

**РЕЦИКЛАЖА И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ**  
**UDK 351.777.6(497.11) ; 628.4.045(497.11)**  
*Научни рад*

---

Технички факултет у Бору – Универзитет у Београду, В.Ј. 12, 19210 Бор, Србија  
Катедра за минералне и рециклажне технологије  
Тел. +381 30 424 555, 424 556, Фак. +381 30 421 078

---

**УСПОСТАВЉАЊЕ ОДРЖИВОГ СИСТЕМА УПРАВЉАЊА ОТПАДОМ - ПРИМЕНА  
КОНЦЕПТА: ОЦЕЊИВАЊЕ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА**

**IMPLEMENTATION OF SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT SYSTEM LCA-LIFE  
CYCLE ASSESSMENT**

**Христина Стевановић-Чарапина<sup>#</sup>, Анђелка Михајлов, Јасна Степанов, Дуња Савић**  
Факултет заштите животне средине, Универзитет Educons, Сремска Каменица, Србија

---

**ИЗВОД**

Концепт оцењивања животног циклуса (енг. life cycle assessment-LCA) се може успешно применити и на систем управљања комуналним отпадом у сврху идентификовања оптерећења животне средине и оцене утицаја на животну средину. У раду је приказана примена LCA на примеру управљања отпадом у граду Сомбору, исказана кроз анализу две методе коначног одлагања комуналног отпада, одлагање на неуређену депонију и одлагање на санитарну депонију (депонија опремљена системом за сакупљање депонијског гаса уз добијање енергије и системом за сакупљање процедурних депонијских вода уз третман тих вода). Истраживање је извршено применом софтвера пакета IWM-2. Поређење је базирано на анализи индикатора: GWP (потенцијал на глобално загревање) и емисије депонијских гасова у ваздух.

**Кључне речи:** оцењивање животног циклуса, утицај на животну средину, депонија

**ABSTRACT**

*Life cycle assessment-LCA can be successfully applied to municipal solid waste management systems to identify the overall environmental burdens and to assess the potential environmental impacts. This paper deals with LCA of two waste management options for final disposal of municipal waste, landfilling (landfill without landfill gas collection or leachate collection) and sanitary landfilling (landfill with landfill gas collection and recovery and leachate collection and treatments) analyzed for town Sombor. The research is conducted by use the Software Package IWM-2. Indicators which are used in assessment are GWP (Global Warming Potential) and air emissions.*

**Key words:** Life cycle assessment, Environmental impact, Landfill

---

<sup>#</sup> Особа за контакт: [hristina\\_carapina@eco-expert.rs](mailto:hristina_carapina@eco-expert.rs)

## УВОД

Успостављање одрживог система управљања отпадом је приоритет на глобалном нивоу. Интегрално управљање отпадом (*енг. IWM-Integrated Waste Management*) представља систем управљања свим токовима отпада од њиховог настајања, преко сакупљања, примењених метода третмана до коначног одлагања

отпада, а све у циљу постизања: користи по животну средину, економске оптимизације и друштвене прихватљивости [1]. У циљу вредновања опција за одрживо управљање отпадом користе се различити инструменти, при чему се последњих година изузетно користи оцењивање животног циклуса.

## ТЕМАТСКА СТРАТЕГИЈА ЕУ О ПРЕВЕНЦИЈИ И РЕЦИКЛАЖИ ОТПАДА (ЕУ СТРАТЕГИЈА)

Тематска стратегија ЕУ о превенцији и рециклажи отпада успоставља политику управљања отпадом у ЕУ, поставља смернице и прописује мере потребне за смањење притиска на животну средину насталог услед производње и управљања отпадом током његовог целокупног животног циклуса. Тематска стратегија постулира обавезу смањења утицаја отпада и производа, који ће постати отпад, на животну средину; да би била ефикаснија, овај утицај мора бити редукован на свим нивоима животног циклуса производа. Као резултат имплементације ове ЕУ Стратегије се очекује мање отпада за коначно

одлагање, повећање производње компоста и енергије, ефикаснија рециклажа, економска добит, смањење емисија загађујућих материја и сл.

С друге стране, ЕУ стратегија уводи и истиче неопходност примене студије оцењивања животног циклуса (*енг. LCA-Life Cycle Assessment*) као аналитичког инструмента за евалуацију различитих опција управљања отпадом. Оваква студија наглашава потенцијалне користи које се могу остварити ако се прате смернице дате у Европској Директиви 99/31/ЕЦ о депонијама отпада и Директиви 2004/12/ЕЦ о амбалажи и амбалажном отпаду.

## ОЦЕЊИВАЊЕ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА

Спровођење детаљног испитивања животног циклуса производа/услуга јесте релативно нови концепт, тј. управљачки инструмент који је настао као одговор на повећану свест о заштити животне средине.

Оцењивање животног циклуса се може дефинисати као метода која проучава аспекте животне средине и потенцијални утицај неког производа/услуга или система на животну средину, од екстракција сировине кроз производњу, коришћење и одлагање. Резултат студије LCA јесте постављање профила животне средине који изражава ефикасност укупног система животног циклуса и појединачних фаза животног циклуса. [3]

### Оцењивање животног циклуса кроз ИСО стандарде

Методолошка структура студије оцењивања животног циклуса дата је у серији стандарда **ИСО 14040**:

- ИСО 14040:1997 – Принципи и оквир
- ИСО 14041:1998 – Дефинисање циља и предмета и анализа инвентара
- ИСО 14042: 2000 – Оцењивање утицаја животног циклуса
- ИСО 14043: 2000 – Интерпретација животног циклуса.

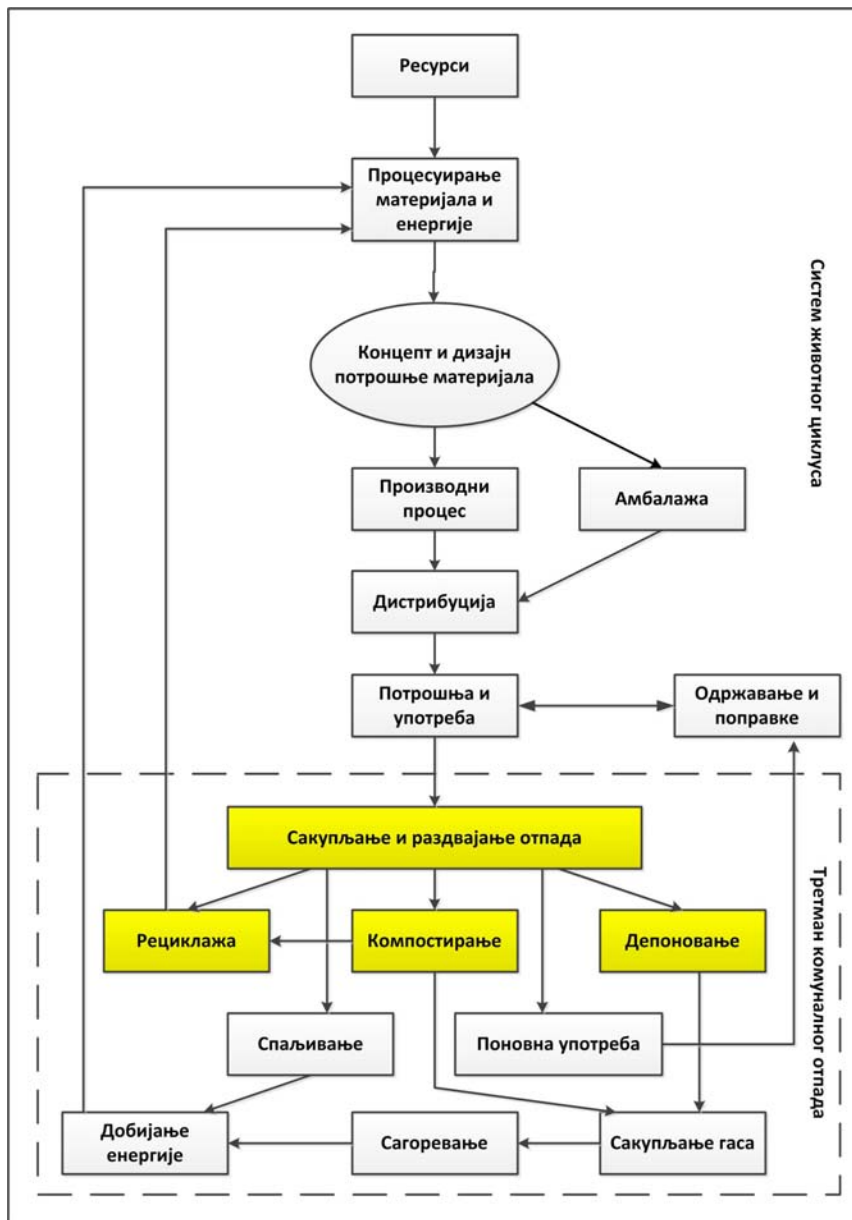
Међународна организација за стандардизацију дефинише студију

оцењивања животног циклуса као: ”технику која проучава аспекте заштите животне средине и могуће утицаје на животну средину током целокупног животног века производа”, кроз:

- израду инвентара релевантних улаза и излаза датог система производа

- вредновање потенцијалних утицаја на животну средину датих улаза и излаза
- интерпретацију резултата инвентара анализе и фазе процене утицаја у односу на циљеве студије.

На слици 1 дат је шематски приказ општег система животног циклуса производа.



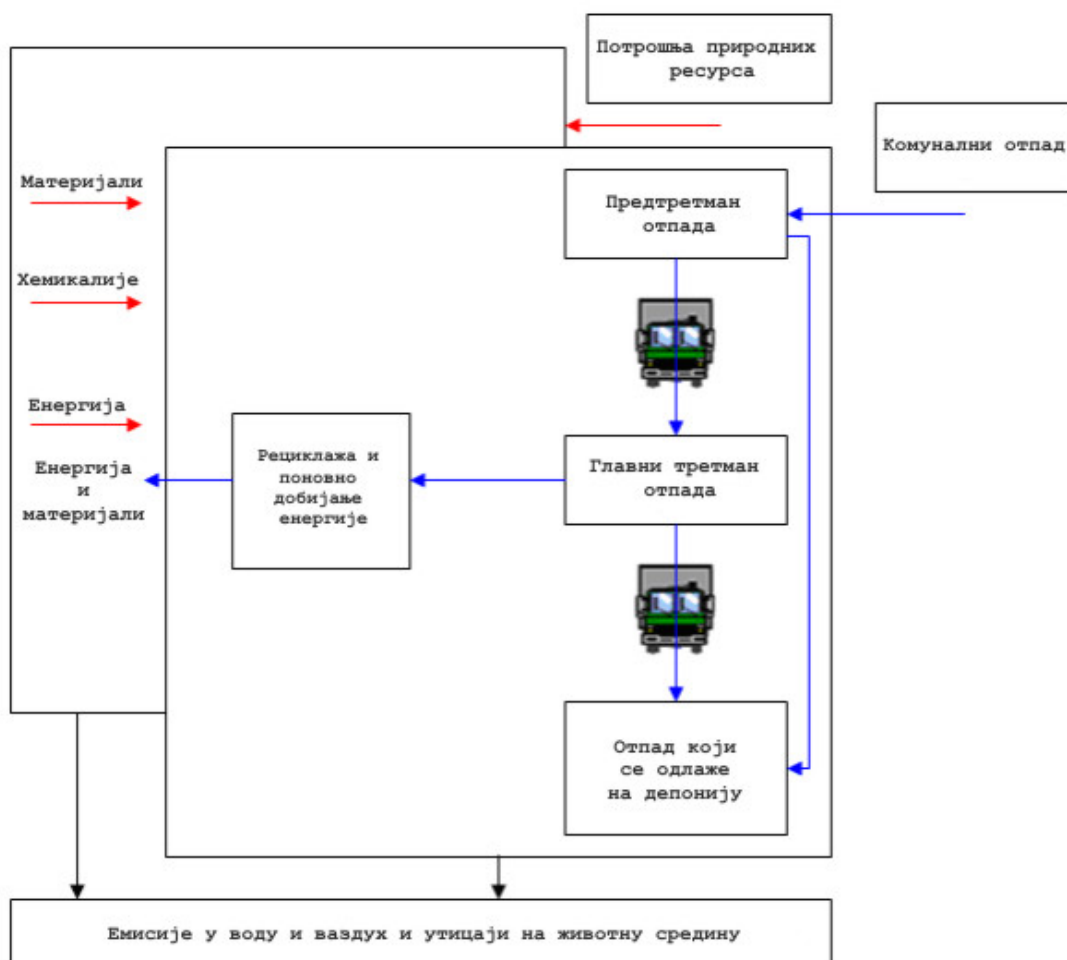
Слика 1. Општи систем животног циклуса производа [3]

### Оцењивање животног циклуса отпада

Управљање комуналним отпадом је тема која је постала значајна како у свету тако и у нашој земљи. Европске директиве представљају законодавни основ за управљање отпадом у ЕУ [3]. Све фазе у животном циклусу управљања отпадом доводе до генерисања емисија у све медијуме животне средине, потрошње ресурса, доприносе утицају на: климатске промене, смањење стратосферског озона, настајање смога, еутрофикацију, ацидификацију, токсиколошке ефекте на здравље људи и екосистем, исцрпљивање ресурса, настајање буке и сл. Студија LCA

подразумева и отпад као једну врсту „производа“ и може да се користи у сврху упоређивања разних опција управљања отпадом. Оцењивање животног циклуса јесте инструмент који доносиоцима одлука помаже да узму у обзир све ове доприносе, без обзира у којим фазама животног циклуса производа они настају [4].

Животни циклус отпада почиње када се употребљени производ одстрани (баци у смеће), а завршава када отпадни материјал деградира или се враћа у технолошки систем кроз рециклажу и замењује друге продукте. На слици 2 илустрован је општи систем, тј. границе система за опције третмана отпада.



Слика 2. Границе система за опције третмана отпада

## АНАЛИЗИРАНИ ПРИМЕР

Емисије гасова које доприносе глобалном загревању се могу у великој мери редуковати коришћењем напредних система управљања отпадом. Индикатор утицаја на животну средину који је коришћен у овом истраживању јесте индикатор утицаја одлагања отпада на глобално загревање GWP (енг. *GWP-Global Warming Potential*). У процесу разлагања комуналног отпада на депонији ослобађа се значајна количина метана (CH<sub>4</sub>). Метан у великој мери утиче на глобално загревање, GWP (1 тона CH<sub>4</sub> је еквивалентна 21 тони CO<sub>2</sub>).

Прорачун је урађен на основу софтверског пакета IMW-2 (интегрално управљање отпадом). IWM-2, је широко доступан инструмент, као „улазни ниво“ за оцењивање животног циклуса, дизајниран за менаџере/управљаче у области управљања отпадом и креаторе политике.

У овом раду функционалну јединицу представља управљање комуналним

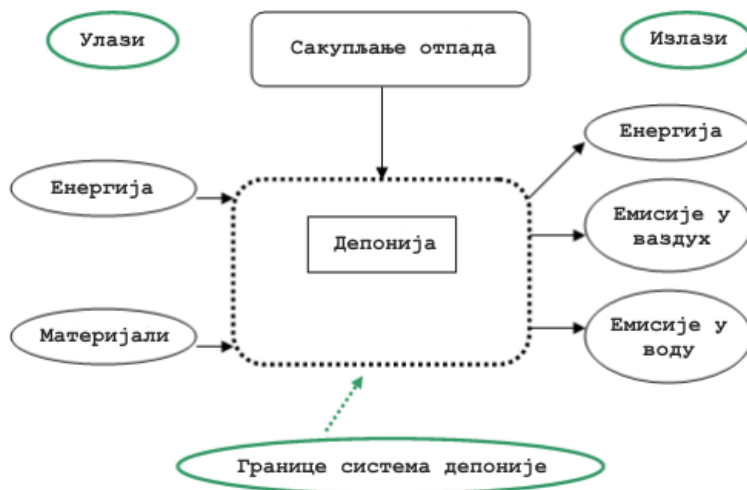
отпадом, тачније, једном тоном комуналног отпада.

У овом истраживању студија оцењивања животног циклуса примењена је на систем управљања комуналним отпадом у граду Сомбор. Студија LCA је урађена за два сценарија:

– **сценарио ‘1’** LCA анализа садашњег система управљања отпадом у Сомбору- сакупљање отпада и одлагања сакупљаног отпада на градску депонију, која није уређена у сагласности са свим постављеним техничким стандардима

– **сценарио ‘2’** сакупљање и одлагање истих количина отпада на санитарно уређену депонију која је опремљена системом за сакупљање депонијског гаса уз добијање енергије и системом за сакупљање процедурних вода уз третман тих вода.

Границе система за третман отпада депоновањем приказане су на слици 3.



Слика 3. Границе система за третман отпада-депоновање

### Основни подаци о граду Сомбору

По попису становништва из 2002. године у Сомбору укупно живи 97 263 становника, од чега је удео градског становништва 53 %.

Број домаћинстава износи 34 140, просечно 2,84 члана по домаћинству. [5]

За сврху овог рада комунални отпад је дефинисан као:

– Отпад из домаћинства

- Отпад из комерцијалног сектора. моделу су дати у табелама 1 и 2 . Масени  
 Подаци о количини и саставу отпада који удео приказан је и на дијаграму 1.  
 су коришћени као улазни подаци у IWM-2

**Табела 1.** Генерисана количина отпада по становнику дневно и годишње, за укупан број становника у Граду Сомбор

| Број становника | Сакупљена количина отпада (kg/ст/дан) [6] | Пројекција генерисане количине (t/год) | Количина генерисаног отпада (kg/ст/год) |
|-----------------|---|--|---|
| 97 263          | 0,67 kg                                   | 23 785,66 t                            | 244,55 kg                               |

**Табела 2.** Састав комуналног отпада, за укупан број становника

| Врста отпада | Количина т/год | Удео у % |
|--------------|----------------|----------|
| Папир/картон | 1 443,79       | 6,07     |
| Пластика     | 2 763,89       | 11,62    |
| Стакло       | 549,45         | 2,31     |
| Метал        | 166,50         | 0,7      |
| Органски     | 14 024,03      | 58,96    |
| Текстил      | 2 604,53       | 10,95    |
| Остало       | 2 233,47       | 9,39     |
| Укупно       | 23 785,66      | 100      |

## РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Резултати добијени на основу IWM-2 модела приказани су у табели 3.

Резлтати примене IWM-2 модела за анализу две опције управљања отпадом показују да је утицај на глобално загревање система управљања отпадом у Сомбору који се састоји само из сакупљања и транспорта отпада и одлагања на санитарној депонији

изграђеној у сагласности са свим стандардима (чак и без укључивања било какве рециклаже и издвајања биолошког отпада) четири пута мањи од утицаја стандардног сакупљања и одлагања на недовољно опремљено градско одлагалиште.

**Табела 3.** Компарација сценарија кроз емисије гасова које доприносе глобалном загревању GWP (g).

|   | Сценарио "1"   | Сценарио "2"         |
|---|----------------|----------------------|
| Депоневање  | 41 314 716 418 | 9 402 955 257        |
| Сакупљање и транспорт отпада (12 возила)  | 1 391 719 220  | 1 391 719 220        |
| Укупно GWP  | 42 706 435 638 | 10 794 674 476       |
| Гасови који доприносе глобалном загревању   |                |                      |
| Количина CO <sub>2</sub>  | 5 393 955 515  | 7 169 184 201        |
| Количина CH <sub>4</sub>  | 1 776 784 269  | 173 014 931          |
| Количина N <sub>2</sub> O   | 34             | - 25 236 (корист)    |
| <i>GWP-Global Warming Potentials</i>  |                |                      |
| 1 тона CH <sub>4</sub> је еквивалнтна 21 тони CO <sub>2</sub> , а 1 тона N <sub>2</sub> O је еквивалнтна 310 тона CO <sub>2</sub> |                |                      |
| CO <sub>2</sub> GWP   | 5 393 955 515  | 7 169 184 201        |
| CH <sub>4</sub> GWP   | 37 312 469 642 | 3 633 313 555        |
| N <sub>2</sub> O GWP  | 10 482         | - 7 823 280 (корист) |
| Укупно GWP  | 42 706 435 638 | 10 794 674 476       |

## ЗАКЉУЧАК

Резултати приказни у овом раду и изражени кроз примену студије LCA на два сценарија управљања отпадом у граду Сомбору показују следеће:

– за одређену количину отпада и систем сакупљања отпадом, мањи утицај на глобално загађање исказан кроз GWP и то 4 (четири) пута показује одлагање на санитарну депонију са контролисаним

сакупљањем и одвођењем гаса и прерадом отпадних вода

- у циљу побољшања услова заштите животне средине град треба да изгради санитарну депонију
- да би се утицаји управљана отпадом и даље смањивали, мора да се приступи и увођењу даљих опција управљања отпадом уз укључивање трошкова увођења.

## ЛИТЕРАТУРА

1. McDougall F., White P., Franke M., Hindle P., "Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory", 2<sup>nd</sup> Edition, Blackwell Publishing, 2008
2. Савић Д., „Европске еколошке вредности за добробит грађана Србије, са посебним освртом на праксу поступања са отпадом, Европски стандарди у Србији“, Зборник радова, Центар за демократију, 2009., стр. 64-77.
3. Bjarnadottir H., Friðriksson G., Johnsen T., Stetsen H., "Guidelines for the use of LCA in the waste management sector", Nordtest, Finland, 2002
4. Koneczny K., Dragusanu V., Bersani R., Pennington D., "Environmental Assessment of municipal Waste Management Scenarios", Part I, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 2007
5. Савић Д., „Допринос регионалном планирању управљања чврстим комуналним отпадом за Регион Сомбор, Апатин, Озаци и Бач“, Магистарски рад, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, 2008.
6. Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Департман за инжењерство заштите животне средине, „Утврђивање састава и количине отпада на територији Аутономне Покрајине Војводине“, Октобар 2008.
7. Савић Д., Степанов Ј., Стевановић Чарапина Х., „Допринос регионалном планирању управљања чврстим комуналним отпадом у Западно – бачком Региону и Општини Бач“, Зборник радова Међународне конференције „Отпадне воде, комунални чврсти отпад и опасан отпад“, Златибор, 6.– 9. априла 2009., стр. 203-207, ISBN 13978-86-82931-28-7.
8. Stevanovic-Carapina H., Ilic M., Jovovic A., Mihajlov A., "Establishment of Regions for Solid Waste / Best Options for Sustainable Waste Management (Case Study Serbia) ", Proc. X International Waste Management and Landfill Symposium Sardinia, 2005, p.p. 233-234.
9. Стевановић-Чарапина Х., „Тематска стратегија за отпад – нови поглед на управљање отпадом“, Waste water, waste and hazardous waste, Крушевац, април 2007.
10. Степанов Ј., Истраживања за израду Магистарског рада: „Методологија оцењивања животног циклуса комуналног отпада на примеру Града Сомбор“, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, 2010.