба имати у резерви. Железнички и бродски транспорт отпада захтевају и предузећа са одређеним искуством у логистици за одлагање отпада како би се осигурали ланац превоза и како би се потребни капацитети обезбедили на време.

Предност брода и железнице за разлику од друског транспорта је значајно већа носивост (максимално опетерећење камиона је 25 тона, воза око 1000 тона, брода 500 - 3000 тона), нижа укупна стопа емисије гасова и утицај на животну средину, нижа специфична потрошња енергије и виши ниво безбедности саобраћаја.

Друмски, железнички и водени путеви могу се подести да се транспорт отпада одвија поприлично лако. Могло би бити проблема са расположивим капацитетом због различитих капацитета у ова три сектора укључујући и оне капацитете на трансфер станици.

Имајући у виду потенцијалне мане брода и железничког транспорта у основним аспектима, друмски саобраћај је и даље доминатно решење за транспорт отпада. Брод и железница су пожељан вид транспорта када се отпад производи у великим количинама и где је место генерисања отпада и објект за одлагање имају директну везу са пловним путевима и железничком мрежом.

Затворени транспортери

Транспорт отпада у затвореним транспортерима за дуге дестинације почиње са утоваром у тело путем конвенционалне опреме за утовар, као што су разне врсте утоваривача, дизалица, кранова и тд. у трансфер станицама.

За превоз отпада у сабијеном стању, користе се велика полуприколична возила са затвореним задњим делом. На трансфер станици, врши се утовар отпада у возила, потом у унутрашњости отпад се сабија уз помоћ стационарних плоча или уз помоћ механизма који је интегрисан у самој полуприколици.

Превоз отпада у растреситом стању се углавном врши уз помоћ полуприколичних возила са отвореном каросеријом. Ова возила се могу празнити уз помоћ механизма накретања или имају систем „покретног” пода. Транспорт у отвореним телима брода или воза је уобичајно за инертни отпад и материјале као што су старо гвожђе и остали грађевински отпад.

Замена приколица

Замена приколица је најбољи начин да се избегну емисије током претовара и транспорта. Такође, сматра се као најбоље решење за превоз веће количине чврстог отпада, ако изузмемо железнички и водени транспорт.

Предност овог система лежи у замени пуних контејнера, празним што је једини рад током претовара. За већи број верзија контејнера, не постоји потреба за додатну претоварну опрему, као што су дизалице. У овим случајевима технологија дозвољава размену транспортног возила и самим тим уштеда у цени је велика. Емисије у претовару могу да се сведу на минимум, што је велика предност у корист овог система, као и предност за добијање потребних дозвола за трансфер станицу. Због ових погодности када је неопходно транспортовати отпад на дуге локације, употреба возила са затвореном приколицом има све већу и већу примену.

У новије време производе се затворене приколице са интегрисаним уређајима за сабијање отпада.

Одговарајући камиони могу да превозе две до три затворене приколице и често имају могућност самосталне замене контејнера. Такође, на располагању су железнички вагони који могу да превозе две до три затворене приколице. Исто тако, могућ је превоз и бродом. Утовар и истовар у оба случаја директно врше кранови, док је директан претовар од камиона до возова још увек поприлично редак.

2.3. Инфраструктура и модалитети опреме за прикупљање и транспорт отпада

2.3.1. Roll - off контејнери

Систем roll - off контејнера (слика 2.2) је најраспрострањенији стандардни контејнер за сакупљање и транспорт отпада у погледу начина на који се контејнер узима и пречвршћује за транспортно возило (DIN 30 722). То је најједноставнија и најкоришћенија верзија контејнера за прикупљање и превоз појединачно великих количина отпада у систему замене контејнера (пун контејнер се замењује празним на месту прикупљања отпада, затим се односи на пражњење). Поред возила за транспорт, могу се користити и разне приколице. Често се користи оваква врста контејнера са више преграда који омогућавају одвајање фракција отпада у једном контејнеру.



Слика 2.2. Изглед roll - off контејнера

Предности и мане ових контејнера дати су у табели 2.1.

Табела 2.1. Предности и недостаци roll - off контејнера

Предности	Недостаци
• Замена контејнера • Широки спектар отпада који може да се транспортује • Може се користити у различитим фазама управљања отпадом (од прикупљања отпада до складиштења за прераду отпада, али се већином користи за транспорт) • Много компатабилних верзија • Приступачна цена, због високог степена стандардизације	• Немогућност сабијања отпада, осим у посебним верзијама контејнера • Постоје погоднија решења за транспорт отпада на даљину

Утовар roll - off контејнера се, у зависности од структуре, врши се специјалним дизалицама (слика 2.3.), које су углавном уграђене у камионима.



Слика 2.3. Изглед дизалице за транспорт класична верзија

Модификовани roll - off контејнери могу имати у себи инсталиран уређај за сабијање отпада како за мобилно, тако и за стационирано прикупљање отпада. Неке од верзија контејнера су: контејнери са причвршћеним или преносним приколицама, контејнери који могу да се слажу један на други, са отварањем контејнера са стране или позади, са системом вентилације у себи, са могућношћу надоградње за возила са предње или задње стране.



Слика 2.4. Затворени roll - off контејнери са отворима за сепарацију отпада



Слика 2.5. Roll - off контејнер повезан са стационарном компресорном станицом

Запремина контејнера варира од 5 до 40 m³, док се укупна дужина креће у опсегу од 4000 до 6500 mm, ширина је стална и износи 2320 mm. Висина контејнера зависи од специфичне верзије контејнера, величина основне верзије се креће у распону 500 - 2500 mm, маса иде у опсегу од 1300 kg до 3300 kg у зависности од верзије, ручице за систем roll - off су 1570 mm по стандарду система DIN 30 722.

Потребан капитал за систем roll - off контејнера:

- камион (65 000 - 80 000 €),
- надоградња камиона око 25 000 €,
- основна верзија са дизалицом 45 000 - 48 000 €,
- контејнер, основна верзија 1 600 - 3 500 €,
- Roll - off контејнер за прикупљање камионом 2 500 - 5 300 €,
- цена за додатке (покривање) 1 000 €,
- Roll - off контејнери са додатним отворима и затварачима: 3 500 - 4 800 €.

2.3.2. Skip контејнери

Овај систем контејнера за прикупљање отпада посебно је користан у подручјима где има довољно простора за њихово постављање и уколико локација има добар приступ. Највећу корисност овакве посуде за одлагање отпада имају у рециклажним двориштима / јавним местима за одлагање, где се одлажу кабасти материјали, уређаји из домаћинства, стари намештај, отпад из домаћинства велике густине (као што су стакло, графички папир..). Локација на којој се налазе контејнери требало би да буде асфалтирана или на неки други начин са стабилном површином, како би се спречило да контејнер тоне у земљу услед тежине. Максимални нагиб на коме би контејнер смео бити постављен је 5% .

Систем skip контејнера (слика 2.6) један је од најчешће коришћених типова контејнера за сакупљање и транспорт, што се тиче конкретних начина на који се контејнер подиже и фиксира на транспортно возило. Веома је сличан систему контејнера roll - off, када се контејнер напуни, замени се празним. Поред класичних возила који се користе за транспорт овакве врсте контејнера, могу се користити и приколице. Утовар и истовар се углавном обавља помоћу камиона који транспортују контејнере.

Предности и мане дате су у табели 2.2.

Табела 2.2. Предности и недостаци skip контејнера

Предности	Недостаци
• Могућа замена контејнера • Широки спектар отпада који се може транспортовати • Може се користити у различитим фазама управљања отпадом (од прикупљања отпада, складиштења за прераду отпада, до транспорта) • Много различитих верзија • Приступачна цена сразмерно квалитету	• Није могуће сабити отпад у самом контејнеру, осим у неким посебним верзијама • Постоје погодније решења за транспорт отпада на даљину



Слика 2.6. Основна верзија контејнера, са аутоподузачима на возилу за транспорт



Слика 2.7. Skip контејнери са поклопцем



Слика 2.8. Верзија skip контејнера велике запремине



Слика 2.9. Верзија са одвајањем дрвене пиљевине од остатка отпада

Модификоване верзије (које су приказане на сликама 2.7, 2.8 и 2.9) skip контејнера могу укључивати: инсталацију за сабијање отпада, контејнере који се могу слагати један на други, отварање и одлагање отпада са свих страна контејнера.

Обим различитих верзија скип контејнера, варира од 1 до 20 m³. Дужина варира у опсегу 1500 - 4800 mm, док је оптимална ширина 1520 mm. Висина контејнера може да буде различита у зависности од верзије, за основну верзију висина је 1500 mm, док маса варира од верзије од 300 до 1500 kg.

Потребан капитал за skip контејнере:

- 1 камион са аутодизалицом која може да се креће у све три осе 45 000 - 50 000 €,
- надоградња (уколико камион нема дизалицу) 27 000 €,
- контејнер 1 500 - 3 000 €.

2.3.3. Покретни контејнери

Покретни контејнери за прикупљање отпада су најраспрострањенији за прикупљање чврстог отпада у домаћинствима. Ови контејнери за кретање користе точкове, у зависности од величине контејнера зависи колико је точкова постављено на контејнеру. Углавном, за капацитет контејнера од 80 до 390 литара користи се два точка (слика 2.10а), док за капацитет контејнера од 500 до 5000 литара контејнери морају да имају четири точка (слика 2.10б).



Слика 2.10. Стандардне верзије покретних контејнера а) са два точка б) са четири точка

Када се користе у домаћинствима, најчешће се пражњење врши на ивичњаку, где се садржај отпада који се налази у контејнеру празни у возило за транспорт отпада. Возило у које се празни мора да има хидрауличну дизалицу како би се контејнер подигао, као и механизацију за сабијање отпада.

Списак предности и недостатака покретних контејнера дати су у табели 2.3

Табела 2.3. Предности и недостаци покретних контејнера

Предности	Недостаци
• Могућа замена контејнера • Широки спектар отпада који се може прикупљати у систему од врата до врата • Приступачна цена у односу на квалитет • Различите верзије контејнера у зависности од материјала који се сакупља • Доступан у различитим бојама за лако распознавање када се врши сепарација отпада на извору	• Не постоји могућност сабијања отпада у самом контејнеру, осим у неким посебним верзијама које се користе у комерцијалном сектору • Ризик да контејнер буде запаљен од врућег пепела, брзо паљење ствари • Релативно мали капацитет носивости за кабасте или обимне материјале • Проблем у пражњењу контејнера у току зимског периода, због могућег замрзавања

Модификоване верзије контејнера могу бити израђене од лимова, такође могу имати равне или куполасте поклопце. Специјалне верзије за сакупљање биолошког отпада имају систем аерације, док покретни контејнери могу да служе за чишћење улица. Контејнери са четири точка могу садржати и кочницу, као и још један додатни поклопац.



Слика 2.11. Пример за постављање покретних контејнера на густо насељеним локацијама

Табела 2.4. Димензије најчешће коришћених покретних контејнера

Тип контејнера	Висина [mm]	Дужина [mm]	Маса празног контејнера [kg]	Максимална носивост контејнера [kg]
Тип 120 литара	930	480	11	48
Тип 240 литара	1070	580	15	96
Тип 1100 литара	1450	1210	69	440

Најчешће коришћење димензије мобилних контејнера дате су у табели 2.4, док су цене, у зависности од величине и типа контејнера приказане у табели 2.5.

Табела 2.5. Цена покретних контејнера у зависности од величине

Тип 80 литара	Тип 120 литара	Тип 240 литара	Тип 1100 литара - раван поклопац	Тип 1100 литара - куполаст поклопац	Тип 1100 литара - метални
13-15 €	13.5-15.5 €	18-19 €	110-125 €	140-150 €	175-190 €

2.3.4. Места за прикупљање отпада / рециклажна дворишта

Места за прикупљање отпада су углавном постављена у централним локацијама за прикупљање отпада (углавном рециклабилног) из домаћинства (слика 2.11). Постављање је могуће на свим локацијама где има потребног простора и где је приступачност добра (на градским трговима, паркинзима, местима са важним културно - историјским садржајима). Када је реч о конструкцији, дизајну и величини не постоје задати стандарди. Посебно битна верзије су места за одлагање отпада, које се налазе испод површине земље (слика 2.12). То су „станице” постављене испод површине земље, са отворима изнад површине земље за одлагање отпада. Верзије за прикупљање стакла имају облоге за апсорбовање, да се не би правила додатна бука (слика 2.13). Пражњење станице се може извршити уз помоћ крана, или посебним дизалицама које се налазе на камиону.

У табели 2.6 приказане су предности и недостаци станица.

Табела 2.6. Предности и недостаци станица/контејнера

Предности	Недостаци
• Могућа замена контејнера • Широког спектра отпада који се може прикупљати у систему • Приступачна цена у односу на квалитет • Добар систем за логистичку и ефикасну наплату трошкова	• Не постоји могућност сабијања отпада у самом контејнеру, осим у неким посебним верзијама које се користе у комерцијалном сектору • Ризик да контејнер буде запаљен и ризик од вандализма на јавном месту • Релативно мали капацитет носивости за кабасте или обимне материјале • Лимитираност отвора за убацивање отпада изнад површине земље



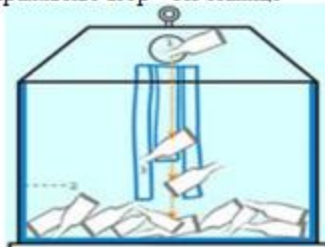
Слика 2.12. Стандардне верзије станица са једном или две коморе



Слика 2.13. *Принцип функционисања стандардне верзије станице за сакупљање отпада*



Прахњење drop - off станице



Слика 2.14. *Шема drop - off станице са системом за успоравање отпада и апсорберима*

Цене станица у великој мери могу варирати у зависности од огромног спектра различитих верзија и могуће модификације система, који треба да буде урађен, у зависности од локације где се систем поставља, цене могу бити у опсегу:

- станице за прикупљање 3 m³ стандардна верзија 380 - 700 €,
- станице за прикупљање 3 m³ верзија са смањеном буком 400 - 800 €,
- станице за прикупљање 3 m³ вишекоморна верзија 530 - 1 100 €,
- подземна инсталација 5 m³ 4 000 € - монтажа укључена у цену.

2.3.5. Нестандардизоване посуде за сакупљање отпада - кесе и џакови

Нестандардизоване посуде су и даље најчешће коришћена решења за прикупљање отпада. У Европи је најчешћа употреба џакова од 80 литара. Кесе и џакови (слика 2.15) се могу користити као допуна неком од већ постоје система за прикупљање отпада (нпр. систему сакупљања отпада од врата до врата) или могу се могу користити сами као метод за прикупљање отпада. Посебна карактеристика кеса и џакова је што се одлажу заједно са прикупљеним отпадом (слика 2.16).



Слика 2.15. Џак за отпад запремине 120 литара



Слика 2.16. Вреће за прикупљање “лагане” амбалаже

Као пример, посебни критеријуми које су кесе и џакови морали да задовоље за прикупљање лаког амбалажног отпада у програму „Зелена тачка” у Немачкој су:

- материјал - LDPE фолија
- боја - жута транспарентна
- дебљина 22 μm
- деформација - најмање 15 Мра
- запремина до 90 литара.

У табели 2.7 приказане су предности и недостаци кеса и џакова за одлагање отпада.

Табела 2.7. Предности и недостаци кеса и цакова

Предности	Недостаци
• Веома ниски инвестициони трошкови • Веома флексибилан систем, у смислу количине прекупљеног отпада • Нема посебних услова за возила за транспорт • Лака имплементација програма „платиш колико бациш”	• Могућност оштећења, паљења или уништавања од стране спољних сила или неправилним коришћењем • Негативан утисак на естетски изглед подручија, већи ризик од повреде, и загађења уколико се кесе (цакови) стављају на тротоар • Захтева врло интензиван рад током прикупљања • Додатни трошкови за организацију продаје отпада или дистрибуције • Тешко мерљиве тачне количине отпада који се доставља • Обично не отпоран на спољно време и остале спољне факторе

Трошкови за кесе и цакове су веома ниски, за друге посуде могу бити чак и на нули. Цена цака је између 0,16 и 0,5 евра у зависности од квалитета и броја наручених комада. Постоље за ове вреће може коштати и до 60 евра. У поређењу са прикупљањем отпада у кантама, и контејнерима, могу се појавити додатни трошкови везани за набавку и дистрибуцију кеса и цакова.

2.3.6. Флексибилни средње запремински контејнери - велики цакови

Велики цакови су посуде направљене од армиране тканине за прикупљање и привремено складиштење материјала чврстог отпада мањих димензија. Капацитет ових цакова је знатно већи од мобилних контејнера, али је зато далеко испод капацитета roll - off и skip контејнера. Представљају веома добру алтернатива за прикупљање одређене врсте отпада у подручјима са ограниченим расположивим простором, тј. на местима где се не могу користити roll - off и skip системи. Велики цакови су веома погодни за прикупљање отпадних материјала минералне врсте, као што је грађевински отпад. Најчешћа површина цакова је 900 x 900 mm, док је величина и носивост различита (слика 2.17). Продају се као цакови за једнократну или вишеструку употребу.

Списак предности и недостатака великих цакова приказани су у табели 2.8.

Табела 2.8. Предности и недостаци великих џакова

Предности	Мане
• Веома ниски инвестициони трошкови • Потребно мало места за складиштење • Могу се лако држати у резерви и користити за различите капацитете отпада • Не захтева никаква посебна возила за прикупљање, као ни специјализовану опрему	• Може се користити само за суви и отпад малих димензијама • Тешко се празни после сабијања • Може се сматрати као сметња у градским срединама • Пренос или утовар пуних великих џакова је могућ само уз техничку опрему (нпр. кран) • Представљају додатни отпад уколико се користе џакови за једнократну употребу



Слика 2.17. Велики џак са наставком за пуњење (лево), велики џак са додатком за ношење (десно)

Капитални трошкови за куповину џакова су релативно ниски. Цене су између 4.5 до 13 евра у зависности од квалитета и броја наручених џакова. Такође, постоји могућност куповине сталака за држање џакова.

2.3.7. Камион за прихватање посуда задње стране - аутосмећар

Овакав тип возила за пражњење посуда и превоз отпада на кратким релацијама је најраспрострањеније возило за превоз отпада. Из тог разлога, постоје разне модификоване верзије овог возила који се примењују у пракси. Посуде са отпадом се празне у возило најчешће уз помоћ хидрауличке дизалице које је уграђена у возило (ако је реч о контејнерима), или ручно. Возила поседују и механизам за сабијање отпада у себи.

У табели 2.9 приказане су предности и мане камиона за пражњење посуда са отпадом са задње стране.

Табела 2.9 Предности и мане камиона за пражњење посуда са задње стране

Предности	Мане
• Велика носивост отпада због система за сабијање • Могу да се користе за прикупљање и превоз различитих врста отпада • Могу се истовремено користити за прикупљање и за превоз отпада на кратком растојању • Релативно мале димензије	• Релативно висока цена возила • Потребна су минимум два радника • Није погодан за дуже складиштење отпада • Коришћење система за сабијање отпада ротирајућег бубња у возилу, ограничава возило да може само да прикупља мешани отпад (резидуални отпад) и биоразградив отпад

Током рада возила, отпад који се налази у кесама и џаковима се ручно ставља у отвор возила који је намењен за прикупљање, док се контејнери празне помоћу хидрауличких дизалица који се налазе на задњој страни возила. Механизам за сабијање компримује отпад и прослеђује га у „тело” возила на складиштење. Када се возило напуни отпадом (слика 2.18), одвози се у постројења за третман или одлагање отпада. Одлагање отпада из возила се врши отварањем задњег дела и пражњењем (слика 2.20). Механизам за сабијање може радити ручно, полу аутоматски и аутоматски.



Слика 2.18. Основна верзија возила и дуални систем за подизање контејнера

Запремина ових возила иде у распону од 5 до 27 m³, док носивост износи од 6 до 12 тона.



Слика 2.19. *Двоструко тело возила за паралелно пражњење посуда са две раздвојене фракције отпада*



Слика 2.20. *Пражњење возила*



Слика 2.21. *Специјална верзија возила са могућношћу замене система*

Потребан капитал за ова возила:

- Камион (3 осе, капацитет ношења 20 t): 60 000 - 80 000 €,
- Каросерија 30 000 - 40 000 €,
- Уређај за подизање контејнера 10 000 - 20 000 €.

Цене остале додатне опреме:

- надоградња возила за замену система 20 000 €,
- низак улазак у кабину: 10 000 €,
- замена система 3 000 - 5 000 €.

2.3.8. Камион за прихватање посуда са предње стране

Употреба возила који са предње стране прихватају отпад је у константном расту, иако још није дефинисано за коју врсту прикупљања је најисплатљивије. Возило карактерише, механизам дизалице који се налази изнад или иза кабине возача, уз помоћ које се подиже контејнер и празни у возило (слика 2.22). У поређењу са возилом који има овај систем са задње стране, ово возило може да складишти више отпада. Такође је економичније у погледу да једна особа може сама да обави пуњење камиона (пражњење контејнера). Камиони за пражњење посуда са предње стране се користе у складу са посебним логистичким концептом (принцип логистичких чворова) у области сакупљања отпада у мање насељеним подручјима, где се генерише доста кабастог отпада, или отпада који праве комерцијални извори. Најчешће су прилагођени за пражњење мобилних контејнера са четири точка, запремине до 5 m³, мада се могу користити и за контејнере са два точка.

У табели 2.10 приказане су предности и недостаци камиона за пражњење посуда са предње стране.

Табела 2.10 Предности и недостаци камиона за пражњење посуда са предње стране

Предности	Недостаци
• Потребан само један радник • Пражњење контејнера у камион може бити контролисан из кабине • Висока носивост, због система сабијања отпада • Може се користити за прикупљање и транспортовање отпада на мање раздаљине	• Релативно висока цена возила • Неефикасан у густо насељеним местима, у уским улицама, у густом саобраћају... • Не може све врсте отпада које домаћинства одлажу да подиже ефикасно

Основни делови ових возила су:

- шасија,
- тело са механизмом за сабијање,
- приколица,
- предњи уређај (дизалица) за подизање.

Уређаји за пражњење се најчешће налазе иза кабине возача и састоје се од две телескопске руке са виљушком (тзв. грејферима). Обично је направљен од две хидрауличке дизалице и контра - погонским завртњајем. Рад уређаја за подизање може бити аутоматски или ручно контролисан дојстиком ван кабине. Током операције контејнер се празни у левак који даље одводи отпад у механизам за сабијање. Механизам сабијања компримује отпад и одводи га на даље складиштење у тело возила. Када се тело возила потпуно напуни, возило иде у постројење за третман отпада где се отвара задњи део возила и оно се празни. Неке верзије возила имају шасију где је могућа замена приколица (тела возила - слика 2.22).



Слика 2.22. Возило за сакупљање отпада са предње стране са могућством замене тела



Слика 2.23. Возило за пражњење посуда са предње стране са фиксираним телом

Обим утовара и истовара масе различитих каросерија може ићи до 34 m³ или 12 тона.

Потребан капитал за ова возила:

- Камион (3 осе, капацитет носивости камиона 20 t): 60 000 - 80 000 €,
- фиксно тело, левак, дизалица 60 000 - 80 000 €,
- измењиво тело, левак, дизалица 70 000 - 90 000 €.

2.3.9. Каміони за прихватање посуда са бочне стране

Употреба ове врсте возила је посебно корисна и најчешће коришћена у мањим местима, у тротоарском систему прикупљања отпада. Последњих година бележи се знатни пораст коришћења овог типа возила за прикупљање отпада у домаћинствима и комерцијалном сектору.

У поређењу са возилима који прихватају отпад са задње стране, предност је та што један запослен може да обавља све операције, што систем са овим возилом чини економичнијим.

Постоје два типа управљања механизмом дизалице: „прави” тип код којег се дизалицом управља из возачке кабине и „псеудо” тип (слика 2.24 а) или такозвани „ручно ходајући тип” (слика 2.24 б), у којем се подизање канти и прослеђивање отпада у тело возила обавља ручно. „Прави тип” возила је обично намењен за подизање мобилних канти са два точка, док је „псеудо” тип (слика 2.25) намењен за друге врсте канти и контејнера запремине до 1 100 литара.



Слика 2.24. а) Каміон за прихватање посуда са бочне стране са промењивим задњим делом (телом) б) „Псеудо” тип са промењивим задњим делом



Слика 2.25. „Псеудо” тип возила за прихватање посуда са бочне стране интегрисан у тело конструкције

У табели 2.11 приказане су предности и недостаци камиона за прихватање посуда са бочне стране.

Табела 2.11. Предности и недостаци камиона за пражњење посуда са стране

Предности	Недостаци
• Потребан само један радник • Висока носивост, због система сабијања отпада • Може се користити за прикупљање и транспортовање отпада на мање раздаљине	• Релативно висока цена возила • Не може све врсте отпада које домаћинства одлажу да подиже ефикасно • У већини случајева погодан само за мобилне канте са два точка • Канте морају бити постављене доступно за тротоарски систем прикупљања отпада

Основни делови возила су:

- шасија,
- тело са механизмом за сабијање,
- приколица,
- уређај за подизање.

За пражњење посуда, возило мора да застане код канти/контејнера. Уређај за подизање канти, постављен је са стране возила, тако да када подигне канту одмах је празни у тело са механизмом за сабијање. Рад уређаја за подизање може се контролисати из кабине или ван кабине уз помоћ џојстика. Уређај за подизање се налази иза кабине возача и састоји се од телескопске руке дужине преко 2 m са механизмом за прикупљање/пражњење канти. Такође, уређај поседује различите степене аутоматизације овог система за прикупљање/пражњење отпада.

Уз помоћ телескопа, отпад се даље шаље у механизам за сабијање који га даље прослеђује на складиштење у тело возила. Слагање отпада се обично врши уз помоћ две хидрауличке дизалице, контра - погон завртњима и ручно, полуаутоматски и аутоматски. Када је тело возила потпуно испуњено, возило иде у постројење за третман отпада где се отвара његов задњи део како би се возило испразнило.



Слика 2.26. Возило за прихватање посуда са бочне стране без интегрисаног система за сабијање отпада (возило за превоз стакла)



Слика 2.27. Специјална верзија за пражњење скип контејнера

Носивост возила је ограничена у зависности од типа каросерије. корисна запремина и носивост за различите типове каросерија креће се у распону од 5 - 27 м³ или 6 - 12 тона.

Потребан капитал за ова возила:

- Камсион (3 осе, капацитет носивости камиона 20 t): 60 000 - 80 000 €,
- фиксно тело, левак, дизалица; ручна: 30 000 - 60 000 €,
- измењиво тело, левак, аутоматизована дизалица 50 000 - 100 000 €

Цене за додатне ставке:

- улаз у кабину (ниски): 10 000 €,
- надоградња возила за промењиво тело: 20 000 €,
- замењиво тело: 3 000 - 5 000 €.

2.3.10. Пнеуматско сакупљање и транспорт отпада (вакуум)

Пнеуматско прикупљање отпада (такође познато као и вакуумско) је веома ефикасан, централизован систем сакупљања различитих врста отпада. Овакви системи се најчешће постављају у кругу зграда (у урбаним срединама) које су означене као континуални генератори отпада.

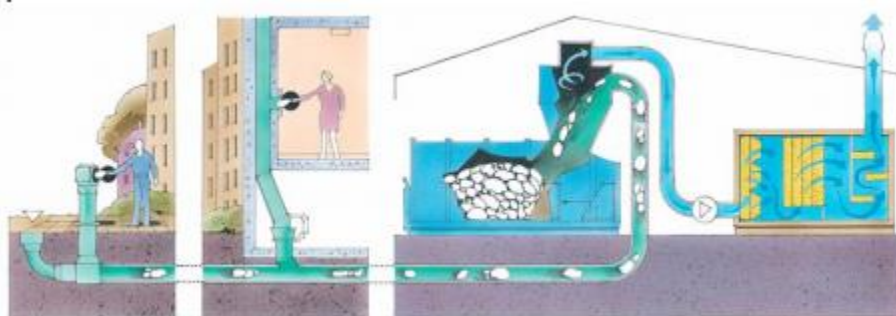
Систем се састоји од цевовода који су повезани бројним отворима за бацање отпада. Посебан модул система производи негативан притисак који треба да усиса отпад у контејнер, тј. складишни простор. То се такође може извршити уз помоћ протока ваздуха који се користи за транспорт унутар цевовода. Разлози за коришћење вакуумског система су мали захтеви простора, естетске и визуелне природе, као и хигијенског начин прикупљања отпада. Пнеуматско сакупљање отпада је идеално решење за подручја осетљива на, како на визелно тако и на хигијенске нереде које изазивају друге услуге сакупљања отпада. Путем овог система, избегава се негативан визуелни ефекат, као и други негативни ефекти (бука и прашина), као што се и додатно олакшава транспорт и сакупљање отпада због густине саобраћаја. Иако је систем веома користан и даље нема широку употребу, већ се користи појединачно у већим градовима.

Списак предности и недостатака вакуумског сакупљања отпада приказана су у табели 2.12.

Табела 2.12. Предности и недостаци вакуумског сакупљања отпада

Предности	Недостаци
• Ниски просторни захтеви • Скоро невидљив у урбаним срединама • Могу се комбиновати са системом „загађивач плаћа” • Мали напори за прикупљање, потребан транспорт отпада на мале дистанце	• Велики инвестициони трошкови, као и трошкови одржавања • Потребан велики капитал за реализацију, планирање и изградњу • Потребна пуна инсталација система, пре пуштања у употребу, • Време инсталације система може да буде предуго

У основи, постоје различити типови система складиштења отпада код вакуумског сакупљања отпада. Ваздух директно одводи отпад у контејнере за складиштење или резервоар и мобилни системи су повезани на возило где се директно одлаже отпад. Пражњење портова/убацивање слотова за обе врсте може бити смештен у згради или на некој другој пригодној локацији.



Слика 2.28. Стационаран пнеуматски систем за прикупљање отпада



Проток отпада: портови за прикупљање отпада -> гравитациони пад -> резервоар за складиштење -> цеви за пренос отпада -> возило за превоз вакуумски прикупљеног отпада

Слика 2.29. Пнеуматски систем за прикупљање отпада (мобилни аранжман)

У пнеуматском систему отпад који се одложе у портове за прикупљање отпада, силом гравитације долази до резервоара за складиштење отпада. Вакуумско возило повезано је са прикључном станицом и након стављања унутар сваког резервоара у негативном притиску од -34 kPa па отпад може бити доведен из резервоара за прикупљање у возило тако што се отпад одведе уз помоћ ваздуха из система.



Слика 2.30. Специјално дизајниране посуде за одлагање отпада у вакуумском систему



Слика 2.31. Вакуумско возило за сакупљање повезано са прикључном станицом за пражњење (сисање) складишта пнеуматског система за прикупљање отпада

Кроз интеграцију додатних бункера за складиштење, као и модула за притисак и прикључне станице, дужина цевовода је практично без ограничења. Често се у оваквим цевоводима користе цеви пречника 350 mm.

Инвестициони трошкови у зависности од величине укупне инсталације и општих услова крећу се од 50 евра по тони. Оперативни трошкови за поправку и одржавање су мањи од 1% инвестиционалних трошкова на годишњем нивоу. Укупни трошкови сакупљања се крећу од 55 евра по тони.

2.3.11. Обележавање (таговање) контејнера

Систем за обележавање контејнера је систем у коме се поједини подаци који се односе на одређене контејнере. Контејнери садрже електронско мерење, читавање и снимање током пражњења посуда у камион. Затим се прикупљени подаци обрађују за цео круг прикупљања и/или за дефинисање трошкова које корисник треба да плати заснованог на принципу „колико бациш, толико платиш”. Подаци који се читавају са контејнера (као што су локација, власник, количина отпада) чувају се у меморији уређаја, који су прикачен на контејнер. Приликом пражњења контејнера подаци се пребацују на уређај који се налази у возилу за превоз отпада. Снимљени подаци могу бити упорођени са другим релевантним информацијама као што су маса сакупљеног отпада. Уз помоћ ових апликација могу се добити следеће информације:

- индивидуални обрачун на основу броја пражњења и/или масе отпада,
- доказ за пружање/примање услуга одношења отпада,
- спречавање одношења отпада неплатишама.

У табели 2.13 приказане су предности и недостаци електронског обележавања контејнера.

Табела 2.13. Предности и недостаци таговања контејнера за сакупљање отпада

Предности	Мане
• Обезбеђени камион услуге / пражњења може бити додељен одређеном контејнеру (и преко снимљених података са власником / адреса) који омогућава стварање индивидуалног рачуна (индивидуално пуњење контејнера) • Осигурава да сви корисници услуга морају да плате рачуне или следи искључивање из система • Прикупљање отпада постаје транспарентније, могућност планирања унапређења система • Систем захтева мало одржавања, не захтева промену шеме прикупљања отпада и не омета логистику транспорта отпада	• Прилично велика улагања и велики напори за инсталирање почетне инсталације • Морају се створити одређени законски оквири како би се осигурало функционисање система • Потребне додатне мере за заштиту злоупотребавања контејнера (нпр. закључавање контејнера) и нежељене праксе за одлагање

Систем поседује компоненте:

- предајник; алтернативно могућност коришћења баркод (налепница),
- индентификациона јединица (читач података),
- плоча за складиштење података (нпр. полоча рачунара),
- носилац записа (нпр. чип/РАМ картица),
- уређај за обраду података (нпр. рачунар и софтвер).

Да би препознавање контејнера било могуће, сваком од њих се додељује идентификациони број у облику предајника или баркода који носе специфичне информације у себи (слика 2.32). То су јединствени подаци који се приликом пражњења контејнера читавају и преносе у возило које врши сакупљање отпад. Опционално, постоји могућност да се паралелно на возило преносе подаци као што су тежина отпада или висина пуњења посуде која се празни. Програм у возилу допуњава ове податке са додавањем датума и времена преузимања отпада, потом формира евиденцију од свих добијених података. Након што возило заврши прикупљање отпада и података са свих локација, подаци се шаљу у канцеларије или у општину или предузећима која су задужена за управљање отпадом путем различитих врста конекција (жичаном конекцијом, бежичним интернетом...). У канцеларијама се ови подаци чувају у централној бази података. У зависности ко је задужен за наплату, подаци се могу пренети регуларној власти или регионалним рачунарским центрима за процес наплате.

Поједини параметри предајника који се користи за идентификацију контејнера имају улоге обједињавања повећане поузданости и компатабилности (нпр. у Немачкој ово је постигнуто стварањем BDE стандарда, тј. пријемник ради са преносном фреквенцијом од 134,2 kHz, меморија је тип „само за читање“ идентификациони код је 128 бита и прати унапред дефинисану номенклатуру).



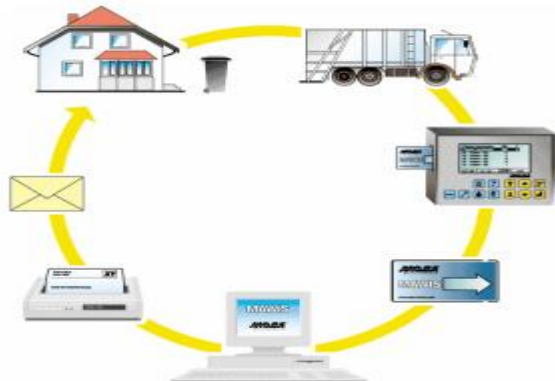
Слика 2.32. Пријемник интегрисан у руб мобилног контејнера

Процес идентификације и пренос података из контејнера за читаоце може бити реализован преко антене или уз помоћ скенера (баркод решење).



Слика 2.33. Антена које је повезана за возило (возило за прихватање отпада са задње стране)

Складиштење података и контролу целог процеса током прикупљања се обично врши уз помоћ рачунара. Пренос података до завршне обраде података се врши уз помоћ РАМ картице. Комплетан циклус је илустрован на слици 2.34:



Слика 2.34. Цео процес система

Први корак - Контејнери/канте су опремљене носиоцима идентификационих података (ИД). Обично постоји једна особа која је задужена за постављање опреме и особа која наплаћује услугу постављања.

Други корак - Идентификациони подаци се читају уз помоћ читача за време (пре или после) пражњења канти. Могуће манипулације и заобилажење овог система (нерегистрован отпад, корисници који одбијају да плаћају) се врло лако детектују. Подаци се затим преносе у рачунар који се налази у возилу. Опционално, маса отпада или ниво попуњености контејнера су повезани са сензорима у возилу и преносе се паралелно са идентификационим подацима. Рачунар у возилу додаје податке о датуму и времену пружања услуге. Као резултат формира се записна основу података преузетих са пријемника на контејнеру и складишти се на РАМ картицу.

Трећи корак - Датотеке се преносе преко безбедносног модула до рачунара који се налазе у канцеларијама. Трансфер је могућ чак и у случају губитака података због поседовања резервних података (back up).

Четврти корак - Подаци су повезани са базом података који садрже листу свих регистрованих корисника, као и листу свих регистрованих контејнера. Врши се генерисање појединачне евиденције које служба добија од одређеног корисника.

Пети корак - Индивидуални трошкови у односу на количину услуга добијају се обрачунавањем свих потребних параметара да би се на крају добили одговарајући рачуни.

Шести корак - Рачуни за пражњење канти/контејнера се шаљу кориснику/власнику.

Не постоји ограничење када су у питању подручја где се овај систем може примењивати. Међутим, границе могу бити узроковане деловањем капацитета техничких компоненти, као што је оптерећеност уграђених рачунара у возилу. Преоптерећени рачунари, са великим количинама података могу успорити процес преноса података и могућу брзину пражњења контејнера. У подручјима са хетерогеном структуром посуда за сакупљање отпада, овакав систем не може да осигура да се начин плаћања „плати колико бациш” савршено примењује у свим домаћинствима.

Цене за инсталацију система:

- пријемници 2 500 € по комаду,
- читач података на возилу 9 000 € по возилу,
- уређај за мерење динамике 20 000 € по возилу,
- ручни читач / скенер 1 000 € по комаду,
- централна јединица за обраду података и програм 8 000 €,
- РАМ картица 150 €,
- инсталација 3 € по канти до 240 литара, 10 евра за контејнере до 1 100 литара,
- укупно за пројектовање у зависности од цене имплементације износи од 10 000 € па навише.

2.3.12. Камионска полуприколица са системом „покретног” пода

Овај систем је веома погодан за транспорт на дуже релације (за транспорт отпада између пражњења, трансфер станице у сабирном подручју и постројења за рециклажу или депоније). Убацивање отпадног материјала у полуприколицу најчешће се обавља у трансфер станицама.

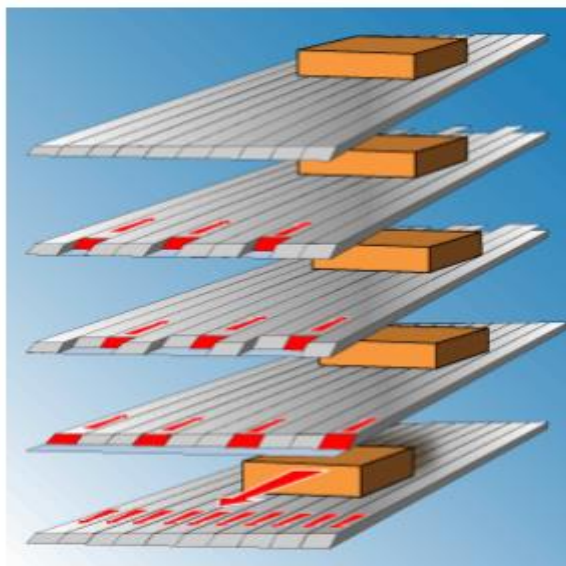
Због система покретног пода пражњење камиона може се извршити без икакве помоћи са стране. За разлику од других транспортних система који такође омогућавају пражњење без додатне помоћи, предност овог система је већа запремина и могућност превоза веће масе отпада.

У табели 2.14 приказане су предности и недостаци камионске приколице са системом покретног пода.

Табела 2.14. Предности и недостаци камионске приколице са системом ходајућег пода

Предности	Недостаци
• Ниски трошкови транспорта због велике носивости • Лако и брзо пражњење без додатне опреме	• Могући кварови проузроковани тешким и масивним компонентама отпада • Не исплатљиве краће фазе транспорта отпада у односу на друге начине превоза

Систем покретног пода је систем хоризонталног утовара и истовара приколице. Овим системом је могуће транспортовање различитих врста терета у свим облицима (врећама, кутијама, расутом стању). Под је најчешће ширине 2,5 метра и најчешће је подељен на 21 алуминијумских преграда (профили пода - слика 2.35).



Слика 2.35. *Функционисање ходајућег пода*

Преграде су подељене у три групе, свака група се састоји од седам преграда. Када се све групе померају у исто време маса (оптерећења) ће бити транспортована. После овог, сваки пут када једна група повуче уназад, отпад се не помера док све три групе не заврше своја померања. Када се заврши први циклус, може да почне са пуњењем нове групе преграда и тако све док се не попуни капацитет возила.



Слика 2.36. *Изглед пода и преграда у полуприколици камиона*

Произвођачи система обично нуде посебно прилагођена решења за покретне подне системе и полуприколице за специфичне врсте отпада, нпр. са ојачаним преградама. Основна изградња приколице са ходајућим подом може се упоредити са другим системима и њиховим полуприколицама. Такође, може се упоредити и са обичним полуприколицама које користе трактори. Потрошња возила је око 40 литара на 100 километара.

Носивост полуприколица са покретним подом:

- маса камионске приколице око 8 тона док је маса тракторске 7 тона,
- носивост 25 тона (максимална маса утовара и маса полуприколица камиона може да буде до 40 тона),
- ефективна запремина око 90 m³,
- време пражњења од 10 до 30 минута узависности од материјала.

Потребан капитал:

- полуприколица са покретним подом више од 60 000 €,
- полуприколица за камион тегљач у распону од 50 000 до 100 000 €.

2.3.13. Систем замене тела (контејнера)

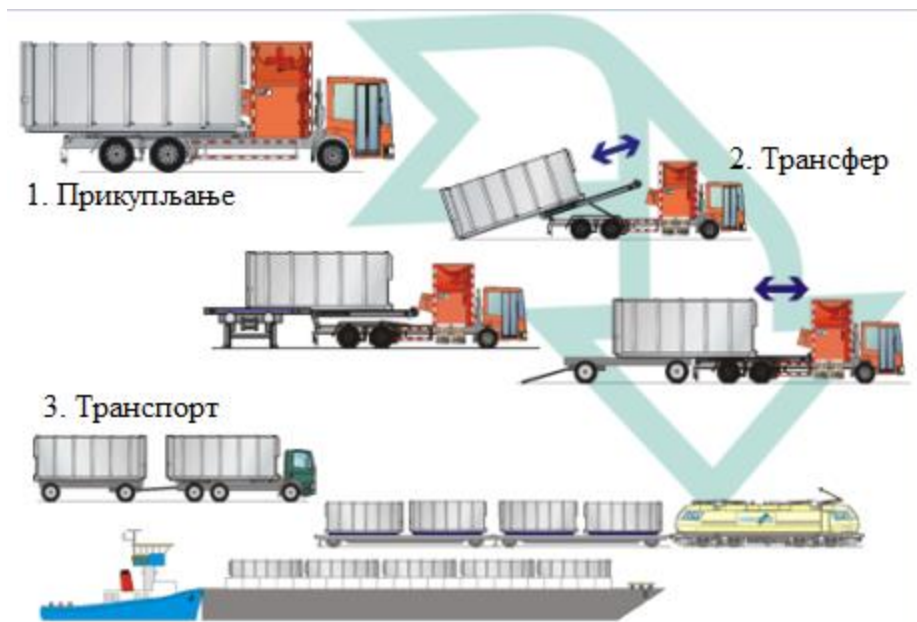
Систем замене тела користи се за транспорт на даљину различитих врста отпада. Код возила где је могућа замена тела, једноставном заменом између различитих превозника не постоји потреба за поновним пребацивањем из контејнера у други контејнер већ само замена целог тела са возила на возило. Систем је погодан пошто се тело може користити не само у друмском саобраћају, већ и у железничком и бродском саобраћају. Примена система је све популарнија због лаког трансфера на жељену локацију.

Предности и недостаци система замене тела/контејнера дат је у табели 2.15.

Табела 2.15. Предности и мане система замене тела

Предности	Недостаци
• Веома ефикасна опција транспорта на даљину различитих врста отпада У односу на транспортере са фиксним телом (телом повезаним са каросеријом): • Мање емисије штетних гасова дуж транспортног ланца, посебно током претоварног процеса, • Бржи претовар контејнера, у неким случајевима без додатне опреме • Омогућава затворен транспорт и дуже привремено складиштење отпада • У односу на други система, већи капацитет утовара по транспорту у односу на број запослених	У односу на транспортере са фиксним телом (телом повезаним са каросеријом): • Могућа виша почетна капитална инвестиција • Могуће ограничење оптерећења возила због тешких надоградњи • Може се јавити проблем компатибилности за различите верзије тела, поготову када су у питању носећи системи

Мање емисије гасова дуж транспортног ланца и бржи претовар између различитих носиоца тела су главни аргументи зашто се овај систем све чешће примењује за превоз отпада. Између појединих превозника, претовар може бити урађен чак и без неке додатне техничке инсталације (у трансфер станицама). Због великих предности овог система, све више и више возила за сакупљање отпада се одлучују за куповину опреме за систем замене тела.



Слика 2.37. Шема за процес превоза са заменом тела (на примеру IES контејнер система)

Постоје два стандардизована система која се користе за замену тела:

- контејнер систем - акт који је одговарајући са [roll - off контејнерима](#),
- замењив мост (BDF - swar систем) систем.

Производе се и посебне верзије које су намењене за специфичне намене и примене (нпр. за транспорт канализационог муља).



Слика 2.38. Железнички транспорт замењивог тела ACTS roll - off контејнера



Слика 2.39. Претовар ACTS контејнера на воз



Слика 2.40. Neuweiler-Tuchschmid-Horizontal- систем за претовар на замењиви мост са камиона на воз



Слика 2.41. Хоризонтални претовар замењивог моста (BDF систем) са камоина на воз



Слика 2.42. *Трансфер станица и возила за транспорт отпада на дуге релације*



Слика 2.43. *Систем користи аутоподизаче за железнички транспорт*

Затворени контејнер може да има носивост од 6 до 12 тона отпада. Логистика транспорта се може прилагодити количини отпада користећи различити број и величини контејнера у возилу.

Потребан капитал:

- контејнер за замену тела 10 000 €,
- приколица камиона за дуге трансporte која може да носи два, три тела 140 000 €.

2.3.14. Трансфер станице

Трансфер станице јесу техничко-инфраструктурна постројења постављена за акумулирање и претовар отпада из камиона за прикупљање у вишезапреминске посуде и транспорт на даљину (друмски, железички, или бродског превоза) за третман или одлагање отпада. Комбиновањем више појединачних возила за сакупљање отпада, општине могу да смање трошкове и транспорта отпада до удаљене депоније. Трансфер станица има посебан смисао када је место за третман, депонија или постројење за рециклажу удаљено од области из које се врши прикупљање отпада. Неке варијанте претовара отпада у трансфер станици могу се комбиновати са сабијањем или балирањем отпада.. На тај начин укупан број возила који треба да изврши даљи трансфер отпада, може бити додатно смањен.

У табели 2.17 приказане су предности и недостаци трансфер станица.

Табела 2.17. Предности и недостаци трансфер станице

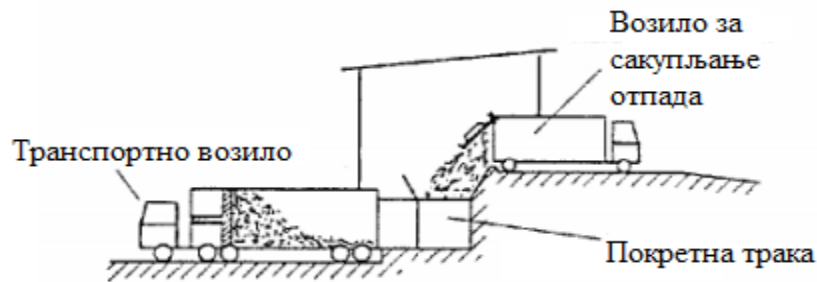
Предности	Недостаци
• Возила која прикупљају отпад могу ефикасније да се користе због смањења дужине транспорта сакупљеног отпада • Укупан транспорт отпада од тачке прикупљања до места које се користи за одлагање постаје оправдан због повећане ефикасности транспорта, штавише да пренесете отпад, трансфер станица моће смањити број камиона који путују до депоније	• Монтажа и функционисање трансфер станице троши додатне ресурсе и новац • Трансфер станице могу довести до повећања саобраћаја на подручју где се налазе. Ако није правилно смештена, пројектована, рад постројења може довести до оптерећења и сметњи у суседству

Трансфер станице могу бити различитих техничких решења. Нека од техничких решења су:

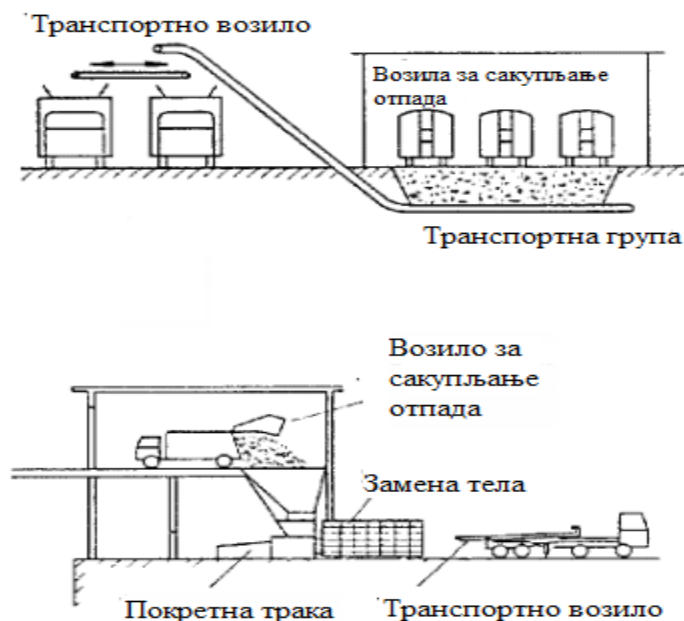
1. Тип возила који доставља отпад и тип возила који их прихвата
 - возила са могућношћу замене тела или фиксна надоградња
 - друга превозна средства, као што су железнички саобраћај и бродови
2. Претовар са или без сабијања отпадног материјала
 - сабијање отпада може да се уради у стационираном месту пре него што се отпад претовари у возила којима се врши превоз на даљину.

Најједноставнији модел трансфер станице је где се врши промена тела са једног возила на друго, наручито зато што постоје различите врсте тела које се могу мењати без икаквих додатних техничких уређаја, већ само уз помоћ дизалице.

Када је реч о возилима са фиксним телом, прво је потребно искрцати сав отпад на трансфер станицу. Ово важи и за тела која могу да се мењају, ако је немогуће поставити га на друго возило задужено за превоз на даљину. Истовар отпада може да се уради на обичном терену, одакле утоваривач ставља отпад на транспортне траке где их преузима багер и пребацује у возило за транспорт на дуге релације. Други начин истовара је преко рампи, одакле камион за сакупљање отпада празни отпад директно у корито (вагон) воза, који је отворен или уз помоћ левка (слика 2.44).



Слика 2.44. Директно пребацивање отпада из камиона у камион



Слика 2.45. Шема претовара отпада, где је на првој слици транспортер везан за дубоки бункер на којем се акумулира и привремено складишти отпад; пренос отпада путем испоруке рампе и са компресијом отпада се претвара у замењиво тело за транспорт отпада

Претовар у железнички превоз или бродски углавном се ради на исти начин као из камиона у камион, осим што трансфер станица треба да има везе са железничком мрежом или воденим токовима. Крајње одредиште отпада мора имати приступ железници или воденим токовима. У случају коришћења железничког саобраћаја количина отпада која се транспортује мора бити велика да би се осигурала економичност оваквог вида транспорта. Железнички и водени транспорт мора да изађе на крај са бројним логистичким и економским ограничењима и његова примена у сектору отпада је поприлично ретка.



Слика 2.46. *Трансфер станица са рампом за истовар возила за сакупљање и један багер за претовар отпада*

Да ли има смисла радити сабијање отпада или не током претовара у великој мери зависи од самих трошкова сабијања и уштеде у простору добијене његовим сабијањем. Показало се да је корисно имати следећу додатну инсталацију интегрисану у трансфер станицу:

- вагу за мерење количине приспелог отпада,
- раван простор или бункер за привремено складиштење отпада,
- прихватну тачку за мале количине отпада испоручене од стране појединаца.

Примери трошкова трансфер станице су дати на основу амортизације за инвестиционе и текуће трошкове (амортизациони период од 20 до 25 година):

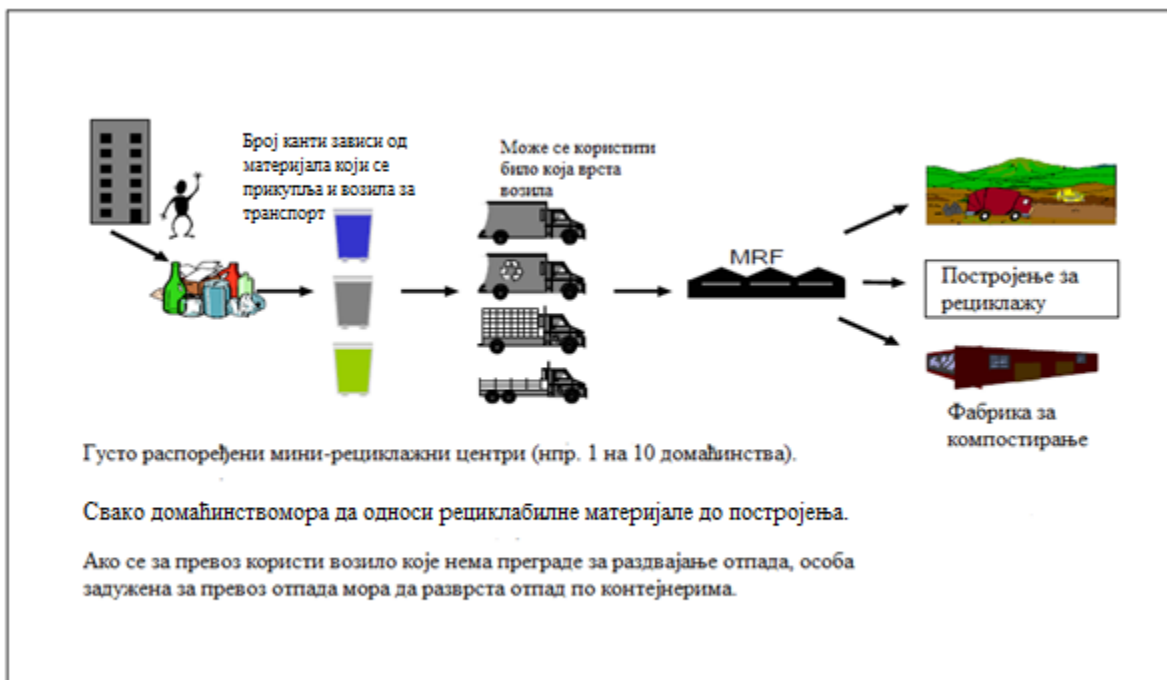
1. до 10 000 €,
2. 250 000 - 350 000 € плус трошкови радника (2 радника),
3. 300 000 - 450 000 € плус трошкови радника (4 радника).

3. Опције раздвојеног сакупљања отпада

Анализом различитих опција за сакупљање отпада, које се базирају на сакупљању отпада генерисаног у објектима индивидуалног и колективног становања, као и прикупљања отпада из комерцијалног сектора, добија се најбоље решење за одношење чврстог комуналног отпада са посматране локације. Начин на који се прикупља отпад значајно утиче на трошкове, експлоатацију ресурса, емисије CO₂ као и модалитете каснијег третмана прикупљеног мешаног отпада. Постоји неколико опција на располагању за одлагање и прикупљање отпада у градовима и регионима. Оне варирају од једноставног начина прикупљања чврстог отпада са једном флотом возила за прикупљање и одношење на депонију до сложених система где се отпад из дворишта и рециклабили сакупљају одвојено од осталог отпада. Дворишни отпад се одвози у постројења за компостирање, а рециклабили у рециклажна дворишта. Различите врсте контејнера се користе за прикупљање отпада из стамбених, индивидуалних објеката и оних из комерцијалних предузећа и комплекса станова. Исто тако се могу користити различите методе за прикупљање отпада из индивидуалних објеката становања и комерцијалних предузећа, па се и дестинације за одлагање разликују: санитарне депоније, места где се врши рециклажа или компостирање. Поред тога може да постоји и једна или више локација у граду или округу где становници могу сами да доведу и одложе свој дворишни отпад или рециклабиле. Општинска служба, саветодавац и агенције су одговорни за израду препоруке о „најбољем” начину управљања чврстим отпадом у граду или округу. Један од приступа је да се прво утврде врсте и количине отпада који настаје у домаћинствима, апартманским становима и трговинским предузећима. Следећи корак је да се прикупи што више информација о свим могућим корацима у процесу управљања отпадом: прикупљање, третман, одлагање и по потреби трансформисање отпада у нове производе. У раду ће бити приказани различити сценарији сакупљања и транспорта отпада.

3.1. Сценарио 1: Мини рециклажни центар

Сакупљање отпада за мини рециклажне центре, обављало би се у више канти које би служиле за прикупљање различитих врста материјала. Ове канте се налазе на позицијама које су доступне великом броју домаћинства, на пример, на паркингу зграде, или на постојећим местима где се већ налазе контејнери или на неком другој договореној локацији. Домаћин (или особа која ће бити задужена за одношење отпада) ће бити у обавези да доноси рециклабилни отпад на те локације и да сортира отпад по кантама. Слика 3.1. приказује како овај мини рециклажни центар функционише.



Слика 3.1. Шематски приказ функционисања мини рециклажног центра

Најбоља локација за функционисање система јесу насеља са вишеспратним зградама, али и поред оваквих насеља може се користити и у свим другим насељима. Уколико се користи у насељима са вишеспратним зградама, предлог је, да канте буду постављене на местима, на којим већ постоје канте/контејнери за одлагање комуналног отпада које већ користе становници зграде. Овакав тип прикупљања био би користан и у малим изолованим срединама где би појединачно прикупљање било тешко и скупо да се спроведе. Резиме предности и важних питања за разматрање мини рециклажних центара, дат је у табели 3.1.

Табела 3.1. Предности и питања за разматрање мини - рециклажног центра

Предности	Питања за разматрање
• Користан модел када не постоји појединачно сакупљање отпада по домаћинству • Погодан за уградњу на постојећим местима за прикупљање отпада, која постоје у насељима са вишеспратним стамбеним зградама • Погодан за уградњу у малим изолованим срединама, где је тешко и неисплативо појединачно скупљање отпада по домаћинствима • Може омогућити различите нивое сепарације отпада, у зависности од простора/других локалних система • Може омогућити појединачну или колективно сакупљање • Може омогућити флексибилност у погледу циклуса прикупљању отпада • Може обезбедити посебно одвојене материјале • Флексибилан систем (прикупљање отпада може да се промени релативно лако, уколико дође потреба за тим)	• Надгледање учешћа домаћинства биће вероватно тешко изводљиво • Помоћ полиције и правосуђа је тешко изводљиво пошто се отпад не може преписати индивидуалним домаћинствима • Консултације са грађанима су веома важне како би се повећало учешће и како би се обезбедила најбоља места за постављање канти • Захтева више напора од члана домаћинства који је задужен за изношење отпада, пошто мора да чува одвојене фракције отпада код куће • Предлаже се да метода која се користи за вишеспратне зграде, што се тиче близине одлагања отпада, да се примењује и у малим срединама

Ако би се сви рециклабилни материјали прикупљају одвојено, у посебне канте, тако одвојени могу да се транспортују директно на поновну прераду у постројења за рециклажу. Уколико материјали нису сортирани на задовољавајући начин или уколико су помешани приликом транспорта, доводе се до MRF постројења одакле се после поновног сортирања одвозе на одговарајуће локације. Што се тиче биоразградивог отпада, домаћинства која станују у вишеспратним стамбеном зградама, имају много мање биоразградивог отпада него домаћинства која станују у кућама. Биоразградиви отпад из кухиње представља значајан део свакодневног отпада.

3.2 Сценарио 2: Контејнерско (ивичњак) сакупљање отпада са одвојеним сакупљањем биоразградивог отпада

Контејнерски систем сакупљања отпада, захтева посебне посуде за прикупљање сувог рециклабилног отпада као што су: папир, пластичне флаше, алуминијумске и челичне конзерве, стакло и текстил. Сортирање се врши на улици у специјалним камионима са више преграда. Овај систем је погодан за подручја са релативно малим бројем становника, где улагања у постројења за сортирање и одлагање не би било економски исплативо. У насељима са великим број домаћинства овај систем је неефикасан. Такође, овај сценарио може бити непогодан за насеља са уским улицама и насељима са густим саобраћајем или у подручјима са хладним и кишним временским условима. Слика 3.2. представља шематски приказ једног од могућих решења овог система сакупљања отпада.



Слика 3.2. Сакупљање отпада на ивичњаку са биоразградивом сепарацијом

Канте/контејнери су најбезбедније за овај систем прикупљања отпада, зато што су лако уочљиви за оперативце који га преузимају, смањује шансу за загађење и угрожавање безбедности које могу да представљају оштра стакла или конзерве. Коришћењем канти помаже се избегавање проблема контаминација пластичних кеса у компосту. Да би најефикасније функционисао овај систем захтева прикупљање отпада у три циклуса, као суви отпад, биоразградиви отпад и преостали мешани (резидуални) отпад. Друге предности и значајна питања за разматрање приказане су у табели 3.2.

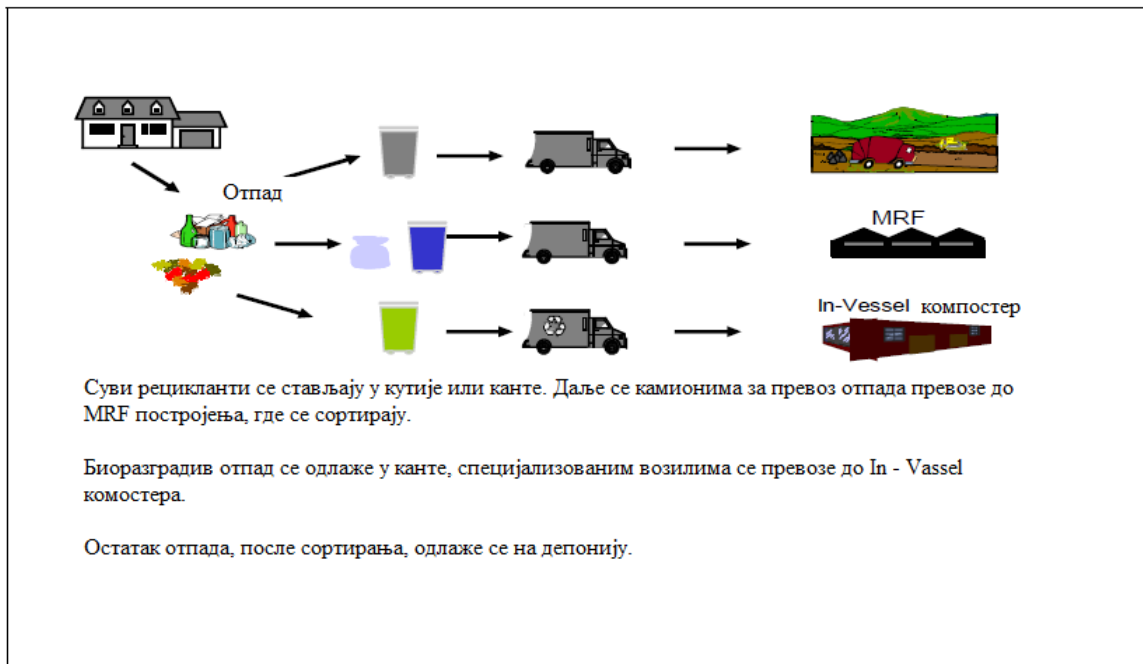
Табела 3.2. Предности и питања за разматрање прикупљања отпадана ивичњаку

Предности	Питања за разматрање
• Добро одвајање секундарних сировина из мешовитог отпада • Веома је видљива спремност домаћинства да учествује у рециклажи - промоција активности • Сортирање код оператера елиминисе потребу за сортирањем у MRF постројењима • Ниска контаминација због сортирања од стране оперативца • Сортирање отпада од стране оперативца омогућава повратну информацију да неко домаћинство злоупотребљава систем • Канте обезбеђују једноставан начин складиштења рецикланта за домаћинства • Корисно у подручјима са релативно малим бројем становника, где улагање у објекте централизоване инфраструктуре за разврставање је нерационално	• Није погодан у густо насељеним улицама које имају проблем са густином саобраћаја • Здравље и безбедност - опасност од оштрог стакла и лименки • Ограничена могућност да се прошири асортиман сакупљања када се једном успостави • Потребне инвестиције за специјализована возила • Може да захтева постављање посебних канти/кутија за одвојено складиштење и прикупљање папирног отпада да би се избегли проблеми загађивања • Даље сортирање неких фракција (посебно пластике) може бити потребно • Могући проблеми са временом за домаћинства уколико се отпад прикупља више пута недељно • Не може се сматрати корисним у одређеним климатским условим

Сакупљање отпада на ивичњаку и мешано прикупљање отпада ([сценарио 2](#) и [сценарио 3](#)) захтева одвојено прикупљање биоразградивог отпада да би се испунили захтеви Директиве о депонијама. Начини обраде отпада (нпр. компостирање или анаеробна дигестија) ће утицати на материјале укључене у колекцију биоразградивог отпада, као што ће на крају утицати и на прерађени производ. Приградска насеља углавном чине куће са двориштима и баштама које праве веће количине зеленог (баштенског) отпада, одвојеним прикупљањем тог отпада, од досадашњег депоновања на депонију, добијају се велике количине баштенског отпада.

3.3. Сценарио 3: Раздвојено сакупљање отпада са сепарацијом биоразградивог отпада

Раздвојено сакупљање отпада односи се на сакупљање сувог рециклабилног отпада у један контејнер, кутију или канту. Кутија би у овом случају обезбедила аутоматизацију система, уз помоћ које може да се побољша ефикасност напалате. Да би се избегла контаминација папира, може се додати посебна кутија или врећа која ће се користити само за папир. У овом сценарију, претпоставља се да ће помешана сакупљање сувих рецикланата који се прикупе у током једне недеље, уз помоћ возила бити транспортовани на даљу обраду не зависно од транспорта осталог отпада. Систем је погодан у већини области где је дефинисано контејнерско прикупљање отпада, тј. где има простора на тротоару за остављање кутија за прикупљање. Слика 3.3. представља шему како би сакупљање могло бити реализовано.



Слика 3.3. Шема мешаног сакупљања отпада за сепарацијом биоразградивог отпада

Као и код система где се отпад сакупља на ивичњаку, захтева се одвојено прикупљање биоразградивог отпада да би се испунили захтеви Директиве о депонијама. Предности и питања за разматрање дата су у табели 3.3.

Табела 3.3. Предности и питања за мешано сакупљање отпада

Предности	Питања за разматрање
• Веома је видљива спремност домаћинства да учествује у рециклажи - промоција активности • Омогућава ефикасну наплату, за било коју врсту возила • Добро одвајање секундарних сировина из мешаног отпада ако је систем добро промовисан • Кутије/канте пружају једноставан начин складиштења отпада за домаћинства • Опсег материјала који се прикупљају може лако да повећа / побољшања рад рециклажних постројења	• Неопходан приступ MRF постројењима • Може захтевати посебне кутије / канте за одвојено складиштење и прикупљање папирног отпада како би се избегли проблеми са загађивањем околине • Учешће може да буде лимитирано, због више кругова сакупљања • Недовољна могућност мониторинга процеса раздвојеног сакупљања и повратних информација домаћинствима • Ако се користе кутије као посуде за прикупљање, постоје здравствени и сигурносни аспекти које треба узети у обзир у погледу укидања кутија од стране домаћинства и радника који прикупљају

3.4. Сценарио 4: Прикупљање отпада возилом са преградама

Вишезапреминска возила са две или три преграде могу се користити у овом моделу сакупљања отпада. Једна од преграда користила би се за превоз преосталог мешаног (резидуалног) отпада, остале преграда биле би искоришћене за сакупљање појединих одвојених фракција отпада. Оперативно возило са више преграда за резидуални отпад, сувим рециклабним материјалом и биоразградивим отпадом се не сматра економски одрживим. Оваква возила се могу користити у већини ситуација, али се сматра нарочито корисно када су у питању дуге раздаљине да би се покрио цео круг прикупљања отпада, и када број циклуса у прикупљању треба бити сведен на минимум. Евентуални проблеми могу бити неодговарајуће димензије преграда, поготову у руралним подручјима где би возила (због неодговарајуће величине преграда) морала да прелазе велике раздаљине да би одложили отпад, па потом поново да дођу на место за прикупљање.

Сценарио који је представљен на слици 3.4. приказује вишезареминско возило које прикупља отпад (резидуални и биоразградиви) и превози га на даљу обраду (депонију и постројење за компостирање).



Слика 3.4. Шематски приказ сакупљања отпада уз помоћ вишезапреминских возила

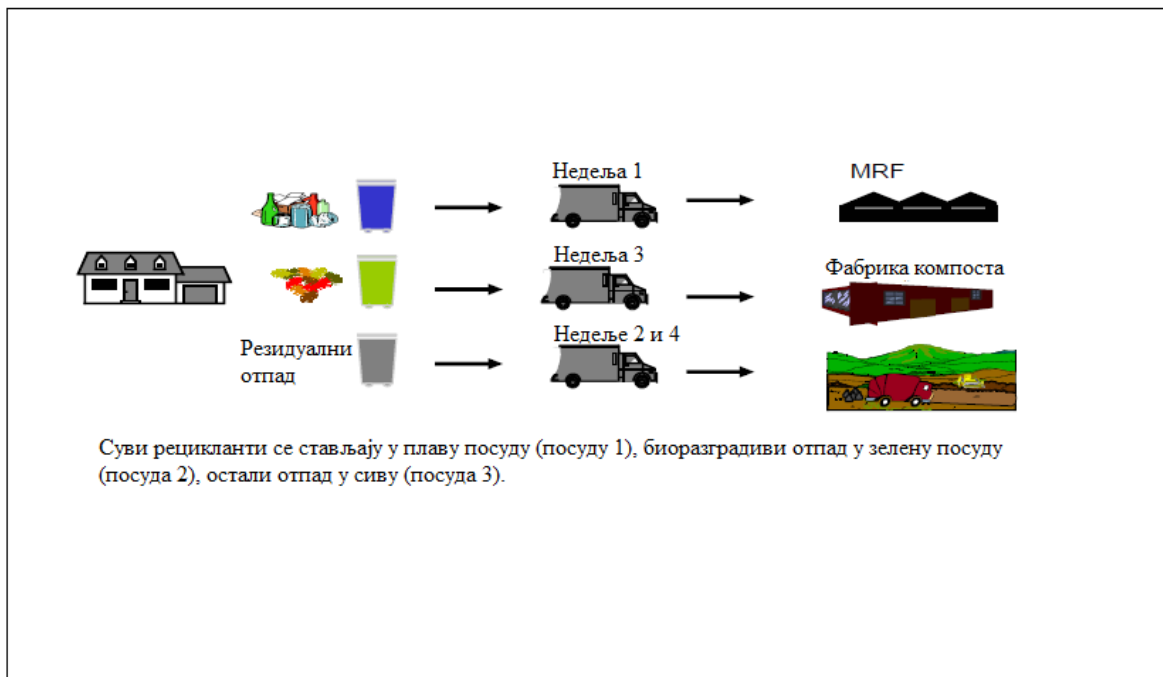
Овај сценарио нема велику ефикасност у урбаним срединама, због количине „зеленог” отпада, већ је знатно ефикаснији у руралним срединама. У забаченим руралним срединама трошкови више од једног возила за прикупљање отпада од сваког домаћинства могу бити превисоки, а самим тим и крајње не исплативи. Резиме предности и важних питањима за разматрање, дат је у табели 3.4.

Табела 3.4. Предности и питања за разматрање прикупљања отпада са вишезапреминским возилима

Предности	Питања за разматрање
• Може лако бити интегрисан у већ постојећи систем за прикупљање • Веома користан уколико је потребно прелажење већих дистанци ради прикупљања • Може обезбедити добро одвајање биоразградивог отпада из мешаног отпада • Кутије обезбеђују једноставно складиштење отпада за домаћинства • Погодан за било које географске локације	• Недовољна могућност мониторинга процеса раздвојеног сакупљања и повратних информација домаћинствима • Пажљиво разматрање димензионисања прегради у возилу према потреби • Потребна напомена да је систем најефикаснији у руралним деловима и сходно томе потребно је димензионисати преграде • Одвојено сакупљање биоразградивог отпада, суве фракције, и резидуалног отпада није генерално могући у једном возилу • Да ли одговара, само ако се све фракције отпада превозе на исту локацију

3.5. Сценарио 5: Алтернативно недељно прикупљање отпада Недељно прикупљање отпада

Алтернативно недељно прикупљање отпада би захтевало одвојене контејнере за различите фракције отпада. Замисао је да се отпад прикупља у више канти: суви рециклабилни отпад, зелени или биоразградив отпад (у зависности од тога да ли је укључен кухињски отпад или не), и преостали мешани отпада. Шематски приказ је дат на слици 3.5.



Слика 3.5. Шематски приказ алтернативне недељног сакупљања отпада

Два пута недељно се одвози преостали (мешани) отпад, док се неизменично прикупља зелени и рециклабилни суви отпад једном недељно. Није потребно више од једног возила за функционисање модела. Овај систем може да се користи на било којим локацијама, али као и код модела прикупљања отпада уз помоћ вишезапреминског возила веома је користан за дуже локације, када је потребно да се број прикупљања отпада сведе на минимум. У табели 3.5. дат су предности овог сценарија, као и питања за разматрање.

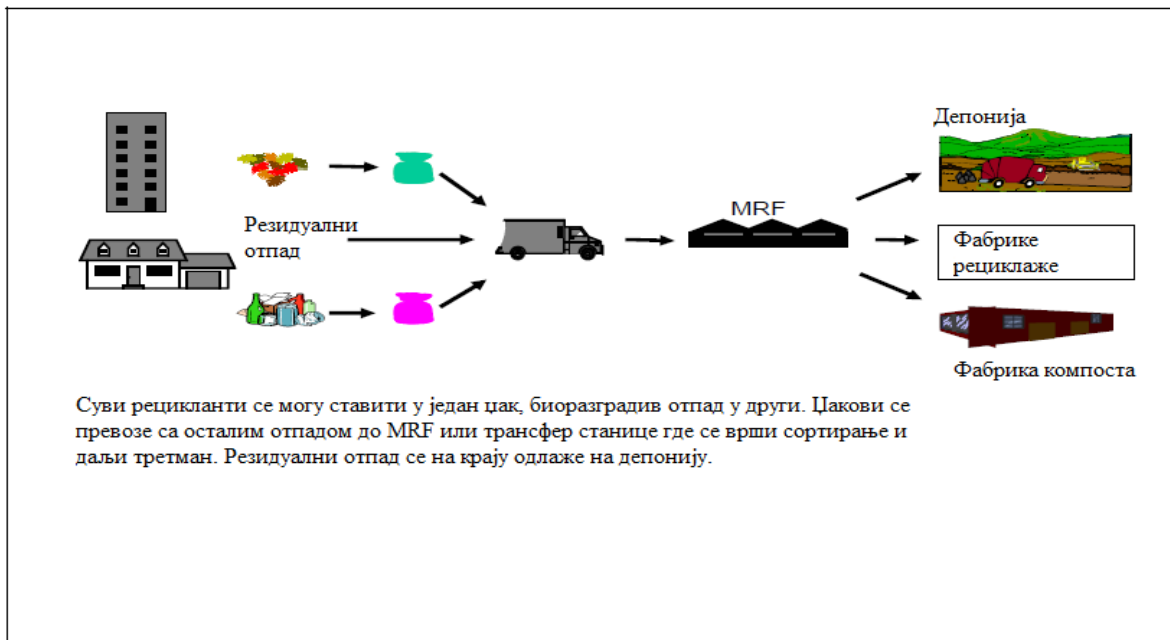
У табели 3.5. дат су предности овог сценарија, као и питања за разматрање.

Табела 3.5. Предности и питања за разматрање прикупљања отпада са возилом са преградама

Предности	Питања за разматрање
• Веома је видљива спремност домаћинства да учествује у рециклажи • Омогућава засебно прикупљање без повећања броја кругова прикупљања • Може се лако интегрисати са постојећим постројењима за прикупљање отпада • Не би требало да захтева више возила или оперативаца од постојећег броја • Посебно примењив уколико постоји жеља да се задржи мали број транспорта • Може се обезбедити добро одвајање рециклабилног отпада из мешовитог отпада • Опсег прикупљања материјала може се лако повећати уколико побољшамо рециклажне фабрике • Смањивање резидуалног отпада	• Потребан приступ MRF постројењу • Загађење од папира може бити проблем • Људи могу видети смањену фреквенцију у остацима отпада • Може довести до негативних реакција домаћинства, због великог броја канти

3.6. Сценарио 6: Прикупљање уз помоћ кеса / џакова

Систем прикупљања отпада уз помоћ кеса, подразумева раздвајање рециклабилног и биоразградивог отпада у посебне торбе/вреће, док се транспорт врши са осталим отпадом. Одлика система је једноставност за употребу, пошто се отпад може раздвојити у више фракција и не захтева више раздвајања, што је приказано на слици 3.6. Иако је овај систем примењив на скоро свим подручјима (нпр. у насељима са високим зградама, приградским или руралним срединама), обично није толико заступљен нити успешан као прикупљање које се врши у кутијама или кантама у смислу учешћа домаћинстава у сакупљању. Најчешће се примењује на местима где су други системи сакупљања отпада тешко спроводе. На пример, мање кесе могу се користити у домаћинствима која живе у високим зградама где домаћинства одлажу свој отпад уз помоћ отвора (или тобогана) за одлагање отпада. Кесе се такође могу користити у руралним подручјима, као и у комбинацији са осталим системима за прикупљање отпада.



Слика 3.6. Шематски приказ сакупљања отпада уз помоћ кеса / џакова

Предности и питања за разматрање су дата у табели 3.6.

Табела 3.6. Предности и питања за разматрање прикупљања отпада уз помоћ кеса / џакова

Предности	Питања за разматрање
• Омогућава засебно прикупљање без повећања циклуса прикупљања • Може се лако интегрисати са постојећим постројењима за прикупљање отпада • Може бити одговарајуће у више стамбених објекта у којима се налази <i>тобоган</i> за свако домаћинство • Опсег материјала који се прикупљају може лако да се повећа - побољшање рециклажних постројења • Одређени број кеса/џакова може се користити за раздвајање отпада на одвојене фракције	• Потребан приступ MRF постројењу • Недовољна могућност мониторинга процеса раздвојеног сакупљања и повратних информација домаћинствима • Контаминација отпадног папира услед начина прикупљања са осталим рециклабилним материјалимаНије нарочито видљив начин прикупљања рециклабилног отпада • Прикупљање уз помоћ кеса/џакова не изазива тако добре реакције од учесника као друге методе • Сама кеса/џакови постаје отпад након прикупљања • Набавка више од четири кесе / џака по домаћинству може бити скупа

4. Модел за израчунавање економски и енергетских трошкова прикупљања комуналног отпада у урбаним условима

4.1. Математички модел трошкова прикупљања отпада

Овим математичким моделом рачунају се следећи јединични трошкови процеса прикупљања комуналног отпада:

- укупни годишњи трошкови прикупљања,
- годишњи трошкови прикупљања по комуналном возилу,
- годишњи трошкови прикупљања по локацији прикупљања,
- годишњи трошкови прикупљања по тони сакупљеног отпада .

Годишњи трошак прикупљања по комуналном возилу је сума годишњих капиталних и оперативних трошкова једног возила увећана за годишњи капитални трошак сваког контејнера који грађани користе на локацијама прикупљања које обилази дато возило.

Трошак прикупљања по локацији прикупљања је сума годишњих трошкова једног комуналног возила подељених бројем локација које то возило сервисира увећаних за трошкове свих контејнера који се налазе на тим локацијама. Код индивидуалног становања, један објект предствља једно место прикупљања. У случају објекта колективног становања (једна или више стамбених зграда), место прикупљања је локација на којој се налази један или више груписаних контејнера.

Трошкови по тони сакупљеног отпада се добијају када се трошкови по локацији прикупљања поделе масом отпада генерираном на годишњем нивоу од стране становника који користе то место прикупљања.

Стандардна вредност учесталости (фреквенце) прикупљања отпада је једном недељно. Из тог разлога, у алгоритам прорачуна трошкова се укључује параметар количине генерираног отпада недељно за свако место прикупљања. Овај параметар се рачуна на основу броја становника који живе у објектима индивидуалног становања, укупног броја оваквих објекта у заједници и дневне количине генерираног отпада по становнику. Отуда, просечна количина генерираног отпада пообјекту (домаћинству) недељно је:

$$m_{OI}^N = \frac{N_{SOI}}{N_{OI}} \cdot m_s^D \cdot 7 \quad (1)$$

где је:

m_{OI}^N [kg] – маса отпада генерисана у објекту индивидуалног становања током једне недеље,

m_s^D [kg] – маса генерисаног отпада по становнику дневно,

N_{SOI} [-] – број становника који живе у објектима индивидуалног становања,

N_{OI} [-] – број објекта индивидуалног становања у заједници.

4.1.1. Математички модел прикупљања мешаног отпада

Модел за прорачун трошкова прикупљања мешаног отпада подразумева да се овај отпад одвози једнозапреминским комуналним возилом. Становници свој кућни отпад прикупљају у сопственим кантама или контејнерима, без издвајања рециклабилних компонената. У овом случају радници комуналне службе не врше никакво раздвајање на месту прикупљања, па се трошкови своде на трошкове набавке и експлоатације комуналних возила и контејнера.

Један од важних параметара за прорачун трошкова је недељна количина генерираног мешаног отпада по објекту ($m_{Mix_OI}^N$). Како нема издвајања рециклабилних фракција отпада на извору или на месту прикупљања, просечна недељна количина мешаног отпада је једнака просечној недељној количини отпада по објекту (m_{OI}^N , израз 1), односно:

$$m_{Mix_OI}^N = m_{OI}^N \quad (2)$$

Модел за прорачун трошкова прикупљања кућног отпада из објеката индивидуалног становања може да се прикаже преко следећих алгоритамских корака:

Корак 1 – Број објеката (домаћинстава) које ће комунално возило опслужити до попуњавања свог капацитета (један циклус прикупљања отпада)

$$N_{OI}^C = \frac{S_{kor_kv} \cdot V_{kv} \cdot N_P^N}{(m_{Mix_OI} / \rho_{Mix})} \quad (3)$$

где је:

N_{OI}^C [-] – број опслужених објеката по једном циклусу прикупљања (до попуњавања капацитета возила),

S_{kor_kv} [-] – степен искоришћења товарног простора у комуналном возилу (0.75 ÷ 0.9),

V_{kv} [m³] – запремински капацитет возила,

N_P^N [-] – фреквенца прикупљања отпада (број пражњења канте/контејнера у току једне недеље),

ρ_{Mix} [kg/m³] – густина мешаног отпада.

Корак 2 – Време путовања празног комуналног возила:

$$T_I = \frac{D_I}{V_I} \cdot 60, \quad (4)$$

где су:

T_I [min] – време путовања празног комуналног возила,

D_I [km] – растојање које прелази празно комунално возило,

V_I [km/h] – просечна брзина празног комуналног возила.

Комунално возило путује празно (на почетку сваког радног дана) од гараже до почетне локације првог циклуса прикупљања отпада. Такође, возило путује празно и од локације за истовар отпада до почетне локације наредног циклуса прикупљања. У циљу уопштавања математичког модела, увешће се претпоставка да су претходно дефинисана растојања приближно једнака, а да се празно возило увек креће истом просечном брзином. Ова претпоставка се базира на чињеници да су режими кретања, потрошња горива и емисија продуката сагоревања пуног и празног возила врло различити, па се нијансе у параметрима кретања празног возила могу занемарити.

Корак 3 – Време кретања комуналног возила између локација прикупљања отпада

$$T_{III} = \frac{D_{III}}{V_{III}} \cdot 60, \quad (5)$$

где су:

T_{III} [min] – време кретања између две узастопне локације прикупљања отпада,

D_{III} [km] – растојање између две узастопне локације прикупљања отпада,

V_{III} [km/h] – просечна брзина кретања возила између две локације прикупљања отпада.

Корак 4 – Време путовања комуналног возила од задњег места прикупљања отпада до објекта где се отпад истовара:

$$T_{III} = \frac{D_{III}}{V_{III}} \cdot 60, \quad (6)$$

где су:

T_{III} [min] – време путовања од задњег места прикупљања до локације истовара,

D_{III} [km] – растојање између задњег места прикупљања и локације истовара,

V_{III} [km/h] – просечна брзина кретања возила између задњег места прикупљања и локације истовара.

Корак 5 – Време путовања празног комуналног возила од објекта где се отпад истовара до гараже (крај радног дана):

$$T_{IV} = \frac{D_{IV}}{V_{IV}} \cdot 60, \quad (7)$$

где су:

T_{IV} [min] – време путовања од локације истовара до гараже,

D_{IV} [km] – растојање између локације истовара и гараже,

V_{IV} [km/h] – просечна брзина кретања празног комуналног возила између локације истовара и гараже.

Корак 6 – Време које је потребно комуналном возилу да комплетира један циклус прикупљања отпада (време путовања празног возила до почетне локације, време пуњења возила, путовање између локација, задња локација - објекат за истовар отпада, време истовара отпада):

$$T_C = T_I + T_{IP} \cdot \left(\frac{N_{OI}^C}{N_{OI}^L} \right) + T_{IK} \cdot \left(\frac{N_{OI}^C}{N_{OI}^L} - 1 \right) + T_{III} + T_{ist}, \quad (8)$$

где су:

T_C [min] – време путовања комуналног возила до комплетирања једног циклуса прикупљања отпада,

T_{IP} [min] – време пуњења комуналног возила на једном месту прикупљања отпада,

N_{OI}^L [-] – број објеката за које се отпад прикупља на једном месту (локацији),

T_{ist} [min] – време пражњења комуналног возила на локацији за истовар отпада.

Корак 7 – Број циклуса прикупљања отпада које комунално возило може да обави током једног радног дана:

$$N_C^D = \frac{N_{RS_KV}^D \cdot 60 - (T_{PR} + T_{PO} + T_{IV})}{T_C}, \quad (9)$$

где су:

N_C^D [-] – број циклуса прикупљања отпада у току једног дана по возилу,

$N_{RS_KV}^D$ [h] – број радних сати на дан по комуналном возилу,

T_{PR} [min] – пауза за оброк (минута на дан по возилу),

T_{PO} [min] – пауза за одмор (минута на дан по возилу).

Корак 8 – Потребан број циклуса прикупљања отпада које комунална возила морају да обаведа би се опслужила сва домаћинства обухваћена опцијом:

$$N_{CU} = \frac{N_{OI} \cdot C_{OI_op1}}{N_{OI}^C}, \quad (10)$$

где су:

N_{CU} [-] – број потребних циклуса прикупљања отпада да би се опслужила сва домаћинства,

C_{OI_op1} [-] – коефицијент удела домаћинства.

Корак 9 – Број комуналних возила потребан да би се опслужила сва домаћинства, током недељне шеме прикупљања отпада:

$$N_{KV}^N = \frac{N_{CU}}{N_C^D} \cdot \frac{N_P^N}{N_{RD}^N}, \quad (11)$$

где су:

N_{KV}^N [-] – број комуналних возила за недељну шему прикупљања,

N_{RD}^N [-] – број радних дана у току једне недеље.

Корак 10 – Капитални оперативни трошкови једног комуналног возила на нивоу једне године:

Капитални трошкови:

$$K_{T_KV} = (1+e) \cdot P_{KV} \cdot CRF, \quad (12)$$

где су:

K_{T_KV} [€/god⁻¹] – годишњи капитални трошкови једног комуналног возила амортизованог дуж економског века,

e [-] – коефицијент административних трошкова (€ административних трошкова по € цене капитала),

P_{KV} [€] – цена једног комуналног возила,

CRF [god⁻¹] – фактор повраћаја капитала по комуналном возилу.

Фактор повраћаја капитала CRF дефинише се као:

$$CRF = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}, \quad (13)$$

где су:

i [god⁻¹] – годишња есконтна стопа,

n [god] – економски век комуналног возила.

Корак 11 – Капитални трошкови једне посуде (канте) за одлагање рециклабилног отпада:

$$K_{T_KAN} = (1+e) \cdot P_{KV} \cdot CRF, \quad (39)$$

где су:

K_{T_KAN} [€/god⁻¹] – годишњи капитални трошкови једне посуде (канте) амортизоване дуж економског века,

e [-] – коефицијент административних трошкова (€ административних трошкова по € цена капитала),

P_{KV} [€] – цена једне посуде (канте),

CRF [god⁻¹] – фактор повраћаја капитала по посуди

$$CRF = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}, \quad (40) \quad \text{где су:}$$

$i [god^{-1}]$ – годишња есконтна стопа,

$n [god]$ – економско век канте.

Корак 12 – Капитални трошкови посуда (канти) за одлагање рециклабилног отпада које опслужи једно комунално возило:

$$K_{T_KAN_U} = K_{T_KAN} \cdot N_{KAN}^O \quad (41)$$

Корак 13 – Трошкови прикупљања отпада по комуналном возилу на годишњем нивоу:

$$C_{KV} = \left[(1 + b_{KV}) \cdot K_{T_KV} \right] + K_{T_KAN_U} + O_{T_KV}, \quad (42)$$

где су:

$C_{KV} [€/god^{-1}]$ – годишњи трошкови по комуналном возилу,

$b_{KV} [-]$ – коефицијент замене комуналног возила (број резервних возила по комуналном возилу).

Корак 14 – Укупни трошкови прикупљања отпада на годишњем нивоу:

$$C_{PO} = N_{KV}^N \cdot C_{KV}, \quad (43)$$

где је:

$C_{PO} [€/god^{-1}]$ – укупни трошкови прикупљања.

4.2 Математички модел прикупљања отпада раздвојеног на извору

Остале опције прикупљања отпада представљају варијанту прикупљања отпада који је раздвојен на рециклабилни и не-рециклабилни (преостали мешани отпад). Свако домаћинство је додатно снабдевано са једним (или више) контејнера (канти) за издвајање рециклабилних фракција. Годишњи трошкови амортизације ових посуда се третирају као додатни капитални трошкови прикупљања отпада. При томе, овај модел прорачуна трошкова прикупљања претпоставља да су сва домаћинства у оквиру сектора у коме се примењују остале опције снабдевена додатним посудама за издвајање рециклабилних фракција без обзира да ли су се сви становници одлучили за учешће у програму рециклаже.

Једначине за израчунавање трошкова код осталих опција су идентичне. Разлике у трошковима прикупљања код ових опција се јављају искључиво због различитих вредности следећих променљивих:

- број додатних посуда за издвајање рециклабилних фракција које су додељене домаћинствима
- време пуњења комуналног возила (и у неким ситуацијама време раздвајања фракција код пуњења),
- број радника у посади комуналног возила,
- капитални и оперативни трошкови комуналног возила.

За ове остале опције недељна количина генерисаног рециклабилног отпада по објекту ($m_{Rec_OI_j}^N$) је једнака производу просечне недељне количине отпада по објекту (m_{OI}^N , израз 1) и коефицијенту издвајања рециклабилних фракција, односно:

$$m_{Rec_OI_j}^N = m_{OI}^N \cdot f_{Rec_j} \quad (20)$$

где је:

$m_{Rec_OI_j}^N$ [kg, недељно / објекту] - маса рециклабилног отпада генерисана по објекту на недељном нивоу за опцију прикупљања [j] (j представља једну од опција),

m_{OI}^N [kg, недељно / објекту] - маса отпада генерисана у објекту индивидуалног становања током једне недеље,

f_{Rec_j} [/] – коефицијент издвајања рециклабилних фракција за опцију прикупљања [j] (j представља једну од опција).

Коефицијент издвајања рециклабилних фракција f_{Rec_j} израчунава се као сума производа „степен издвајања рециклабилне фракције отпада” и „масеног удела фракције отпада” односно:

$$f_{Rec_j} = \sum_i^n c_{r_{ij}} \cdot f_i \quad (21)$$

где су:

$c_{r_{ij}}$ [/] – степен издвајања рециклабилне фракције отпада,

$f_i = \frac{m_i}{m}$ – масени удео фракције отпада.

Густина отпада се мора разложити на густину рециклабилног дела отпада и не-рециклабилног отпада (преостали мешани отпад).

$$m = m_R + m_M = \sum m_i(R) + \sum m_i(M) \quad (22)$$

$$\rho_R = \frac{\sum f_i c_{r_{ij}}}{\sum \frac{f_i}{\rho_i} c_{r_{ij}}} \quad (23)$$

$$\rho_M = \frac{\sum f_i (1 - c_{r_{ij}})}{\sum \frac{f_i}{\rho_i} (1 - c_{r_{ij}})} \quad (24)$$

где су:

ρ_R - густина рециклабилног дела отпада,

ρ_M - густина преосталог (мешаног) дела отпада,

$\rho_i = \rho \cdot S_{sab}$ - густина „ сабијеног” отпада (i -те компоненте),

ρ - густина сакупљеног отпада пре “ сабијања” (i - те компоненте),

S_{sab} [-] – степен сабијањаотпада у комуналном возилу(i - те компоненте).

Модел за прорачун трошкова прикупљања кућног отпада из објеката индивидуалног становања за остале опције може да се прикаже преко идентичних алгоритамских корака као и код опције за мешани отпад, са разликом што се код осталих опција у појединим формулама уводи и тзв. „фактор учестаности” (PF). Ово се уводи из разлога што комунална возила код осталих опција прикупљања се заустављају само код објеката који имају наменски постављене посуде (канте) за прикупљање рециклабилног отпада, па је последично и време кретања комуналног возила између локација прикупљања отпада нешто дуже.

Корак 1 – Број објеката (домаћинстава) које ће комунално возило опслужити до попуњавања свог капацитета (један циклус прикупљања отпада):

$$N_{Rec_OI}^C = \frac{S_{kor_kv} \cdot V_{kv} \cdot N_P^N}{(m_{Rec_OI_j} / \rho_R)} \quad (25)$$

где је:

$N_{Rec_OI}^C$ [-] – број опслужених објеката који учествују у програму рециклаже по једном циклусу прикупљања (до попуњавања капацитета возила),

S_{kor_kv} [-] – степен искоришћења товарног простора у комуналном возилу,

V_{kv} [m^3] – запремински капацитет комуналног возила,

N_P^N [-] – фреквенца прикупљања отпада (број пражњења канте/контејнера у току једне недеље),

ρ_R [kg/m^3] – густина рециклабилног дела отпада.

Корак 2 – Време путовања празног комуналног возила:

$$T_I = \frac{D_I}{V_I} \cdot 60, \quad (26)$$

где су:

T_I [min] – време путовањепразног комуналног возила,

D_I [km] – растојање које прелази празно комунално возило,

V_I [km/h] – просечна брзина кретања празног комуналног возила.

Комунално возило путује празно (на почетку сваког радног дана) од гараже до почетне локације првог циклуса прикупљања отпада. Такође, возило путује празно и од локације за истовар отпада до почетне локације наредног циклуса прикупљања. У циљу уопштавања математичког модела, увешће се претпоставка да су претходно дефинисана растојања приближно једнака, а да се празно возило увек креће истом просечном брзином. Ова претпоставка се базира на чињеници да су режими кретања, потрошња горива и емисија продуката сагоревања пуног и празног возила врло различити, па се нијансе у параметрима кретања празног возила могу занемарити.

Корак 3 – Време кретања комуналног возила између локација прикупљања отпада

$$T_{III} = \frac{D_{III}}{V_{III}} \cdot 60, \quad (27)$$

где су:

T_{III} [min] – време кретања између две узастопне локације прикупљања отпада,

D_{III} [km] – растојање између две узастопне локације прикупљања отпада,

V_{III} [km/h] – просечна брзина кретања комуналног возила између локација прикупљања отпада.

Корак 4 – Време путовања комуналног возила од задњег места прикупљања отпада до објекта где се отпад истовара:

$$T_{III} = \frac{D_{III}}{V_{III}} \cdot 60, \quad (28)$$

где су:

T_{III} [min] – време путовања од задњег места прикупљања отпада до локације истовара,

D_{III} [km] – растојање између задњег места прикупљања отпада и локације истовара,

V_{III} [km/h] – просечна брзина кретања возила између задњег места прикупљања и локације истовара.

Корак 5 – Време путовања празног комуналног возила од објекта где се отпад истовара до гараже (крај радног дана):

$$T_{IV} = \frac{D_{IV}}{V_{IV}} \cdot 60, \quad (29)$$

где су:

T_{IV} [min] – време путовања од локације истовара отпада до гараже,

D_{IV} [km] – растојање између локације истовара и гараже,

V_{IV} [km/h] – просечна брзина кретања празног комуналног возила између локације истовара и гараже.

Корак 6 – Време које је потребно комуналном возилу да комплетира један циклус прикупљања отпада (време путовања празног возила до почетне локације, време пуњења возила, путовање између локација, задња локација - објекат за истовар отпада, време истовара отпада):

$$T_C = T_I + T_{IP} \cdot \left(\frac{N_{Rec_OI}^C}{N_{OI}^L} \right) + \frac{T_{IIIK}}{PF} \cdot \left(\frac{N_{Rec_OI}^C}{N_{OI}^L} - 1 \right) + T_{III} + T_{ist}, \quad (30)$$

где су:

T_C [min] – време путовања комуналног возила до комплетирања једног циклуса прикупљања отпада ,

T_{IP} [min] – време пуњења комуналног возилана једном месту прикупљања отпада,

N_{OI}^L [-] – број објеката за који се отпад прикупља на једном месту (локацији),

T_{ist} [min] – време пражњења комуналног возила на локацији за истовар отпада,

PF [-] – фактор учесталости објекта који учествују у рециклажи у односу на укупан број објеката.

Корак 7 – Број циклуса прикупљања отпада које комунално возило може да обави током једног радног дана:

$$N_C^D = \frac{N_{RS_KV}^D \cdot 60 - (T_{PR} + T_{PO} + T_{IV})}{T_C}, \quad (31)$$

где су:

N_C^D [-] – број циклуса прикупљања отпада у току једног радног дана по возилу,

$N_{RS_KV}^D$ [h] – број радних сати на дан по комуналном возилу,

T_{PR} [min] – пауза за оброк (минута на дан по возилу),

T_{PO} [min] – пауза за одмор (минута на дан по возилу).

Корак 8 – Потребан број циклуса прикупљања отпада које комунална возила морају да обаве да би се опслужила сва домаћинства обухваћена опцијом:

$$N_{CU} = \frac{N_{OI} \cdot PF \cdot C_{OI_j}}{N_{Rec_OI}^C}, \quad (32)$$

где су:

N_{CU} [-] – број потребних циклуса прикупљања отпада да би се опслужила сва домаћинства,

C_{OI_j} [-] – коефицијент удела домаћинстава обухваћених опцијом j – ова вредност мора бити мања или једнака 1; за опцију 2 претпоставка је да је ова вредност једнака 1,

PF [-] – фактор учесталости објеката који учествују у рециклажи у односу на укупан број објеката.

Корак 9 – Број комуналних возила потребан да би се опслужила сва домаћинства обухваћена опцијом, током недељне шеме прикупљања отпада:

$$N_{KV}^N = \frac{N_{CU}^D}{N_C^D} \cdot \frac{N_P^N}{N_{RD}^N}, \quad (33)$$

где су:

N_{KV}^N [-] – број комуналних возила за недељну шему прикупљања,

N_{RD}^N [-] – број радних дана у току једне недеље,

N_P^N [-] – број пражњења канте/контејнера у току једне недеље (фреквенца прикупљања отпада).

Корак 10 – Капитални и оперативни трошкови једног комуналног возила на нивоу једне године:

Капитални трошкови:

$$K_{T_KV} = (1+e) \cdot P_{KV} \cdot CRF, \quad (34)$$

где су:

K_{T_KV} [€/god⁻¹] – годишњи капитални трошкови једног комуналног возила амортизованог дуж економског века,

e [-] – коефицијент административних трошкова (€ административних трошкова по € цене капитала),

P_{KV} [€] – цена једног комуналног возила,

CRF [god⁻¹] – фактор повраћаја капитала по комуналном возилу.

Фактор повраћаја капитала CRF дефинише се као:

$$CRF = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}, \quad (35)$$

где су:

i [god⁻¹] – годишња есконтна стопа,

n [god] – економско век комуналног возила.

Оперативни трошкови:

$$O_{T_KV} = (1+e) \cdot \left\{ (1+a) \cdot \left[(1+b_{KR}) \cdot (S_{KR} \cdot N_{KR}^{KV} + S_V) \cdot N_{RS_KR}^D \cdot N_{RD}^N \cdot \frac{365}{7} \right] + c + \left[d \cdot (N_{KR}^{KV} + 1) \right] \right\}, \quad (36)$$

где су:

O_{T_KV} [€/god⁻¹] – годишњи оперативни трошкови једног комуналног возила,

a [-] – порези и доприноси (€ пореза и доприноса по € нето зараде),

$b_{KR} [-]$ – коефицијент замене комуналног радника (број резервних радника по комуналном раднику)

$S_{KR} [€/раднику]$ – износ сатнице за комуналног радника (€ на сат по раднику),

$N_{KR}^{KV} [радника]$ – број комуналних радника по комуналном возилу,

$S_V [€/возачу]$ – износ сатнице за возача комуналног возила (€ на сат по возачу),

$N_{RS_KR}^D [h]$ – број радних сати по дневници по комуналном раднику,

$c [€/god^{-1}]$ – годишњи трошкови одржавања и експлоатације комуналног возила,

$d [€/god^{-1}]$ – остали трошкови по раднику.

Корак 11 – Број објеката (домаћинстава) које једно возило може да опслужи током недељне шеме прикупљања отпада, а која учествују у програму рециклаже:

$$N_{Rec_OI_KV}^N = \frac{N_{OI}^C \cdot N_C^D \cdot N_{RD}^N}{N_P^N}, \quad (37)$$

где је:

$N_{Rec_OI_KV}^N$ [објеката/возилу] – број опслужених домаћинстава по возилу током недељне шеме прикупљања која учествују у рециклажи.

Корак 12 – Број посуда (канти) за одлагање рециклабилног отпада у објектима које опслужи једно комунално возило у једном циклусу (пролазу):

$$N_{KAN}^O = \frac{N_{KAN} \cdot N_{Rec_OI_KV}^N}{PF} \quad (38)$$

N_{KAN}^O – број посуда за одлагање рециклабилног отпада у објектима које опслужи једно комунално возило у једном циклусу,

N_{KAN} – број посуда за одлагање рециклабилног отпада распоређених у објектима (домаћинствима),

$N_{Rec_OI_KV}^N$ [објеката/возилу] – број опслужених домаћинстава по возилу током недељне шеме прикупљања која учествују у рециклажи,

$PF [-]$ – фактор учесталости објеката који учествују у рециклажи у односу на укупан број објеката.

Корак 13 – Капитални трошкови једне посуде (канте) за одлагање рециклабилног отпада:

$$K_{T_KAN} = (1+e) \cdot P_{KV} \cdot CRF, \quad (39)$$

где су:

$K_{T_KAN} [€/god^{-1}]$ – годишњи капитални трошкови једне посуде (канте) амортизоване дуж економског века,

$e [-]$ – коефицијент административних трошкова (€ административних трошкова по € цена капитала),

$P_{KV} [€]$ – цена једне посуде (канте),

$CRF [god^{-1}]$ – фактор повраћаја капитала по посуду

$$CRF = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}, \quad (40)$$

где су:

$i [god^{-1}]$ – годишња есконтна стопа,

$n [god]$ – економско век канте.

Корак 14 – Капитални трошкови посуда (канти) за одлагање рециклабилног отпада које опслужују једно комунално возило:

$$K_{T_KAN_U} = K_{T_KAN} \cdot N_{KAN}^O \quad (41)$$

Корак 15 – Трошкови прикупљања отпада по комуналном возилу на годишњем нивоу:

$$C_{KV} = \left[(1+b_{KV}) \cdot K_{T_KV} \right] + K_{T_KAN_U} + O_{T_KV}, \quad (42)$$

где су:

$C_{KV} [€/god^{-1}]$ – годишњи трошкови по комуналном возилу,

$b_{KV} [-]$ – коефицијент замене комуналног возила (број резервних возила по комуналном возилу).

Корак 16 – Укупни трошкови прикупљања отпада на годишњем нивоу:

$$C_{PO} = N_{KV}^N \cdot C_{KV}, \quad (43)$$

где је:

$C_{PO} [€/god^{-1}]$ – укупни трошкови прикупљања.

Корак 17 – Трошкови прикупљања по објекту (домаћинству) на годишњем нивоу:

$$C_{PO}^{OI} = \frac{C_{KV} \cdot PF}{N_{OI_KV}^N \cdot N_{OI}^L}, \quad (44)$$

где је:

$C_{PO}^{OI} [€/god^{-1}]$ – трошкови по објекту (домаћинству).

Корак 18 – Трошкови прикупљања по тони комуналног рециклабилног отпада:

$$C_{PO}^T = \frac{C_{PO}^{OI}}{m_{Rec_OI_j}^N \cdot \frac{1}{7} \cdot \frac{1}{1000} \cdot 365}, \quad (45)$$

где је:

C_{PO}^T [€/t] – трошкови по тони отпада.

У претходној релацији израз $(m_{Rec_OI_j}^N \cdot \frac{1}{7} \cdot \frac{1}{1000} \cdot 365)$ представља годишњу продукцију рециклабилног отпада по домаћинству у тонама.

5. Примена модела на град Крагујевац

У претходном поглављу је објашњен модел за израчунавање економских и енергетских трошкова прикупљања чврстог комуналног отпада. Модел прорачуна је примењен на Крагујевачко насеље Ердоглија, где су узете у обзир сви тренутни начини одношења чврстог комуналног отпада, као и идејно решење за прикупљањем отпада у овом делу града.

5.1 Постојеће решење управљања чврстим комуналним отпадом у Крагујевцу / насељу Ердоглија

У централном делу Србије смештен је град Крагујевац, који је четврти град по величини у Републици са око 180.000 становника. Крагујевац је административни, привредни, политички, здравствени и универзитетски центром централне Србије, тј. Шумадије и западне Србије.

5.1.1. Јавно Комунално Предузеће „Чистоћа”

За организовано одношења смећа задужено је Јавно Комунално Предузеће „Чистоћа” из Крагујевца, које је са радом почело 1954. године.

Основна делатност ЈКП „Чистоћа“ Крагујевац, је обављање комуналних делатности у складу са Законом о комуналним делатностима, Законом о управљању отпадом и Статутом предузећа, а то су:

- Сакупљање комуналног отпада, његово одвожење, третман и безбедно одлагање, као и селекција секундарних сировина, њихово складиштење и третман;
- Одржавање чистоће на површинама јавне намене (чишћење и прање асфалтираних, бетонских, поплочаних и других површина јавне намене, прикупљање и одвожење комуналног отпада са тих површина, одржавање и прање посуда за отпатке на површинама јавне намене као и одржавање јавних чесми, фонтана и тоалета);
- Делатност зоохигијене (хватање, збрињавање, ветеринарска нега и смештај напуштених и изгубљених паса и мачака у прихватиште за животиње, контрола и смањење популације напуштених паса и мачака);
- Димничарске услуге (чишћење и контрола димоводних и ложних објеката и уређаја и вентилационих канала и уређаја);
- Одржавање улица и путева (извођење радова којима се обезбеђује несметано и безбедно одвијање саобраћаја, као и одржавање безбедности и проходности саобраћајница у зимским условима);
- Сакупљање и транспорт опасног отпада (акумулатора, отпадних гума и отпада од електричних и електронских производа).

Сектор за сакупљање комуналног отпада Јавно Комуналног Предузећа „Чистоћа” данас на територији града Крагујевца опслужује око 150.000 становника.

5.1.2 Депонија комуналног отпада „Јовановац”

Депонија „Јовановац” је сметлиште које се налази на удаљености од 3 км од центра града. Површина тела депоније износи 14,1 хектара. Отворена је за рад 1968.године. Свакодневно се врши довожење отпада на депонију у количини од око 130 тона комуналног отпада, а годишње око 47.000 тона комуналног отпада.

Комунални отпад који се депонује, долази:

1. као резултат сакупљања и транспорта комуналног отпада;
2. по захтеву корисника - правних лица;
3. од физичких лица која сопственим превозом довозе отпад.

На постојећој депонији отпад се разастире, сабија и на крају дана препокрива инертним материјалом. Отпад се довози на депонију главном саобраћајницом ка насељу Јовановац (ул. Саве Ковачевића). На уласку на депонију отпад се мери и евидентира на колској ваги. Одатле интерним саобраћајницама се одвози на радно тело депоније. Ту се отпад избацује из возила и разастире се (отпад се гура грађевинским машинама – ТГ-220 и ТГ-160). Након тога отпад се сабија преласком камиона који довозе отпад и преласком грађевинских машина. На крају дана се отпад прекрива инертним материјалом и поново се машинама сабија. Прекривни материјал спречава разношење лаког отпада, контакт птица и инсеката са отпадом, омогућава вентилацију и издвајање гасова и умањује ширење непријатних мириса. При препокривању води се рачуна да се инертни материјал добро поравна да не би дошло до задржавања атмосферских вода, што би могло да проузрокује стварање ерозије. Материјал који се користи за препокривање је земља или неки инертни грађевински материјал. Овај инертни материјал (шут, камен ...) се користи за посипање приступних саобраћајница ка радном делу тела депоније.

Радови на депонији се обављају помоћу грађевинских машина:

- 1.булдожер ТГ 160,
- 2.булдожер ТГ 220.

Послове сакупљања, транспорта, складиштења и третмана отпада који се не депонује (секундарне сировине) организује служба управљања секундарним сировинама.



Слика 5.1. Изглед радне машине ТГ - 220 у функцији

5.1.3 Опрема за управљање чврстим комуналним отпадом Јавног Комуналног предузећа “Чистоћа”

Према званичним подацима предузећа, за одношење отпада на територији града Крагујевца користи се следећа опрема:

Посуде

- контејнери запремине од 1,1 м³ – 3020 ком (слика 5.2)



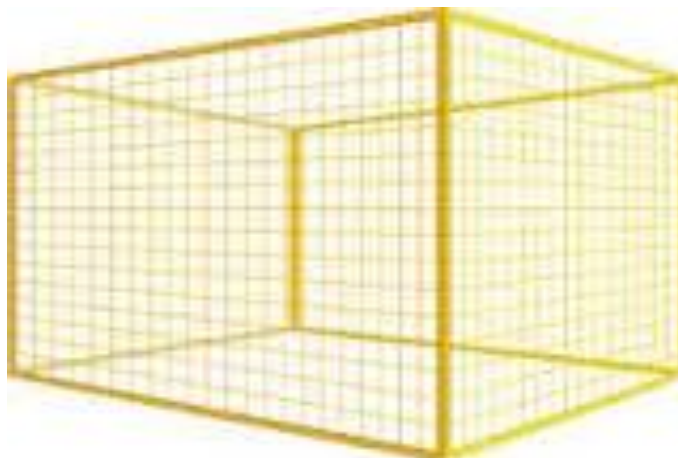
Слика 5.2 Контејнеру запремина 1 м³

- контејнери запремине од 5-7 м³ – 15 ком (слика 5.3)



Слика 5.3. Изглед контејнера запремине 5 м^3

- жичани контејнери запремине $1,1\text{ м}^3$ (слика 5.4)



Слика 5.4. Изглед жичаног контејнера

- канте запремине од 140 литара – 3000 ком (слика 5.5),



Слика 5.5. *Изглед канте запремине 140 литара*

- кесе од 120 л (сеоска подручја) (слика 5.6)



Слика 5.6. *Изглед кесаод 120 литара*

Возила:

- аутосмећар 16 комада (слика 2.18)
- аутоподизачи 3 комада
- камион 1 комад
- кипер 3 комада
- грајфер 1 комад (слика 5.7).



Слика 5.7. *Изглед грајфера*

5.1.3 Морфолошки састав отпада на територији града Крагујевца

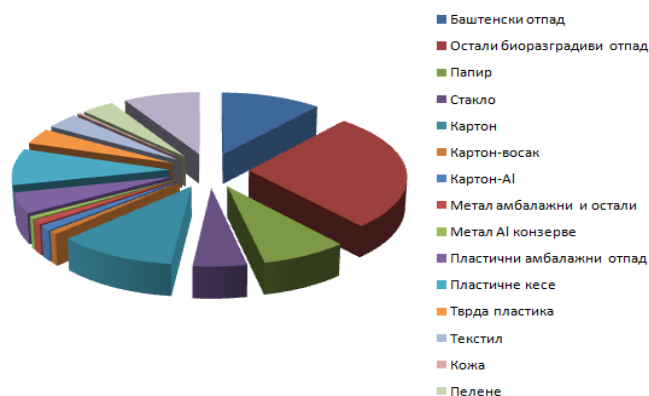
Године 2008 у сарадњи Факултета техничких наука из Новог Сада и Факултета инжењерских наука из Крагујевца је настала методологија за одређивање морфолошког састава и количине отпада. Резултати истраживања морфолошког састава комуналног отпада у Крагујевцу су дати у табели 5.1.

Табела 5.1 Морфолошки састав комуналног отпада у Крагујевцу изражен у процентима

Категорије отпада	Проценат [%]
Баштенски отпад	17.31
Остали биоразградиви отпад	29.34
Папир	7.31
Стакло	12.42
Картон	16.95
Метал- амбалажни и остали	0.55
Метал- амбалажни и остали	0.26
Пластични амбалажни отпад	2.54
Пластичне кесе	5.54
Тврда пластика	4.33
Текстил	1.07
Кожа	0.41
Пелене	1.97
Фини елементи	4.31

На графикону 5.7 је приказан однос процентуалних вредности измерених категорија отпада у Крагујевцу.

Процентуална вредност измерених категорија отпада за Крагујевац



Слика 5.8 Процентуалне вредности измерених категорија отпада у Крагујевцу

Битан утицај на морфолошки састав комуналног отпада има тип становања (колективан или индивидуалан). Преовлађујући утицај има место где се генерише отпад (сеоска или градска средина), а велики утицај имају и годишња доба.

У градским насељима и комерцијалним зонама највећи је проценат: папира, кеса, картона, отпада од разне амбалаже. Разлог овоме је велики број продавница, локала, стандарда и навика становништва у овим деловима. Док у сеоски деловима најзаступљени је дворишни односно баштенски отпад, поготову у пролећним месецима.

Финих компонената, као што је пепео више је у селима и деловима где је присутни индивидуални тип становања јер се овде претежно становници греју сагоревањем дрвета и угља. Настале количине пепела се нажалост одлажу најчешће у контејнере.

Највеће варијације у саставу отпада се јављају код процента баштенског отпада, највише га је у пролеће, а најмање зими. Пластичних кеса је више зими, а папира у пролећном периоду.

5.1.4 Прикупљање отпада у репрезентативном делу граду (у насељу Ердоглија)

За приказан део насеља Ердоглија (приказан на слици 5.7.) прикупљање се углавном врши три пута недељно (понедељком, средом и петком) у трећој смени, док се за поједини критичне локације прикупљање отпада врши и суботом у другој смени. Контејнери запремине 1.1 m³ постављени су на 85 локација. (слика 5.8) . Каміон смећар се користи за одвожење отпада, док проблем уских улица се решава мањим камионом тзв. Jolly - ем.



Слика 5.9. Приказ територије коришћене за анализу Гоогле мап



Слика 5.10. Приказ локација где су постављени контејнери у ArcGIS - у

За прикупљање неопходних података за анализу коришћен је Garmin Colorado 300 GPS уређај (слика 5.11), којим је свако место прикупљања отпада, као и индивидуалног становања /комерцијалног простора бележен. Свака локација има свој јединствени идентификациони број.



Слика 5.11. *Garmin Colorado 300*

Поред уређаја за прикупљања података на терену, коришћен је ГИС (Географски информациони систем) програм ArcGIS компаније ESRI (слика 5.12). За анализу у ГИС програму, потребни су следећи подаци:

- ортофото мапа града,
- мрежа улица,
- база података о местима прикупљања,
- база података о објектима (број становника и врста комерцијалне делатности)
- састав отпада.

Прикупљени подаци се са GPS уређаја пребацују и формирају се две (у неким случајевима и више) базе података о местима прикупљања и о објектима. Количина отпада која се генерише у комерцијалним објектима зависи од типа делатности и површине објекта. У табели 5.1 се може видети количина отпада према класи комерцијалне активности. За стамбене објекте усвојено је да свака кућа има четири становника. Што се стамбених зграда тиче, ту је узето да број станова се помножи са бројем од четири становника, како би се добио коначан збир.

Табела 5.1 Класе комерцијалних активности

Класа	Типичне комерцијалне активности	k_0 (kg/m ²)
А	Супермаркет, пекара, ресторан, пиљарница, рибарница, киоск брзе хране, бар, кафић, итд.	0,398-0,419
Б	Месара, посластичарница, фризерска радња, цвећара, гаража, итд.	0,200-0,225
Ц	Позориште, црква, школа, књижара, апотека, пошта, итд.	0,109-0,124
Д	Осигуравајућа компанија, кладионица, продавница обуће, продавница одела, златара, видео клуб, итд.	0,011-0,024

На слици 5.11 је приказан део града за који је вршена анализа. Између осталог, на слици може се видети да многе локације на којима су смештени контејнери су на веома малим удаљеностим (удаљеност иде чак до двадесет метара). Честа заустављања захтевају већу потрошњу горива комуналних возила. У Србији није законом дефинисано потребно растојање контејнера, а у свету се сматра да растојање контејнера од 75 метара испуњава све постављене услове. При избору локације за постављање контејнера мора се у пракси проверити да ли се може неометано ту сместити контејнер, да не угрожава функционисање саобраћаја и животних навика грађана.



Слика 5.12. Део града на који је примењен модел прорачуна

На следећој слици 5.13 је представљен распоред контејнера тако да су на максималној удаљености од свих улаза у објекте на 75 метара. Дакле сваки грађанин ће до контејера имати максимално 75 m, осим у поменутим улицама у којима је немогуће поставити контенере. На слици 5.13 приказан је оптимални број локација прикупљања који је довољан да покрије читаву посматрану зону износи 58 што је за 27 локација мање од постојећег стања.

Коришћењем полигона у GIS - у сваки објекат из базе података припојен је одређеном месту прикупљања (слика 5.9). На основу овога, може се дефинисати број становника који у њему живи, као и површина и тип комерцијалних објеката у оквиру утицаја места прикупљања.



Слика 5.12. *Распоред места прикупљања у односу на локације објекта / распоред полигона*



Слика 5.13. *Распоред оптималних места прикупљања*

У просечан контејнер запремине $1,1 \text{ m}^3$ стане од 80 до 250 kg у зависности од састава. Усвојено је да је просечна маса отпада у контејнеру 100 kg и да се пуне до 90% своје запремине.

Количина генерисаног отпада на једном месту прикупљања може се изтрачунати по формули:

$$m_o = nm_n + \sum k_{oi} p_i$$

где је:

- m_o [kg] - маса отпада за посматрано место прикупљања,
- n [-] - број становника који живе у објектима које покрива полигон места прикупљања,
- m_n [kg] - просечна маса генерисаног отпада дневно по становнику за посматрану зону,
- k_o [kg/m²] - коефицијент количине отпада за одређену класу,
- p [m²] - укупна површина објеката припадајуће класе комерцијалних активности.

У претходном прорачуну узето је да је у овод делу града, који је густо насељен количина генерисаног отпада по становнику дневно 1kg.

Број потребних контејнера је количник укупне масе отпада која се прикупи у овом делу града и масе отпада која се одлаже у један контејнер. Резултат се заокружује на први већи цео број.

На одабраном месту прикупљања отпада се генерише отпад из 2 зграде које имају по 80 становника, две продавнице, пекаром и месаром. Из претходног прорачуна се види да укупна количина генерисаног отпада је 218 kg, дакле потребно је поставити три контејнера.

Табела 5.2. Објекти обухваћени једним изабраним местом прикупљања

Улица и број	Намена објекта	Број станара	Површина (m ²)	k_o [kg/m ²]	Стамбени отпад (kg/dan)	Комерцијалн и отпад (kg/dan)
Јован Петровић Ковач 2	зграда	80	0	0	80	0
Јован Петровић Ковач 4	зграда	80	0	0	80	0
Јован Петровић Ковач 3	продавница	0	65	0,4	0	26
Јован Петровић Ковач 1	пекара	0	40	0,4	0	16
Јован Петровић Ковач 1	месара	0	50	0,2	0	10
Јован Петровић Ковач 1	продавница	0	15	0,4	0	6
					Укупна количина отпада	218

На овај начин израчунат је и оптималан број контејнера на свакој локацији прикупљања у граду и резултати су дати у табели 5.3. Оптимизација броја локација и броја контејнера је преузета из докторске дисертације „Унапређење енергетске ефикасности градског система за управљање чврстим отпадом” рађене на Факултету инжењерских наука.

Табела 5.3 Резултати прорачуна оптималнијег распореда контејнера и оптималног броја потребних контејнера

	Број места прикупљања	Број контејнера	Маса по контејнеру (kg)
Постојећи	85	171	47
Оптимизовани	58	114	79
Уштеда	27	57	32

Из табеле 5.3 види се да се отпад из дела града који је изабран за анализу може прикупити са 27 локација мање од тренутног броја, а да се не угрози комфор грађана. Односно комунално возило ће постићи значајне уштеде горива са 27 заустављања мање, знајући да се много више горива троши заустављањем и покретањем возила из стања мировања у поређењу са преласком исте путање непромењеном брзином.

Оптимизацијом броја потребних контејнера њихов број је смањен за 57, што представља уштеду потребне опреме за прикупљање отпада и краћег времена потребног за прикупљање отпада. Просечно време потребно за пражњење једног контејнера износи око 50 секунди, што значи да се иста количина отпада може прикупити за нешто мање од сат времена мање у односу на постојеће време.

5.2 Идејно решење одвојеног сакупљања отпада

За израду идејног решења раздвојеног сакупљања отпада у посматраном делу града, који је узет за репрезентативни узорак, примењен је модел прорачуна трошкова сакупљања отпада из објеката индивидуалног становања који је описан у раду. У циљу упроштавања модела прорачуна узето је да сваки објекат за који се сакупља отпад има седам домаћинстава. У наставку је приказан прорачун економско-енергетских параметара за три различита сценарија:

- Сакупљање отпада без раздвајања на извору (сав отпад се сакупља као мешани отпад)
- Сакупљање отпада раздвојеног на рециклабилни и преостали отпад (мешани)
- Сакупљање отпада раздвојеног на рециклабилни, биоразградиви и преостали (мешани) отпад

У поља сиве боје се уносе нумеричке вредности, у жутим пољима се бира једна од понуђених вредности или опција, а зелена поља су за приказ резултата прорачуна.

5.2.1 Прорачун трошкова сакупљања мешаног отпада

Посматрани део града има 8898 становника који генеришу дневно 8898 килограма отпада, такође различите врсте комерцијалних објеката се налазе у посматраном насељу. Комерцијални објекти генеришу око 1396 килограма отпада на дневном нивоу.

Уколико би се сав отпад сакупљао као мешани, фреквенција сакупљања би била (као што већ и јесте), три пута недељно. За идеално прикупљање отпада би било потребно 103 контејнера, док је оптималан број контејнера да систем функционише 114.

Из табеле 5.4. се види колико износе трошкови за сакупљање мешаног отпада за анализирани део Крагујевца:

- трошкови прикупљања отпада по комуналном возилу на годишњем нивоу 88 509 €,
- укупни трошкови прикупљања отпада на годишњем нивоу 88 509 €,
- трошкови по локацији (домаћинству) прикупљања на годишњем нивоу 11,90 €,
- трошкови прикупљања по објекту на годишњем нивоу 83,30 €
- трошкови прикупљања по тони комуналног отпада на годишњем нивоу 15,15 €

Табела 5.4. Прорачун трошкова прикупљања мешаног отпада

Прорачун прикупљања отпада из објекта индивидуалног становања		
* Опција прикупљања отпада (Оп1 или Оп2, Оп3, Оп4 или Оп9):		Мешани отпад
I – КОЛИЧИНА ГЕНЕРИСАНОГ ОТПАДА		
Маса укупно генерисаног отпада по становнику дневно (kg):		1.00
Број објекта индивидуалног становања у заједници:		680
Број становника који живе у објектима индивидуалног становања:		8898
Количина отпада из комерцијалне делатности	Класа А	1079.2
	Класа Б	239.2
	Класа Ц	14
	Класа Д	9.375
Маса отпада генерисана у објекту индивидуалног становања током једне недеље (kg):		105
Маса мешаног отпада генерисана у објекту индивидуалног становања током једне недеље =		105
Густина мешаног отпада после сабијања (kg/m3)		450
II – ПАРАМЕТРИ САКУПЉАЊА ОТПАДА		
Запремински капацитет комуналног возила (m3)		16
Степен искоришћења товарног простора у комуналном возилу		0.9
Фреквенција прикупљања отпада (број пражњења канте/контејнера у току једне		3

недеље)	
Број опслужених објеката по једном циклусу прикупљања (до попуњавања капацитета возила)	184
Време путовања празног комуналног возила (min)	10
Растојање које прелази празно комунално возило (km)	5
Просечна брзина кретања празног комуналног (km/h)	30
Време кретања комуналног возила између локација (две узастопне) прикупљања отпада (min)	2
Растојање између две узастопне локације прикупљања отпада (km)	0.3
Просечна брзина кретања комуналног возила између локација прикупљања отпада (km/h)	10
Време путовања комуналног возила од задњег места прикупљања до објекта где се отпад истовара (min)	12
Растојање између задњег места прикупљања отпада и локације истовара (km)	4
Просечна брзина кретања возила између задњег места прикупљања и локације истовара (km/h)	20
Време путовања празног комуналног возила од објекта где се отпад истовара до гараже (крај радног времена)(min)	7
Растојање између локације истовара и гараже (km)	3.6
Просечна брзина кретања празног комуналног возила између локације истовара и гараже (km/h)	30
Време које је потребно комуналном возилу да комплетира један циклус прикупљања отпада (време путовања празног возила до почетне локације, време пуњења возила, путовање између локација, задња локација-објекат за истовар отпада, време истовара отпада):	148
Време пуњења комуналног возила на једном месту прикупљања отпад (min)	2.5
Број објеката за које се отпад прикупља на једном месту (локацији)	7
Време пражњења комуналног возила на локацији за истовар отпада (min)	15
Број циклуса прикупљања отпада које комунално возило може да обави током једног радног дана	2.8821
Број радних сати на дан по комуналном возилу (h)	8
Пауза за оброк (минута на дан по возилу)	30
Пауза за одмор (минута на дан по возилу)	15
Потребан број циклуса прикупљања отпада које комунална возила морају да обаве да би се опслужиле све локације прикупљања (домаћинства)	3.3201
	усвојено: 4.0000
Коефицијент удела домаћинстава обухваћених опцијом j (опција 1 или опције 2,3,4)	0.90
Број радних дана у току једне недеље	6
	0.6939
Број комуналних возила потребан да би се опслужиле све локације прикупљања (домаћинства) током недељне шеме прикупљања отпада:	Усвојено: 1.0000

III - ТРОШКОВИ	
Цена једног комуналног возила (€)	100000
Коефицијент административних трошкова (€ административних трошкова по € цене капитала)	0.12
Економски (животни) век комуналног возила (god)	10
Есконтна стопа Народне Банке Србије	0.085
Фактор повраћаја капитала по комуналном возилу	0.1524
Годишњи капитални трошкови комуналног возила амортизованог дуж економског века (€)	17070
Порези и доприноси (€ пореза и доприноса по € нето зараде)	0.65
Коефицијент замене комуналног радника (број резервних радника по комуналном раднику)	0.10
Износ сатнице за комуналног радника (€ на сат по раднику)	1.50
Број комуналних радника по комуналном возилу	2
Износ сатнице за возача комуналног возила (€ на сат по возачу)	2.00
Број радних сати дневнице по комуналном раднику (h)	8
Годишњи трошкови одржавања и експлоатације комуналног возила (€)	38048
Остали трошкови по раднику (на годишњем нивоу) (€)	500
Годишњи оперативни трошкови једног комуналног возила (€)	69733
Број локација (објеката) које једно возило може да опслужи током недељне шеме прикупљања отпада:	1063
Број посуда (канти) за одлагање рециклабилног отпада распоређених у објектима (домаћинствима)	1
Цена једне посуде (канте) (€) мешани отпад	300
Економски (животи) век посуде (канте)	10
Фактор повраћаја капитала по посуди (канти)	0.1524
Коефицијент замене комуналног возила (број резервних возила по комуналном возилу):	0.10
Трошкови прикупљања отпада по комуналном возилу на годишњем нивоу (€)	88509
Укупни трошкови прикупљања отпада на годишњем нивоу (€):	88509
Трошкови по локацији прикупљања (домаћинствима) на годишњем нивоу (€):	11.90
Трошкови прикупљања по објекту на годишњем нивоу (€):	83.30
ви прикупљања по тони комуналног отпада (€):	15.15

5.2.2. Сакупљање отпада раздвојеног на рециклабилни и преостали отпад (мешани)

Уколико би се поред сваке локације за сакупљање отпада ставили жилани контејнери за рециклабилни отпад, добили би се трошкови приказани у табели 5.5. Фреквенција прикупљања рециклабилног отпада би се обављала једном недељно. За одлагање дневне количина рециклабилног отпада на овом узорку, било би довољно 17 контејнера, али пошто је фреквенција прикупљања једном недељено, потребно је 115.

Из табеле 5.5. се види колико износе трошкови за сакупљање рециклабилног отпада за анализирани део Крагујевца:

- трошкови прикупљања отпада по комуналном возилу на годишњем нивоу 98 130 €
- укупни трошкови прикупљања отпада на годишњем нивоу 98 130 €
- трошкови по локацији (домаћинству) прикупљања на годишњем нивоу 2,28 €
- трошкови прикупљања по објекту на годишњем нивоу 15,98 €
- трошкови прикупљања по тони комуналног отпада на годишњем нивоу 20,14 €

Табела 5.5 Прорачун трошкова сакупљања рециклабилног отпада

ПРОРАЧУН ТРОШКОВА ПРИКУПЉАЊА ОТПАДА ИЗ ОБЈЕКТА ИНДИВИДУАЛНОГ СТАНОВАЊА		
* Опција прикупљања отпада (Оп1 или Оп2, Оп3, Оп4 или Оп9):	Рециклабилни отпад	
I - КОЛИЧИНА ГЕНЕРИСАНОГ ОТПАДА		
Маса укупно генерисаног отпада по становнику дневно (kg):	0.16	
Број објеката индивидуалног становања у у заједници:	680	
Број становника који живе у објектима индивидуалног становања:	8898	
Количина отпада из комерционалне делатности	Класа А	1079.2
	Класа Б	239.2
	Класа Ц	14
	Класа Д	9.375
Маса отпада генерисана у објекту индивидуалног становања током једне недеље (kg):	17	
Коефицијент издвајања рециклабилног отпада	0.90	
Маса рециклабилног отпада генерисана у објекту индивидуалног становања током једне недеље =	15	

Густина рециклабилног отпада после сабијања (kg/m ³)	312
II - ПАРАМЕТРИ САКУПЉАЊА ОТПАДА	
Запремински капацитет комуналног возила (m ³)	16
Степен искоришћења товарног простора у комуналном возилу	0.9
Фреквенца прикупљања отпада (број пражњења канте/контејнера у току једне недеље)	1
Број опслужених објеката по једном циклусу прикупљања (до попуњавања капацитета возила)	295
Време путовања празног комуналног возила (min)	10
Растојање које прелази празно комунално возило (km)	5
Просечна брзина кретања празног комуналног возила (km/h)	30
Време кретања комуналног возила између локација (две узастопне) прикупљања отпада (min)	1
Растојање између две узастопне локације прикупљања отпада (km)	0.2
Просечна брзина кретања комуналног возила између локација прикупљања отпада (km/h)	10
Време путовања комуналног возила од задњег места прикупљања отпада до објекта где се отпад истовара (min)	15
Растојање између задњег места прикупљања отпада и локације истовара (km)	5
Просечна брзина кретања возила између задњег места прикупљања и локације истовара (km/h)	20
Време путовања празног комуналног возила од објекта где се отпад истовара до гараже (крај радног дана) (min)	7
Растојање између локације истовара и гараже (km)	3.6
Просечна брзина кретања празног комуналног возила између локације истовара и гараже (km/h)	30
Време које је потребно комуналном возилу да комплетира један циклус прикупљања отпада (време путовања празног возила до почетне локације, време пуњења возила, путовање између локација, задња локација-објекат за истовар отпада, време истовара отпада):	137
Време пуњења комуналног возила на једном месту прикупљања отпада (min)	1
Број објеката за које се отпад прикупља на једном месту (локацији)	7
Време пражњења комуналног возила на локацији за истовар отпада (мин)	15
	0.90
Број циклуса прикупљања отпада које комунално возило може да обави током једног радног дана	3.1240
Број радних сати на дан по комуналном возилу (h)	8
Пауза за оброк (минута на дан по возилу)	30

Пауза за одмор (минута на дан по возилу)	15
Потребан број циклуса прикупљања отпада које комунална возила морају да обаве да би се опслужиле све локације прикупљања (домаћинства) усвојено:	1.8683
	2.0000
Коефицијент удела домаћинства обухваћених опцијом j (опција 1 или опције 2,3,4)	0.90
Број радних дана у току једне недеље	6
Број комуналних возила потребан да би се опслужиле све локације прикупљања (домаћинства) током недељне шеме прикупљања отпада: усвојено:	0.1067
	1.0000
III - ТРОШКОВИ	
Цена једног комуналног возила (€)	50000
Коефицијент административних трошкова (€ административних трошкова по € цене капитала)	0.12
Економски (животни) век комуналног возила (год)	10
Есконтна стопа Народне Банке Србије	0.085
Фактор повраћаја капитала по комуналном возилу	0.1524
Годишњи капитални трошкови комуналног возила амортизованог дуж економског века (€)	8535
Порези и доприноси (€ пореза и доприноса по € нето зараде)	0.65
Коефицијент замене комуналног радника (број резервних радника по комуналном раднику)	0.10
Износ сатнице за комуналног радника (€ на сат по раднику)	1.50
Број комуналних радника по комуналном возилу	2
Износ сатнице за возача комуналног возила (€ на сат по возачу)	2.00
Број радних сати дневнице по комуналном раднику (h)	8
Годишњи трошкови одржавања и експлоатације комуналног возила (€)	17590
Остали трошкови по раднику (на годишњем нивоу) (€)	500

Годишњи оперативни трошкови једног комуналног возила (€)	46820
Број локација (објеката) које једно возило може да опслужи током недељне шеме прикупљања отпада а која учествују у програму рециклаже:	5526
Број посуда (канти) за одлагање рециклабилног отпада распоређених у објектима (домаћинствима)	1
Број посуда (канти) за одлагање рециклабилног отпада у објектима које опслужи једно комунално возило у једном циклусу (пролазу):	6140
Цена једне посуде (канте) (€) рециклабни/биоразградиви отпад	40
Економски (животи) век посуде (канте)	10
Фактор повраћаја капитала по посуди (канти)	0.1524
Годишњи капитални трошкови једне посуде (канте) за одлагање рециклабилног отпада (€)	7
Годишњи капитални трошкови посуда (канти) за одлагање рециклабилног отпада које опслужи једно комунално возило (€)	41921
Коефицијент замене комуналног возила (број резервних возила по комуналном возилу):	0.10
Трошкови прикупљања отпада по комуналном возилу на годишњем нивоу (€)	98130
Укупни трошкови прикупљања отпада на годишњем нивоу (€):	98130
Трошкови по локацији прикупљања (домаћинствима) на годишњем нивоу (€):	2.28
Трошкови прикупљања по објекту на годишњем нивоу (€):	15.98
Трошкови прикупљања по тони комуналног отпада (€):	20.14

У табели 5.6 је дат прорачун трошкова прикупљања мешаног отпада који остане када се издвоји рециклабилни отпад. Мешани отпад који остане када се одвојено прикупи рециклабилни би се прикупљао три пута седмично. У случају да се издваја рециклабилни отпад, само за мешани отпад на овом узорку било би потребно 87 контејнера, пошто је фреквенција пражњења три пута недељено, коначан број контејнера би био 203.

Трошкови прикупљања мешаног отпада када се издвоји рециклабилни отпад:

- трошкови прикупљања отпада по комуналном возилу на годишњем нивоу 55 188€
- укупни трошкови прикупљања отпада на годишњем нивоу 55 188 €
- трошкови прикупљања по локацији (домаћинству) на годишњем нивоу 7,14 €
- трошкови прикупљања по објекту на годишњем нивоу 49,97 €
- трошкови прикупљања по тони комуналног отпада на годишњем нивоу 10,82 €

Табела 5.6 Прорачун трошкова прикупљања мешаног отпада који остане када се одвојено прикупи рециклабилни отпад

ПРОРАЧУН ТРОШКОВА ПРИКУПЉАЊА ОТПАДА ИЗ ОБЈЕКТА ИНДИВИДУАЛНОГ СТАНОВАЊА		
Када се из мешаног отпада изврши додатна сепарација	Рециклабилног отпада	
I – КОЛИЧИНА ГЕНЕРИСАНОГ ОТПАДА		
Маса укупно генерисаног отпада по становнику дневно (kg):	0.84	
Број објекта индивидуалног становања у у заједници:	680	
Број становника који живе у објектима индивидуалног становања	8898	
Количина отпада из комерционалне делатности	Класа А	1079.2
	Класа Б	239.2
	Класа Ц	14
	Класа Д	9.375
Маса отпада генерисана у објекту индивидуалног становања током једне недеље (kg)	89	
Маса мешаног отпада генерисана у објекту индивидуалног становања током једне недеље =	89	
Густина мешаног отпада после сабијања	450	
II – ПАРАМЕТРИ САКУПЉАЊА ОТПАДА		
Запремински капацитет комуналног возила (m³)	16	
Степен искоришћења товарног простора у комуналном возилу	0.9	

Фреквенца прикупљања отпада (број пражњења канте/контејнера у току једне недеље)	3
Број опслужених објеката по једном циклусу прикупљања (до попуњавања капацитета возила)	219
Време путовања празног комуналног возила (min)	10
Растојање које прелази празно комунално возило (km)	5
Просечна брзина кретања празног комуналног возила (km/h)	30
Време кретања комуналног возила између локација (две узастопне) прикупљања отпада (min)	2
Растојање између две узастопне локације прикупљања отпада (km)	0.3
Просечна брзина кретања возила између задњег места прикупљања и локације истовара (km/h)	10
Време путовања комуналног возила од задњег места прикупљања отпада до објекта где се отпад истовара (min)	12
Растојање између задњег места прикупљања отпада и локације истовара (km)	4
Просечна брзина кретања возила између задњег места прикупљања и локације истовара (km/h)	20
Време путовања празног комуналног возила од објекта где се отпад истовара до гараже (крај радног дана) (min)	7
Растојање између локације истовара и гараже (km)	3.6
Просечна брзина кретања празног комуналног возила између локације истовара и гараже (km/h)	30
Време које је потребно комуналном возилу да комплетира један циклус прикупљања отпада (време путовања празног возила до почетне локације, време пуњења возила, путовање између локација, задња локација-објекат за истовар отпада, време истовара отпада):	170
Време пуњења комуналног возила на једном месту прикупљања отпада (min)	2.5
Број објеката за које се отпад прикупља на једном месту (локацији)	7
Време пражњења комуналног возила на локацији за истовар отпада (min)	15
Број циклуса прикупљања отпада које комунално возило може да обави током једног радног дана	2.5165
Број радних сати на дан по комуналном возилу (h)	8
Пауза за оброк (минута на дан по возилу)	30
Пауза за одмор (минута на дан по возилу)	15
Потребан број циклуса прикупљања отпада које комунална возила морају да обаве да би се опслужиле све локације прикупљања (домаћинства)	2.7889
	Усвојено 3.0000

Коефицијент удела домаћинства обухваћених опцијом j (опција 1 или опције 2,3,4)	0.90
Број радних дана у току једне недеље	6
Број комуналних возила потребан да би се опслужиле све локације прикупљања (домаћинства) током недељне шеме прикупљања отпада: Усвојено	0.5961
	1.0000
III - Трошкови	
Цена једног комуналног возила (€)	100000
Коефицијент административних трошкова (€ административних трошкова по € цене капитала)	0.12
Економски (животни) век комуналног возила (год)	10
Есконтна стопа Народне Банке Србије	0.085
Фактор повраћаја капитала по комуналном возилу	0.1524
Годишњи капитални трошкови комуналног возила амортизованог дуж економског века (€)	171
Порези и доприноси (€ пореза и доприноса по € нето зараде)	0.65
Коефицијент замене комуналног радника (број резервних радника по комуналном раднику)	0.10
Износ сатнице за комуналног радника (€ на сат по раднику)	1.50
Број комуналних радника по комуналном возилу	2
Износ сатнице за возача комуналног возила (€ на сат по возачу)	2.00
Број радних сати дневнице по комуналном раднику (h)	8
Годишњи трошкови одржавања и експлоатације комуналног возила (€)	37745
Остали трошкови по раднику (на годишњем нивоу) (€)	500
Годишњи оперативни трошкови једног комуналног возила (€)	69392

Број локација (објеката) које једно возило може да опслужи током недељне шеме прикупљања отпада:	1104
Број посуда (канти) за одлагање рециклабилног отпада распоређених у објектима (домаћинствима)	1
Цена једне посуде (канте) (€) мешани отпад	300
Економски (животи) век посуде (канте)	10
Фактор повраћаја капитала по посуди (канти)	0.1524
Коефицијент замене комуналног возила (број резервних возила по комуналном возилу):	0.10
Трошкови прикупљања отпада по комуналном возилу на годишњем нивоу (€)	55188
Укупни трошкови прикупљања отпада на годишњем нивоу (€):	55188
Трошкови по локацији прикупљања (домаћинствима) на годишњем нивоу (€):	7.14
Трошкови прикупљања по објекту на годишњем нивоу (€):	49.97
Трошкови прикупљања по тони комуналног отпада (€):	10.82

5.2.3 Сакупљање отпада раздвојеног на биоразградиви отпад

Када је у питању прикупљање биоразградивог отпада потребно је 36 контејнера, пошто би фреквенција скупљања отпада била три пута недељено.

У табели 5.7 су трошкови прикупљања издвојеног биоразградивог комуналног отпада:

- трошкови прикупљања отпада по комуналном возилу на годишњем нивоу 30 387 €
- укупни трошкови прикупљања отпада на годишњем нивоу 30 387 €
- трошкови прикупљања по локацији (домаћинству) на годишњем нивоу 2,05 €
- трошкови прикупљања по објекту на годишњем нивоу 14,36 €
- трошкови прикупљања по тони комуналног отпада на годишњем нивоу 19,30 €

Табела 5.7 Прорачун трошкова сакупљања биоразградивог отпада

ПРОРАЧУН ТРОШКОВА ПРИКУПЉАЊА УКУПНОГ ОТПАДА ИЗ ОБЈЕКТА ИНДИВИДУАЛНОГ СТАНОВАЊА	
Опције прикупљања отпада (Оп1или Оп2, Оп3, Оп4 или Оп9):	Биоразградиви отпад

I – КОЛИЧИНА ГЕНЕРИСАНОГ ОТПАДА		
Маса укупно генерисаног отпада по становнику дневно (kg):		0.15
Број објеката индивидуалног становања у заједници		680
Број становника који живе у објектима индивидуалног становања		10245
Количина отпада из комерцијалне делатности	Класа А	1079.2
	Класа Б	239.2
	Класа Ц	14
	Класа Д	9.375
Маса отпада генерисана у објекту индивидуалног становања током једне недеље (kg):		16
Коефицијент издвајања биоразградивог отпада		0.90
Маса биоразградивог отпада генерисана у објекту индивидуалног становања током једне недеље =		14
Густина биоразградивог отпада после сабијања (kg/m³)		559
II – ПАРАМЕТРИ САКУПЉАЊА ОТПАДА		
Запремински капацитет комуналног возила (m³)		16
Степен искоришћења товарног простора у комуналном возилу		0.9
Фреквенца прикупљања отпада (број пражњења канте/контејнера у току једне недеље)		3
Број опслужених објеката по једном циклусу прикупљања (до попуњавања капацитета возила)		1692
Време путовања празног комуналног возила (min)		10
Растојање које прелази празно комунално возило (km)		5
Просечна брзина кретања празног комуналног возила (km/h)		30
Време кретања комуналног возила између локација (две узастопне) прикупљања отпада (min)		2
Растојање између две узастопне локације прикупљања отпада (km)		0.3
Просечна брина кретања комуналног возила између локација прикупљања отпада (km/h)		10
Време путовања комуналног возила од задњег места прикупљања отпада до објекта где се отпад истовара (min)		12
Растојање између задњег места прикупљања отпада и локације истовара (km)		4
Просечна брзина кретања возила између задњег места прикупљања и локације истовара (km/h)		20
Време путовања празног комуналног возила од објекта где се отпад истовара		7

до гараже (крај радног дана) (min)	
Растојање између локације истовара и гараже (km)	3.6
Просечна брзина кретања празног комуналног возила између локације истовара и гараже (km/h)	30
Време које је потребно комуналном возилу да комплетира један циклус прикупљања отпада (време путовања празног возила до почетне локације, време пуњења возила, путовање између локација, задња локација-објекат за истовар отпада, време истовара отпада):	760
Време пуњења комуналног возила на једном месту прикупљања отпада (min)	1
Број објеката за које се отпад прикупља на једном месту (локацији)	7
Време пражњења комуналног возила на локацији за истовар отпада (min)	15
Фактор учесталости објеката која учествују у програму биоразградње у односу на укупан број објеката	0.90
Број циклуса прикупљања отпада које комунално возило може да обави током једног радног дана	0.5627
Број радних сати на дан по комуналном возилу (h)	8
Пауза за оброк (min на дан по возилу)	30
Пауза за одмор (min на дан по возилу)	15
Потребан број циклуса прикупљања отпада које комунална возила морају да обаве да би се опслужиле све локације прикупљања (домаћинства) Усвојено:	0.3255
	1.0000
Коефицијент удела домаћинства обухваћених опцијом к (опција 1 или опције 2,3,4 или опција 9)	0.90
Број радних дана у току једне недеље	6
Број комуналних возила потребан да би се опслужиле све локације прикупљања (домаћинства) током недељне шеме прикупљања отпада: Усвојено:	0.8885
	1.0000
III - ТРОШКОВИ	
Цена једног комуналног возила (€)	50000
Коефицијент административних трошкова (€ административних трошкова по € цене капитала)	0.12
Економски (животни) век комуналног возила (година)	10
Есконтна стопа Народне Банке Србије	0.085
Фактор повраћаја капитала по комуналном возилу	0.1524
Годишњи капитални трошкови комуналног возила амортизованог дуж економског века (€)	853
Порези и доприноси (€ пореза и допринос по € нето зараде)	0.65

Коефицијент замене комуналног радника (број резервних радника по комуналном возилу)	0.10
Износ сатнице комуналног радника (€ на сат по раднику)	1.50
Број комуналних радника по комуналном возилу	2
Износ сатнице за возача комуналног возила (€ на сат по возачу)	2.00
Број радних сати дневнице по комуналном раднику (h)	8
Годишњи трошкови одржавања и експлоатације комуналног возила (€)	15159
Остали трошкови по раднику (на годишњем нивоу) (€)	500
Годишњи оперативни трошкови једног комуналног возила (€)	41857
Број локација (објеката) које једно возило може да опслужи током недељне шеме прикупљања отпада, а која учествују у програму биоразградње	1904
Број посуда (канти) за одлагање биоразградивог отпада распоређених у објектима (домаћинствима)	1
Број посуда (канти) за одлагање биоразградивог отпада у објектима које опслужи једно комунално возило у једном циклусу (пролазу):	2116
Цена једне посуде (канте) (€)	40
Економски (животни) век посуде (канте)	10
Фактор повраћаја капитала по посуди (канти)	0.1524
Годишњи капитални трошкови једне посуде (канте) за одлагање биоразградивог отпада (€)	7
Годишњи капитални трошкови посуда (канти) за одлагање биоразградивог отпада које опслужи једно комунално возило (€)	14448
Коефицијент замене комуналног возила (број резервних возила по комуналном возилу):	0.10
Трошкови прикупљања отпада по комуналном возилу на годишњем нивоу (€)	30387
Укупни трошкови прикупљања отпада на годишњем нивоу (€):	30387
Трошкови прикупљања по локацији (домаћинству) на годишњем нивоу (€):	2.05
Трошкови прикупљања по објекту на годишњем нивоу (€):	14.36
Трошкови прикупљања по тони комуналног отпада (€):	19.30

5.2.4. Прорачун трошкова прикупљања мешаног отпада који остане после издвајања фракције рециклабилног и биоразградивог отпада

У табели 5.8 је дат прорачун трошкова прикупљања преосталог мешаног отпада који остане када се издвоји биоразградиви и рециклабилни отпад. Мешани отпад који остане када се одвојено прикупи рециклабилни и биоразградиви би се прикупљао три пута седмично. Број контејнера који би био потребан за мешани отпад је 161, док је као што је већ речено, за рециклабилни отпад потребно 115 контејнера, а за биоразградиви отпад 36.

У табели 5.8 су трошкови прикупљања издвојеног рециклабилног и биоразградивог комуналног отпада:

- трошкови прикупљања отпада по комуналном возилу на годишњем нивоу 33 755 €
- укупни трошкови прикупљања отпада на годишњем нивоу 33 755 €
- трошкови прикупљања по локацији (домаћинству) на годишњем нивоу 4,18 €
- трошкови прикупљања по објекту на годишњем нивоу 29,28 €
- трошкови прикупљања по тони комуналног отпада на годишњем нивоу 7,95 €

Табела 5.8. Прорачун трошкова прикупљања мешаног отпада који остане када се одвојено прикупе рециклабилни и биоразградиви отпад

ПРОРАЧУН ТРОШКОВА ПРИКУПЉАЊА ОТПАДА ИЗ ОБЈЕКТА ИНДИВУАЛНОГ СТАНОВАЊА	
Опције прикупљања отпада (Оп1или Оп2, Оп3, Оп4 или Оп9):	Комбиновани отпад
I – КОЛИЧИНА ГЕНЕРИСАНОГ ОТПАДА	
Маса укупно генерисаног отпада по становнику дневно (kg):	0.67
Број објеката индивидуалног становања у заједници	680
Број становника који живе у објектима индивидуалног становања	10245
Маса отпада генерисана у објекту индивидуалног становања током једне недеље (kg):	71
Маса мешаног остатка генерисана у објекту индивидуалног становања током једне недеље (kg)	71
Маса укупно генерисаног отпада по становнику дневно (kg):	450
II - ПАРАМЕТРИ САКУПЉАЊА ОТПАДА	
Запремински капацитет комуналног возила (m ³)	16
Степен искоришћења товарног простора у комуналном возилу	0.9
Фреквенца прикупљања отпада (број пражњења канте/контејнера у току једне недеље)	3
Број опслужених објеката по једном циклусу прикупљања (до попуњавања капацитета возила)	275
Време путовања празног комуналног возила (min)	10
Растојање које прелази празно комунално возило (km)	5
Просечна брзина кретања празног комуналног возила (km/h)	30
Време кретања комуналног возила између локација (две узастопне) прикупљања отпада (min)	2
Растојање између две узастопне локације прикупљања отпада (km)	0.3
Просечна брзина кретања комуналног возила између локација прикупљања отпада	10

(km/h)	
Време путовања комуналног возила од задњег места прикупљања отпада до објекта где се отпад истовара (min)	12
Растојање између задњег места прикупљања отпада и локације истовара (km)	4
Просечна брзина кретања возила између задњег места прикупљања и локације истовара (km/h)	20
Време путовања празног комуналног возила од објекта где се отпад истовара до гараже (крај радног дана) (min)	7
Растојање између локације истовара и гараже (km)	3.6
Просечна брзина кретања празног комуналног возила између локације истовара и гараже (km/h)	30
Време које је потребно комуналном возилу да комплетира један циклус прикупљања отпада (време путовања празног возила до почетне локације, време пуњења возила, путовање између локација, задња локација-објекат за истовар отпада, време истовара отпада):	204
Време пуњења комуналног возила на једном месту прикупљања отпада (min)	2.5
Број објеката за које се отпад прикупља на једном месту (локацији)	7
Време пражњења комуналног возила на локацији за истовар отпада (min)	15
Број циклуса прикупљања отпада које комунално возило може да обави током једног радног дана	2.0950
Број радних сати на дан по комуналном возилу (h)	8
Пауза за оброк (min на дан по возилу)	30
Пауза за одмор (min на дан по возилу)	15
Потребан број циклуса прикупљања отпада које комунална возила морају да обаве да би се опслужиле све локације прикупљања (домаћинства) Усвојено:	2.2245
	3.0000
Коефицијент удела домаћинства обухваћених опцијом <i>k</i> (опција 1 или опције 2,3,4 или опција 9)	0.90
Број радних дана у току једне недеље	6
Број комуналних возила потребан да би се опслужиле све локације прикупљања (домаћинства) током недељне шеме прикупљања отпада: Усвојено:	0.7160
	1.0000
III - ТРОШКОВИ	
Цена једног комуналног возила (€)	100000
Коефицијент административних трошкова (€ административних трошкова по € цене капитала)	0.12
Економски (животни) век комуналног возила (год.)	10
Есконтна стопа Народне Банке Србије	0.085

Фактор повраћаја капитала по комуналном возилу	0.1524
Годишњи капитални трошкови комуналног возила амортизованог дуж економског века (€)	3414
Порези и доприноси (€ пореза и доприноса по € нето зараде)	0.65
Коефицијент административних трошкова (€ административних трошкова по € цене капитала)	0.10
Износ сатнице за комуналног радника (€ на сат по раднику)	1.50
Број комуналних радника по комуналном возилу	2
Износ сатнице комуналног радника (€ на сат по раднику)	2.00
Број радних сати дневнице по комуналном раднику (h)	8
Годишњи трошкови одржавања и експлоатације комуналног возила (€)	37775
Остали трошкови по раднику (на годишњем нивоу) (€)	500
Годишњи оперативни трошкови једног комуналног возила (€)	69248
Број локација (објеката) које једно возило може да опслужује током недељне шеме прикупљања отпада	1153
Коефицијент замене комуналног возила (број резервних возила по комуналном возилу):	1
Цене једне посуде (канте) (€) мешани отпад	300
Економски (животни) век посуде (канте)	10
Фактор повраћаја капитала по посуди (канти)	0.1524
Коефицијент замене комуналног возила (број резервних возила по комуналном возилу):	0.10
Трошкови прикупљања по комуналном возилу на годишњем нивоу (€):	33755
Укупни трошкови прикупљања на годишњем нивоу (€):	33755
Трошкови по локацији (домаћинству) прикупљања на годишњем нивоу (€):	4.18
Трошкови по објекту прикупљања на годишњем нивоу (€):	29.28
Трошкови прикупљања по тони отпада (€):	7.95

Трећа опција прикупљања отпада је одвојено прикупљање рециклабилног, биоразградивог и мешаног отпада. Из табеле 5.8 се види да су трошкови за ову опцију прикупљања знатно већи за од трошкова за прикупљање отпада раздвојеног на рециклабилни и мешани отпад и да економски није исплативо.

У табели 5.8 је поређење трошкова по комуналном возилу, објекту, тони отпада за три опције прикупљања отпада.

Табела 5.8 Трошкови за три различите опције прикупљања отпада

	Мешани отпад	Мешани + рециклабилни отпад	Мешан и + рецикла билни + биоразг радиви
Трошкови прикупљања по комуналном возилу [€]	89 509	155 318	162 272
Укупни трошкови прикупљања на годишњем нивоу [€]	89 509	155 318	162 272
Трошкови по локацији прикупљања на годишњем нивоу [€]	11,90	9,42	8,51
Трошкови по објекту прикупљања на годишњем нивоу [€]	83,30	65,95	59,62
Трошкови по тони прикупљања на годишњем нивоу [€]	15,15	30,96	47,45

Повећање исплативост је могућа због одвојених прикупљања секундарних сировина, такође се постиже и свим уштедама које се остварују рециклажом секундарних сировина. Чињеница је да секундарне сировине имају своју тржишну вредност. Стање на српском тржишту је прилично неуравнотежено и углавном зависи од стања на светској берзи. У табели 5.9 је оријентациони приказ тржишних вредности рециклабилног отпада.

Табела 5.9 Цене рециклажних сировина на тржишту

Сировина	Цена € по тони
ПЕТ амбалажа	100
Пластика	140
Стакло	30
Алуминијум	350
Алуминијумске конзерве	400
Папир	30
Гвожђе	80

Процес приближавања Европској Унији подразумева усклађење домаћег законодавства са законодавством у ЕУ, а један од прописа Европске уније у области управљања отпадом је Директива о депонијама (1999/31/ЕС), која намеће читав низ ограничења у погледу коришћења депонија као средства за одлагање отпада. Директивом је предвиђено смањење количине биоразградивог отпада који ће се депоновати:

- 2012 – 2016. године – смањење од 25%;
- 2017 – 2019. године – смањење од 50%;
- 2020 – 2026. године – смањење од 65%.

Наведена директива је изузетно сложена и скупа за транспозицију и имплементацију у Србији. Поштовање и спровођење наведене директиве оправдава трошкове одвојеног прикупљања биоразградивог отпада. Трошкове оправдавају и уштеде које се остварују компостирањем биоразградивог отпада.

6. Закључак

Процес индустријализације, нерационално коришћење ресурса, пораст људске популације и култ потрошачког друштва, представљају основне узроке све веће продукције отпада.

Стање у сектору управљања отпадом, препознато је као један од кључних проблема заштите животне средине, док отпад, истовремено, представља велику опасност по јавно здравље. Одрживо управљање отпадом, стога, постаје један од примарних циљева, али истовремено, и најсложенијих проблема у целокупном систему заштите животне средине. Посебна пажња се, у светлу актуелних климатских промена, посвећује унапређењу технологија третмана комуналног отпада и смањењу емисија гасова стаклене баште.

Велики економски и еколошки губици који настају услед неадекватног управљања отпадом, представља значајан подстицај великом броју истраживача ка проналажењу одговарајућих системских решења.

Допринос у проналажењу решења за ефикасно управљањем отпада настао је овај мастер рад. У којем су приказани примери раздвојеног сакупљања отпада у свету и где су дате могуће опције (сценарији) сакупљања комуналног отпада. Нажалост у Србији сакупљање и транспорта се своди на, сакупљање отпада на местима где је то предвиђено и одвожење на сметлиште (депонију).

Предуслов за савремени развој система управљања отпадом у условима минимизације циклуса развоја новог модела и трошкова развоја је систематска примена рачунарских модела помоћу којих се обезбеђује задовољење постављених захтева. У раду је дат математички модел за прорачун трошкова прикупљања чврстог комуналног отпада. У Microsoft Excel - у је исписан програм који аутоматски израчунава енергетске и економске трошкове сакупљања отпада за различите опције сакупљања.

Програм је тестиран на репрезентативни део града Крагујевца, за део насеља Ердоглија, где су добијени резултати сакупљања мешаног отпада, прикупљање отпада када се из мешаног отпада одвоји рециклабилни отпад и сакупљање отпада када се из мешаног отпада одвоји и рециклабилни и биоразградиви отпад. Програм је примењив, како за друга насеља у граду, тако и за све остале градове и општине у Републици Србији.

Анализирајући резултате добијене преко програма, долази се до закључка да је економски најисплатљивије сакупљање и одвожење свог отпада као мешани отпад. Одвојеним прикупљањем отпада у овом делу Крагујевца би се за једну годину прикупило 1640 тона рециклабилног отпада и 1537 тоне, биоразградивог отпада од 10245 тона колико се сакупи када се сав отпад скупља као мешани. Продајом рециклабилног отпада у секундарне сировине, као и коришћењем биоразградивог отпада за компостирање, исплативост одвојеног прикупљања отпада би се значајно увећала.

Литература

- [1] Јовичић Н., “Управљање чврстим отпадом”, скрипта са материјалом за курс-Технологије и опрема за депоновање отпада, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2005
- [2] Edward M. Curtis, III and Robert D. Dumas, “A Spreadsheet process model for analysis of costs and life-cycle inventory parameters associated with collection of municipal solid waste”, Август 2000
- [3] Јовичић Н., Вујић, Миловановић Д., Јовичић Г., Деспотовић М., Батинић Б., Станисављевић Н., Убавин Д., Гвозденац Б., Бошковић Г., “Методологија за одређивање морфолошког састава комуналног отпада, Техничко решење”, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2009
- [4] Бошковић Г., “Унапређење енергетске ефикасности градског система за управљање чврстим отпадом”, докторска дисертација”, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014
- [5] http://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_upravljanju_otpadom.html приступио 22.06.2016
- [6] L. Crichton, D. Jamieson, K. Ludley and L. Pannett Enviro, 61 The Shore, Leith, “ Separate Waste Collection Systems Best Practice Review ”, Edinburgh 2003
- [7] Bernd Bilitewski, Jörg Wagner, Jan Reichenbach ” INTECUS Dresden GmbH” Dresden, Germany 2011
- [8] CraigHempfling “Комерцијализација секундарних сировина и рециклаже отпада у Србији”, 2010
- [9] Јовановић В., Ђурђевић Б., Срдих З., Станков У., “Географски информациони системи”, Београд 2012
- [10] Г. Вујић, Д. Убавин, Б. Батинић, М. Војиновић Милорадов, Д. Штрбац, Б. Гвозденац, Н. Станисављевић, Д. Миловановић, Д. Адамовић, С. Бачлић, А. Дворнић, “Утврђивање састава отпада и процене количине у циљу дефинисања стратегије управљања секундарним сировинама у склопу одрживог развоја Републике Србије”, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2009
- [11] Агенција за заштиту животне средине, “Извештај о стању животне средине у републици Србији”, Република Србија, 2014
- [12] <http://www.cistoca.rs/> приступио 1.07.2016
- [13] Локални план управљања отпадом ГО Барајево 2011 – 2020, Барајево, Новембар 2011