



ВИСОКА ТЕХНИЧКА ШКОЛА СТРУКОВНИХ СТУДИЈА НИШ
МАСТЕР СТРУКОВНЕ СТУДИЈЕ

Студијски програм: УПРАВЉАЊЕ ОТПАДОМ

Предмет: ЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛ ОТПАДА

Предметни наставник: Др БОБАН ЦВЕТАНОВИЋ

Предметни асистент: Мр БРАТИМИР НЕШИЋ

7. БИОРАЗГРАДИВИ **ОТПАД**

УВОД И ДЕФИНИЦИЈЕ

БИОРАЗГРАДИВИ ОТПАД јесте сваки отпад или део отпада који подлеже анаеробној или аеробној разградњи.

БИОРАЗГРАДИВИ КОМУНАЛНИ ОТПАД јесте биоразградиви отпад из домаћинства и биоразградиви отпад који је због својих својстава и састава сличан отпаду из домаћинства. Чине га компоненте комуналног отпада: папир, картон, отпад из вртова и паркова, отпад од хране, дрво, текстил и биоотпад из комуналног отпада. Не укључује индустријски отпад, отпад из пољопривреде и шумарства, муљеве и сл.

БИООТПАД је биоразградиви отпад из вртова и паркова, храна и кухињски отпад из домаћинства, угоститељских и малопродајних објеката и отпад из производње прехранбених производа. По пореклу може бити комунални али и индустријски отпад.

РАЗВОЈ УПРАВЉАЊА ОТПАДОМ У СРБИЈИ

Тренутни правац развоја у области управљања отпадом у Србији заснива се на успостављању регионалног управљања отпадом односно региона са више општина и најмање 250.000 становника. Сваки регионални центар треба да има изграђену санитарну депонију са пратећом инфраструктуром и постројења за третман отпада, а пре свега биоразградивог отпада, баштенског отпада и отпада од хране, у зависности од локалних услова и карактеристика посматраног региона.

Кључни документ за развој управљања отпадом у Србији је директива Европске уније о депонијама из 1999 године. Уредбом о одлагању отпада на депоније Србија је започела усклађивање са Директивом ЕУ о депонијама, која захтева сукцесивно смањење директног одлагања биоразградивог отпада на депоније.

СИТУАЦИЈА У СРБИЈИ ДАНАС

Третман биоразградивог отпада се углавном своди на рад неколико мањих фирми за третман органског дела комуналног отпада. Заступљеност биолошких третмана отпада је на изузетно ниском нивоу а обухвата неколико постројења мањег капацитета за третман органског дела комуналног отпада.

Постоји и неколико примера пилот пројеката биолошког сушења тзв. „зеленог отпада“ насталог уређењем паркова и јавних површина, од стране јавних комуналних предузећа која су одговорна за његово сакупљање. У извесној мери заступљен је и третман биоразградивог отпада на нивоу домаћинства из сеоских подручја. Према проценама, количина комуналног отпада који се компостира, не прелази 2% од укупно генерисане количине.

КОЕФИЦИЈЕНТ ЗА ПРОРАЧУН БИОРАЗГРАДИВЕ КОМПОНЕНТЕ У

ИНДЕКСНИ БРОЈ	НАЗИВ ОТПАДА	КОЕФИЦИЈЕНТ ЗА ПРОРАЧУН	ПРИМЕРИ
15 01 01	Папирна и картонска амбалажа	1	Картонске кутије и друга амбалажа
15 01 03	Дрвена амбалажа	0,5	Палете, дрвене гајбе
15 01 06	Мешана амбалажа	0,5 или процена по саставу*	
15 01 09	Текстилна амбалажа	0,5	Џакови за кромпир
20 01 01	Папир и картон	1	Новине, канцеларијски папир али не амбалажни, књиге, мешани папир и картон, папирне вреће, папирни убруси, папир за брисање, папирни калемови

КОЕФИЦИЈЕНТ ЗА ПРОРАЧУН БИОРАЗГРАДИВЕ КОМПОНЕНТЕ У

ИНДЕКСНИ БРОЈ	НАЗИВ ОТПАДА	КОЕФИЦИЈЕНТ ЗА ПРОРАЧУН	ПРИМЕРИ
20 01 08	Биодеградабилни отпад из кухиња и кантина	1	Отпад из кантина / храна, отпад од прераде хране, алкохоли, прерађена риба, и др. компостабилни отпад
20 01 10	Одећа	0,5	Одећа и обућа
20 01 11	Текстил	0,5	Крпе, завесе, теписи, руксаци, покривачи
20 01 25	Јестива уља и масти	1	Уље за кување, животињско уље, биљно уље
20 01 37*	Дрво које садржи опасне материје	0,5	Третирано грађевинско дрво, отпаци од прераде дрвета
20 01 38	Дрво које није наведено под 20 01 37*	0,5	Нетретирано грађевинско дрво, плута, оловке, отпаци од прераде дрвета, дрво које не садржи опасне материје

КОЕФИЦИЈЕНТ ЗА ПРОРАЧУН БИОРАЗГРАДИВЕ КОМПОНЕНТЕ У

ИНДЕКСНИ БРОЈ	НАЗИВ ОТПАДА	КОЕФИЦИЈЕНТ ЗА ПРОРАЧУН	ПРИМЕРИ
20 01 99	Остали остаци комуналног отпада који нису другачије специфицирани	0,5 или процена по саставу*	Треба избегавати
20 02 01	Биодеградабилни отпад	1	Зелени отпад, остали компостабилни отпад, животињске фекалије, кора, трава, измет животиња, стајски отпад од животиња, отпад из паркова и вртова, баштенски отпад, биљно ткиво, дрвеће, отпаци од резивања зеленила, биљкњ, корови, отпаци од прераде дрвета

КОЕФИЦИЈЕНТ ЗА ПРОРАЧУН БИОРАЗГРАДИВЕ КОМПОНЕНТЕ У

ИНДЕКСНИ БРОЈ	НАЗИВ ОТПАДА	КОЕФИЦИЈЕНТ ЗА ПРОРАЧУН	ПРИМЕРИ
20 03 01	Мешани комунални отпад	0,65	Помешани материјали, мешани отпад из домаћинства, мешани отпад из занатства, остаци од чишћења подова
20 03 02	Отпад са пијаца	1	Отпад са пијаца
20 03 03	Остаци од чишћења улица	0,65 или процена по саставу*	Остаци од чишћења улица, отпаци, муљеви из сливника, остаци од чишћења путева
20 03 07	Кабаста отпад	0,5 или процена по саставу*	Кабаста отпад из домаћинства
20 03 99	Комунални отпад који није другачије специфициран	0,65 или процена по саставу*	

ОДРЕЂИВАЊЕ КОЛИЧИНА БИОРАЗГРАДИВОГ ОТПАДА

***Ако се користи вредност различита од предложене, (у табели) потребно је одговарајуће образложење или доказ о спроведеној анализи састава отпада. Када није спроведена анализа састава мешаног комуналног отпада, за коефицијент за прорачун биоразградиве компоненте препоручује се коришћење вредности 0,65 а када је анализа састава мешаног комуналног отпада спроведена, користи се вредност утврђена анализом.**

За одвојено сакупљене врсте отпада из комуналног отпада (папир, картон, биоразградиви отпад из кухиња, кантина, вртова и паркова) удео биоразградиве компоненте износи 100%, за текстил и дрво 50%, док се за кабасти отпад и комунални отпад који није другачије специфициран, биоразградиве компоненте одређује анализом састава тог отпада или слободном проценом према саставу отпада.

ПРИМЕР ПРОРАЧУНА КОЛИЧИНЕ БИОРАЗГРАДИВЕ КОМПОНЕНТЕ КОМУНАЛНОГ ОТПАДА

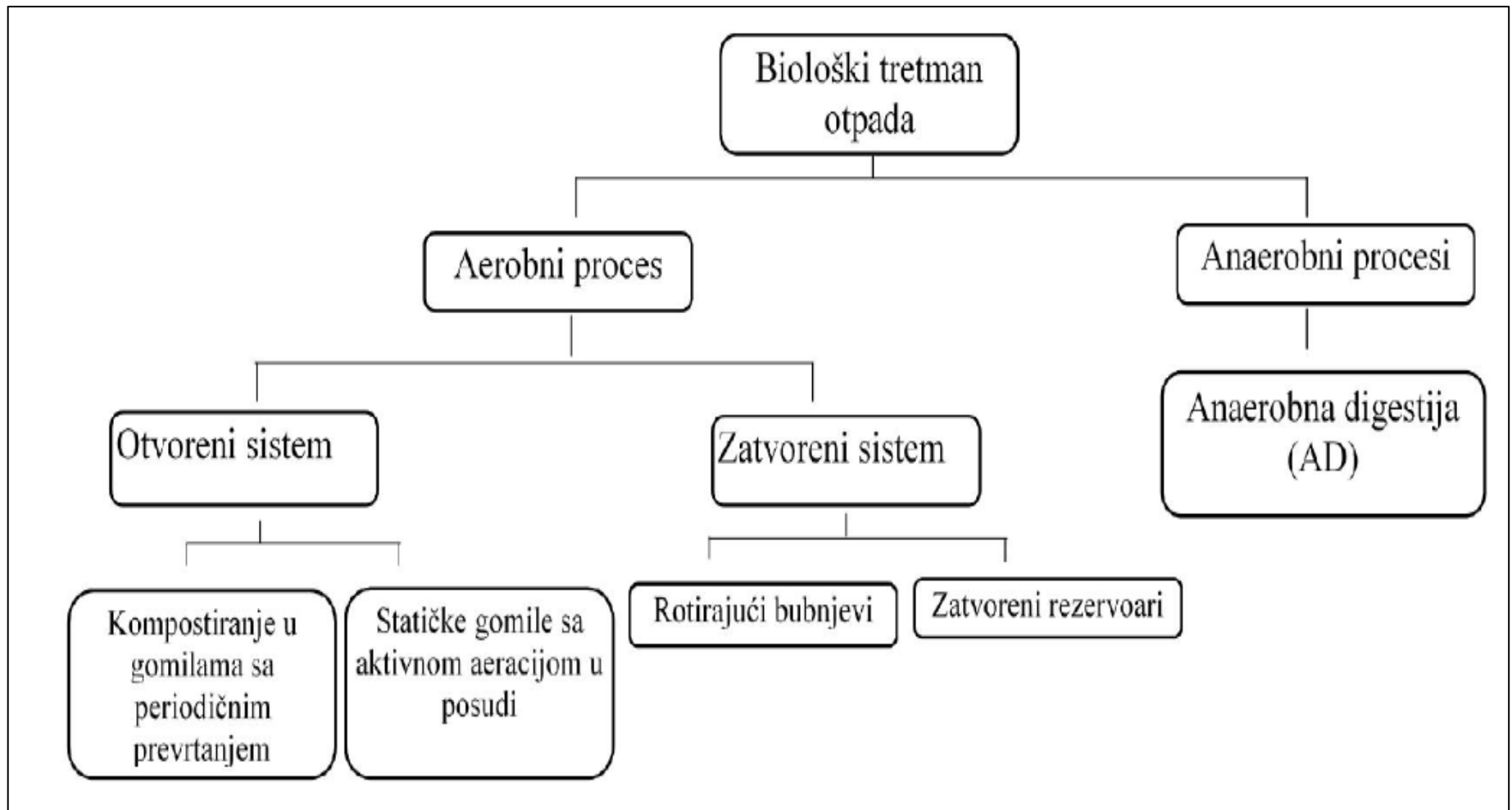
ИНДЕКСНИ БРОЈ	КОЛИЧНА КОМУНАЛНОГ ОТПАДА (t)	ФАКТОР	ПРОРАЧУН	БИОРАЗГРАДИВА КОМПОНЕНТА (t)
20 03 01	100	0,65 (без анализе састава)	100 X 0,65	65
20 01 40	30	0	30 X 0	0
20 01 01	50	1	50 X 1	50
20 01 10	60	0,5	60 X 0,5	30
20 02 01	40	1	40 X 1	40
15 01 03	10	0,5	10 X 0,5	5
УКУПНО:	290		УКУПНО:	192

БИОЛОШКИ ТРЕТМАН БИОРАЗГРАДИВОГ ОТПАДА

Биолошки третман подразумева компостирање, анаеробну дигестију и њихову комбинацију. Компостирање је биолошки аеробни процес којим се лако разградив органски отпад претвара у угљен-диоксид и стабилну органску материју. Чврсте остатке чине компост и остатак након третмана који се одлаже на депонију.

Анаеробна дигестија је биолошка разградња органског отпада у одсуству кисеоника (анаеробној средини), при чему се ствара метан и угљен-диоксид. Остаци су течност или чврста материја, који се зависно од квалитета, даље обрађују, одлажу на депонију или се користе као ђубриво. Гасови који се стварају током биолошког процеса се морају контролисати.

ТИПОЛОГИЈА БИОЛОШКИХ ТРЕТМАНА ПРЕМА ТИПУ ПРОЦЕСА



КОМПОСТИРАЊЕ

У Европи већ више од 10 година функционише Европска мрежа за компост (ECN) <http://www.compostnetwork.info/> која промовише и подржава компостирање. Компостирање се, као еколошки и економски исплатив процес управљања отпадом, у свету примењује већ деценијама.

Од биоразградивог отпада компостирањем се добија изузетно драгоцен производ који побољшава квалитет земљишта а истовремено се смањује и количина отпада који завршава на депонијама. Компостирање омогућава смањење коришћења вештачких ђубрива у пољопривреди.

У Србији и даље не постоји организована производња компоста, иако сваки становник у просеку дневно произведе око килограм отпада, од чега скоро половину чини биоразградиви отпад који неповратно завршава на депонијама.

КОМПОСТИРАЊЕ: ДЕФИНИЦИЈА И ФАЗЕ

Компостирање се дефинише као контролисано биолошко аеробно превођење органске материје из отпада у стабилнији материјал. Према Закону о управљању отпадом компостирање се дефинише као третман биоразградивог отпада под дејством микроорганизама, у циљу стварања компоста, у присуству кисеоника и под контролисаним условима. Крајњи производи компостирања су угљен-диоксид, вода, минерали и стабилизована органска материја безбедна по животну средину.

Технологија компостирања најчешће подразумева следеће 3 фазе :

- 1) Припрема сировине
- 2) Процес компостирања
- 3) Сазревање компоста

ПРИПРЕМА СИРОВИНЕ ЗА КОМПОСТИРАЊЕ

Припрема сировине обично подразумева:

- ❑ уситњавање како би се побољшала микробиолошка активност и
- ❑ издвајање инертних и не-биоразградивих материјала (камен, шљунак, стакло, пластика, метали, итд.).

Припрема биоразградиве компоненте отпада за компостирање се може спровести на два начина:

1. Механички - подразумева уситњавање, које прати сепарација инертних материјала помоћу сита, магнетне сепарације или неком другом операцијом.
2. Механички и биолошки - У комбинованом процесу, отпад се исто третира механички као што је већ описано па се преноси у биолошки реактор на период од 1 до 3 дана.

ПРОЦЕС КОМПОСТИРАЊА

Присутни микроорганизми активно разлажу отпад. У овој фази долази до најинтензивнијих физичких и хемијских промена отпада. Контрола прераде компоста подразумева хомогенизацију и мешање отпада а затим аерацију и често наводњавање ради стабилизовања биоразградиве материје, богате хуминским супстанцама и хранљивим материјама.

Технологије компостирања без аерације су јефтиније од технолошки напреднијих система са аерацијом и регулисањем температуре процеса. Постројења за компостирање могу прерадити више од 100.000 тона биоразградивог отпада годишње, али је обично капацитет постројења око 10 000 до 30 000 тона годишње.

Процес компостирања у гомилама започиње када је омогућен проток (дифузија) кисеоника и присуство суве материје која омогућава микробни раст.

ТЕМПЕРАТУРА У ПРОЦЕСУ КОМПОСТИРАЊА

Температура биомасе се повећава услед микробне активности и изолационих својстава нагомиланог материјала. Температура често достиже 65-75°C у року од неколико дана а затим опада полако. Висока температура доводи до елиминације патогена и семена корова.

У зависности од састава материјала отпада и примењене методе компостирања, компост може бити спреман након 3 до 18 месеци. Производи компостирања су чврсте материје у облику компоста и остатака; течности у облику процедних вода, гаса у облику угљен-диоксида, водене паре и амонијака. Једињења са непријатним мирисом, осим амонијака се могу генерисати у случају недостатка кисеоника.

ФАЗЕ ПРОЦЕСА КОМПОСТИРАЊА

- 1. Мезофилна фаза** (Бактерије и гљиве разлажу велике количине високо енергетских, лако разградивих једињења попут шећера и протеина на температурама од 24 до 40 °C).
- 2. Термофилна фаза** (Организми адаптирани на више температуре, од 35 до 65°C почињу постепено да доминирају, разградња се убрзава све док температура не достигне око 62°C. У овој фази се уништавају патогени организми, инхибирају се семена корова и ларве инсеката. Мана температура већих од 70°C је да се убија већина мезофила и изостаје и опоравак тих култура након хлађења).
- 3. Фаза хлађења** (Активност термофилних организама престаје због недостатка супстрата а температура опада. Повећава се број микроорганизама који разграђују скроб и целулозу.).
- 4. Фаза сазревања** (Квалитет супстрата отпада. Обично се проценат гљивица повећава, док број бактерија опада. Формирају се једињења која нису даље разградива као што је комплекс лигнин - хумуса.).

ФАКТОРИ КОЈИ УТИЧУ НА КОМПОСТИРАЊЕ

Као биолошки процес, компостирање је подложно бројним факторима спољашње средине који одређују ток биолошке разградње.

Због сложености процеса биолошке разградње, њихов детаљан ток је непознат и базира се на научним сазнањима о потребним условима за живот микроорганизама у отпаду тј. компосту.

Главни фактори средине који утичу на компостирање су: присуство нутријената, биораздрадивост супстрата, садржај влаге, аерација, димензије материјала који се компостира, температура и рН вредност,.

НУТРИЈЕНТИ

Идеалан однос органског угљеника и укупног азота (C/N) је веома важан за процес компостирања и износи 30:1. Микроорганизми користе угљеник и азот за добијање енергије и за синтезу новог ћелијског материјала.

Ако је количина угљеника у односу на азот велика (висок однос C/N), биолошка активност се смањује. Ако је однос C/N мањи од 20:1 компостирање ће бити инхибирано услед слабог снабдевања енергијом и азот ће бити изгубљен у процедурним водама и испаравањем као амонијак.

Превисок однос C/N, се регулише додавањем отпада са повећаним садржајем азота (зелени материјали). А ако је C/N сувише низак, додаје се отпад са већим садржајем угљеника (слама, дрвени опилци, пиљевина, сецкани папир). У оптималном процесу, C/N се константно смањује, због биолошке минерализације једињења угљеника и испаравања угљен-диоксида.

БИОРАЗГРАДИВОСТ

Биоразградивост или разградња органске материје током компостирања, мерена као проценат иницијалне масе испарљивих чврстих материја које се изгубе, зависи од:

- састава сировине,
- ефикасности технологије,
- дужине периода компостирања,
- сушења.

Приликом типичног процеса компостирања:

- храна у отпаду се деградира више од 60%,
- биоразградиви отпад и отпад из дворишта око 50 %,
- лигноцелулозни биљних материјала од 35-45%.

САДРЖАЈ ВЛАГЕ

Садржај неопходне влаге креће се у опсегу 40 до 70%. Обично је садржај влаге од 60% у почетном материјалу задовољавајући.

Да би се избегла инхибиција процеса мора се водити рачуна да садржај влаге не буде испод 35-40 %. Премало влаге значи рану дехидрацију масе која зауставља биолошке процесе, чиме се добија физички стабилан али биолошки нестабилан компост.

Прекомерна количина влаге може да зачепи поре и спречи размену гасова што фаворизује анаеробне процесе, доводи до споријег процеса и ниског квалитета компоста.

Потребно је одржавати равнотежу између потреба за водом и разменом гасова. У савременим системима за компостирање, могуће је додавати воду током процеса.

АЕРАЦИЈА И ВЕЛИЧИНА ФРАКЦИЈА МАТЕРИЈАЛА КОЈИ СЕ КОМПОСТИРА

Развојем технологија и дизајном система највише се утиче на аерацију тј. снабдевање кисеоником. Добрим пројектовањем система за компостирање количина кисеоника може варирати од 15 до 20%, а количина угљен-диоксида од 0,5 до 5%.

Ако концентрација кисеоника падне испод 15% анаеробни микроорганизми се активирају и брзо постају доминантни, па преовлађују реакције ферментације и анаеробне разградње. Зато је важно да микроорганизми имају константно снабдевање кисеоником да би њихове метаболичке активности биле непромењене.

За материјале стабилне структуре, који се не могу лако сабити (влакнасти отпад, гранчице и стабљике кукуруза), погодна величина фракција је 13-50mm. Величина фракција биљне масе (биљни остаци, воће и трава), не треба да је мања од 50 mm. У зависности од разградивости, максимална величина може бити и 150 mm или чак и више.

ТЕМПЕРАТУРА И рН ВРЕДНОСТ

Температура - Већина спроведених студија показује да оптимална температура током интензивне биоразградње у процесу компостирања треба да буде око 55°C.

рН - Углавном све органске материје које имају рН вредност у опсегу од 3 до 11, се могу компостирати.

Међутим, оптималан опсег рН је између 5,5 и 8,0.

Бактеријама одговарају рН неутрални услови, док гљивице се развијају боље у благо киселом окружењу.

МАСЕНИ БИЛАНС ПРОЦЕСА КОМПСТИРАЊА

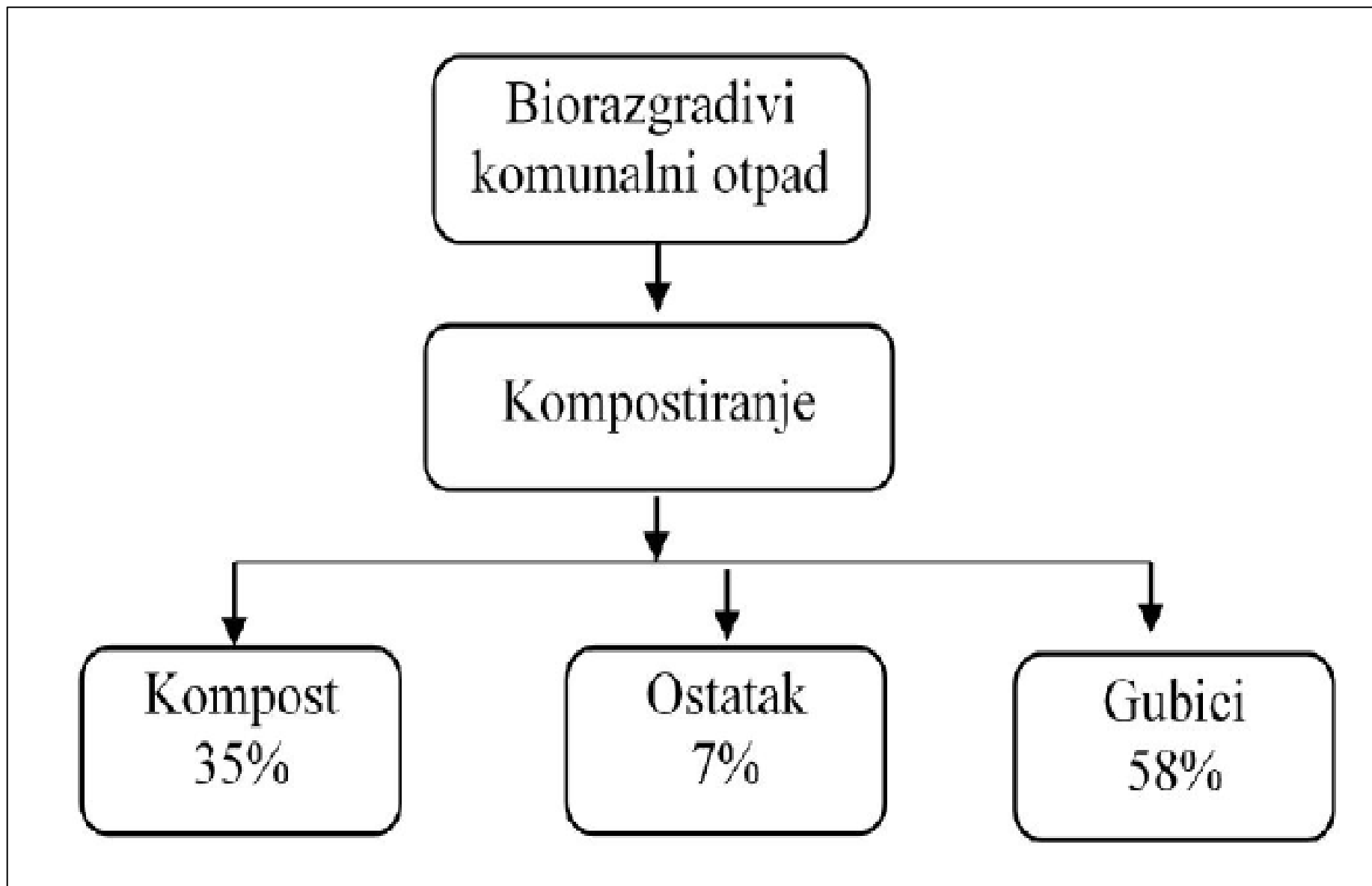
Током процеса компстирања запремина и маса органског дела је смањена и трансформисана у стабилан производ - компост који се може користити за уређивање земљишта, побољшавање њених карактеристика и за мелиорације земљишта.

У процесу компстирања биоразградивог комуналног отпада са активном аерацијом супстрата, настаје 35% компоста, 7% остатака за депоновање и 58% губитака (највећим делом вода).

Током процеса компстирања, 55% - 65% биоразградивог отпада се разгради, 2 - 6% су остаци за депоновање док од 35% до 45% представља компост.

Остаци након компстирања се могу одложити на депонију или се спалити у постројењу за инсинерацију.

МАСЕНИ БИЛАНС ПРОЦЕСА КОМПСТИРАЊА



ТЕХНОЛОГИЈЕ (МЕТОДЕ) КОМПСТИРАЊА

Технологије (методе) компстирања се деле у две групе: процеси без додатне аерације и процеси са активном аерацијом. Процес без додатне аерације је компстирање у статичким гомилама. Процеси са аерацијом су: компстирање у статичким гомилама и компстирање у континуалним дискретним системима (посудама).

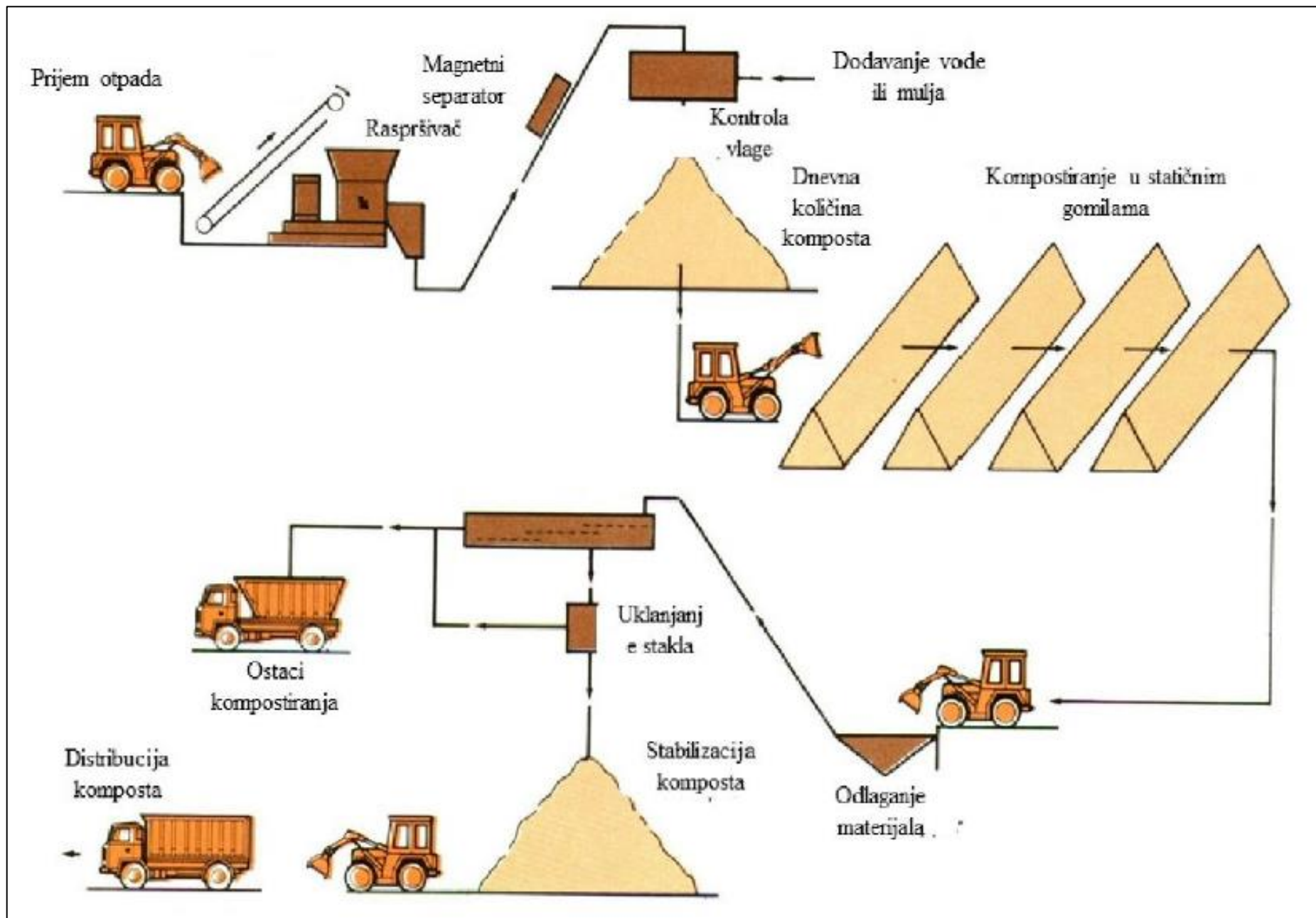
Постоји и подела на: компстирање на отвореном простору и компстирање у затвореним објектима.

У оквиру отвореног система разликује се:

- Статичке гомиле,
- Статичке гомиле са активном аерацијом,
- Компстирање у гомилама са периодичним превртањем (без додатне аерације)

Код отвореног система гасови из процеса се у већини случајева ослобађају у атмосферу без пречишћавања.

КОМПОСТИРАЊЕ У ГОМИЛАМА



КОМПОСТИРАЊЕ У ГОМИЛАМА

Компостирање у гомилама са периодичним превртањем је метод који је широко распрострањен за компостирање комуналног отпада због једноставности управљања.

Висок степен компостирања захтева високу фреквенцију мешања јер је брзина разградње сировине директно пропорционална фреквенцији мешања. Употребом оваквог метода, процес компостирања може трајати од 2 месеца до једне године.

Наведеном методом не могу се компостирати материје животињског порекла где постоји могућност присуства патогених организама или организама који преносе болести.

Главна разлика између статичне аерисане гомиле и претходног система је што се ове гомиле мешају или преврћу. Процес компостирања траје 3 до 6 месеци.

ЗАТВОРЕНИ СИСТЕМИ ЗА КОМПСТИРАЊЕ

Целокупан процес или део процеса се одвија у затвореном реактору. Главна предност је да се гасови из процеса компостирања могу контролисати и смањити емисија непријатних мириса који потичу од процеса компостирања.

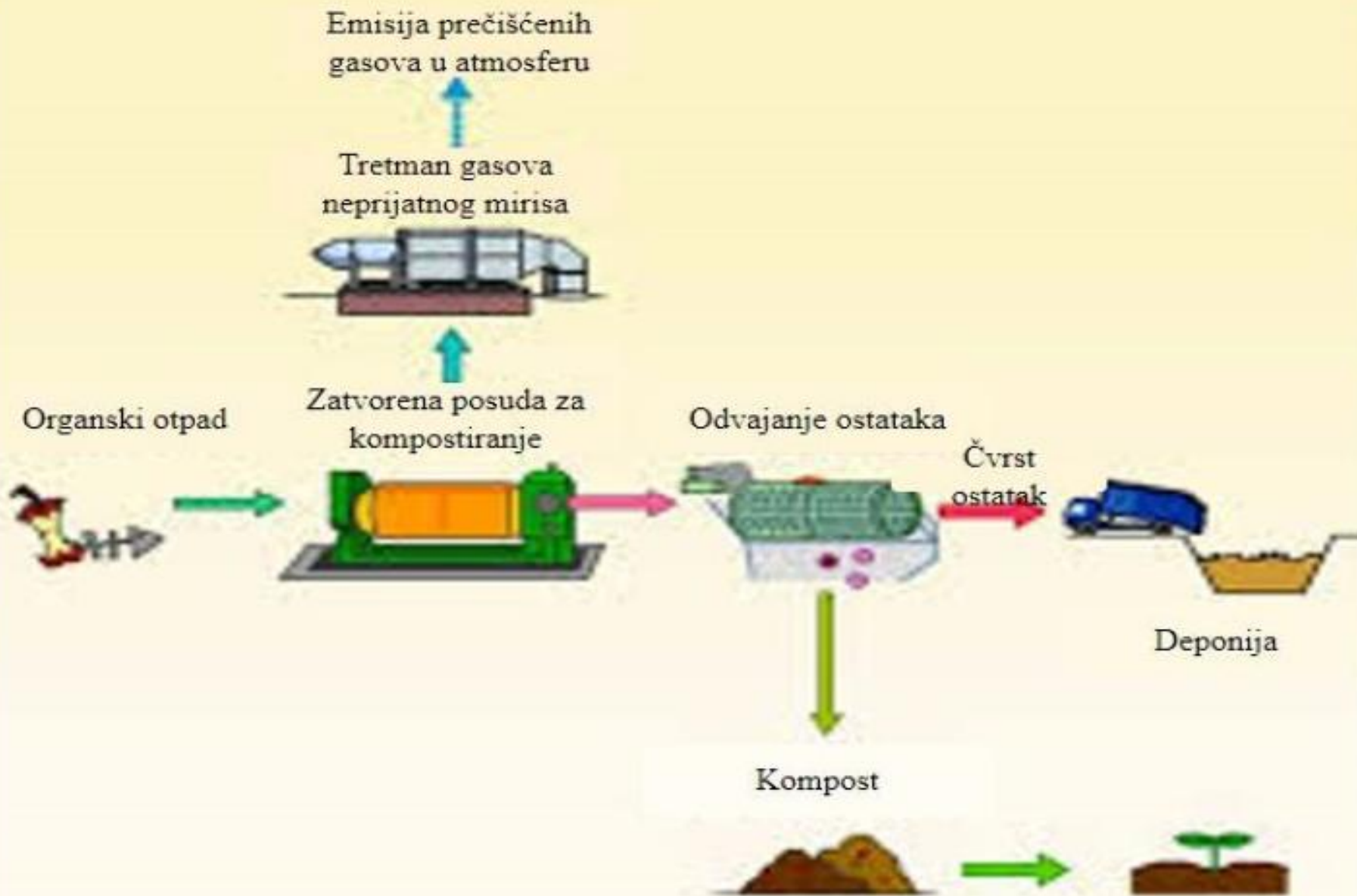
Затворени системи су софистициране јединице у којима се компостирање одвија унутар потпуно затворене коморе. Фактори спољашње средине се механички контролишу, у појединим случајевима и аутоматски.

Ови системи обично користе систем компостирања у гомилама за сазревање и деле се на:

- а) Ротирајуће бубњеве
- б) Континуалне дискретне системе (посуде)

Остале технологије које постоје у оквиру затвореног система компостирања се базирају на ове две технологије.

ЗАТВОРЕНИ СИСТЕМИ ЗА КОМПОСТИРАЊЕ



ЗАТВОРЕНИ СИСТЕМИ ЗА КОМПСТИРАЊЕ

Ротирајући бубњеви (реактори) омогућавају континуално мешање отпада и то су дугачки цилиндри (резервоари) са нагибом за кретање материјала од улаза ка излазу.

Снабдевање кисеоником врше ваздушне пумпе кроз млазнице. Ротирање одржава кисеоник на високом и униформном нивоу. Овај тип реактора се обично користи за активну фазу компостирања.

У нормалним оперативним условима, реактор се пуни до $2/3$ запремине, време задржавања за прву фазу је 1-10 дана, лако биоразградиви материјали могу компостирати за 2-3 дана. Затим материјал сазрева у гомилама неколико недеља.

ЗАТВОРЕНИ СИСТЕМИ ЗА КОМПСТИРАЊЕ

Резервоари су обично дугачке посуде, у којима се аерација постиже путем екстерних пумпи које удубавају ваздух кроз перфорирано дно резервоара.

Мешање материјала за компстирање се постиже механички нпр. покретном преносном траком или мешалицом са лопатицама. Мешањем се материјал хомогенизује и одржава се порозност материјала.

Компстирање у резервоару траје од 6 до 28 дана, а потом сазрева у компстним гомилама од 1 до 2 месеца.

Разликују се два типа компстирања у резервоарима:

- вертикални,
- хоризонтални.

ФИНАНСИЈСКИ АСПЕКТИ КОМПСТИРАЊА

Компостирање је распрострањено у економски слабије развијеним подручјима у којима отпад садржи и преко 80% органске материје. У економски развијеним земљама процес компостирања бележи раст од 5,5% годишње.

У неразвијеним земљама користе се једноставније технологије, где се највећи део процеса обавља ручно или уз минималну обуку радне снаге. У развијеним земљама се користе скупље софистицираније технологије.

Постројења без аерације су капацитета 2.000-100.000 тона годишње. Капитални трошкови износе 300.000-4.500.000 €, зависно од капацитета постројења, односно оперативни трошкови су 130.000-2.600.000 €.

Постројења са аерацијом су скупља, од 550.000 € по тони годишње до 16.100.000 €, у зависности од капацитета и типа технологије која се користи.

ФИНАНСИЈСКИ АСПЕКТИ КОМПОСТИРАЊА

Оперативни трошкови су у рангу од 270.000 €/тони годишње до 5.400.000 €/тона годишње. У оквиру земаља ЕУ, трошкови постројења за компостирање се значајно разликују, што највећим делом зависи од избора технологије и захтева држава чланица који се тичу квалитета излаза насталог у току компостирања.

Капитални трошкови компостирања отвореног типа су најјефтинији у Румунији 89 €/тони, док су најскупљи у земљама Бенелукса 110 €/тони, оперативни трошкови су од 7 до 5 €/тони.

Капитални трошкови постројења за компостирање затвореног типа су од 159 €/тони до 221 €/тони, односно оперативни трошкови су од 11 до 13 €/тони.

ПРЕДНОСТИ КОМПСТИРАЊА

- Једноставна технологија, јефтина и дуготрајна;
- У просеку 40-45% од укупне масе улазне сировине се може даље користити;
- Максимална искоришћеност хранљивих састојака неопходних за коришћење у пољопривреди (фосфор, Калијум , Магнезијум и микроелементи);
- Производња хуминских материја, корисних микроорганизама и споро-разлагајућих азотних бактерија потребних за пејзажно грађевинарство;
- Елиминише коров и патогене у отпадном материјалу;
- Могућност контроле процеса (осим у случају компостирања без аерације).

НЕДОСТАЦИ КОМПОСТИРАЊА

- ❑ Компост у неким случајевима садржи тешке метале, стога је потребно водити рачуна о пред-третману отпада за компостирање. Већина земаља у ЕУ има прописане вредности о садржају тешких метала у компосту;
- ❑ Током процеса компостирања настају непријатни мириси и испарења која је могуће контролисати и елиминисати био-филтерима;
- ❑ Биоразградиви отпад мора бити разврстан на месту настанка;
- ❑ Тржиште за продају компоста мора бити развијено;
- ❑ Постоји проблем због присуства преносника болести, као што су: глодари, муве, птице, током третмана отпада.

АНАЕРОБНА ДИГЕСТИЈА

Анаеробна дигестија је биохемијски процес микробиолошке разградње органске материје без присуства кисеоника. Током процеса настају два продукта: енергија (биогаз-метан) и отпадна течност (ефлуент). Ефлуент, може бити у чврстом и у течном стању са врло мало суве материје и назива се дигестат. Дигестат није исто што и компост осим ако изричито није компостиран у аерисаним условима. Постоје 3 методе анаеробне дигестије: суви метод, мокри метод и ко-дигестија (мокри метод).

У оквиру суве методе, отпад се уситњава и меша са водом пре уласка у резервоаре за дигестију (35% суве материје). Процес разградње се одвија на температурама 25-55°C и добија се биогаз и биомаса. Биогаз се пречишћава и користи у гасном мотору док се остатак након процеса анаеробне дигестије одлаже на депонију.

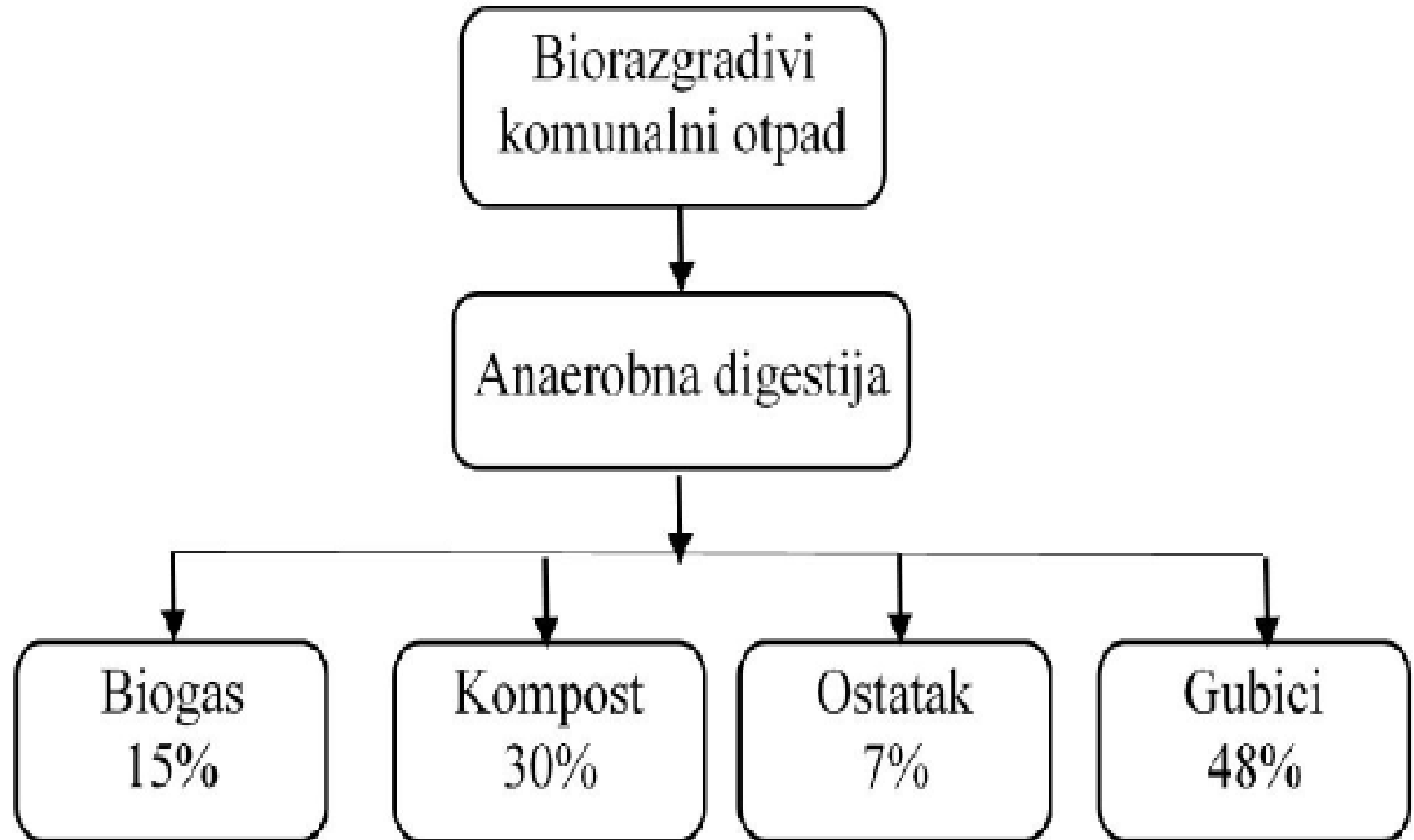
АНАЕРОБНА ДИГЕСТИЈА

Мокри метод подразумева одлагање органског отпада у резервоар, где се трансформише у смешу са 12% суве материје. Добијена смеша се прво излаже температури од 70°C, при рН 10 а онда хидролизује на 40°C пре него што се поново дода вода.

Смеша настала у другој фази додавања воде се у био-филтеру процесом дигестије трансформише у биогаз и отпадну воду која се поново користи у пулпи или као течено ђубриво. Влакнаста фракција се одваја у компост, а остатак се депонује. Компост захтева даљу обраду.

Пречишћени биогаз се користи за производњу електричне и топлотне енергије. Део топлотне енергије се користи за одржавање стабилне температуре у току хидролизе и процесима био-филтера. Код кодигестије (слично мокрој дигестији), уситњени отпад се меша са канализационим муљем или ђубривом из фарми, у размери 1: 4.

МАСЕНИ БИЛАНС АНАЕРОБНЕ ДИГЕСТИЈЕ



РАЗГРАДЊА МАТЕРИЈЕ У ПРОЦЕСУ АНАЕРОБНЕ ДИГЕСТИЈЕ

Разградња органске материје се одвија у 4 фазе:

1. Хидролиза – велики протеински макро молекули, масти и полимери угљених хидрата (целулоза и скроб) се процесом хидролизе разлажу до аминокиселина, масних киселина и шећера;
2. Ферментација – продукти хидролизе ферментишу у лако испарљиве масне киселине са 3, 4 и 5 атома угљеника у ланцу;
3. Ацетогенеза – бактерије оксидишу производе из фазе ферментације у: сирћетну киселину, угљен-диоксид и водоник;
4. Метаногенеза - метаногени организми конзумирају ацетат, водоник, а неки делом и угљен-диоксид за производњу метана.

ПРОИЗВОДЊА МЕТАНА У ПРОЦЕСУ АНАЕРОБНЕ ДИГЕСТИЈЕ

До продукције метана може доћи на два начина. Први је конверзијом водоника и угљен-диоксида у метан, а други је конверзијом ацетата у метан и угљен-диоксид. Просечни садржај метана у биогазу креће од 40-70% (запремински).

Температура одвијања процеса анаеробне дигестије, утиче на количину добијеног биогаза, колико дуго ће трајати процес врења и колики ће бити степен разградње. Мезофилне бактерије развијају се на температурама од 25 до 35 степени, и процес разградње тече спорије, количина биогаза је мања, али процес разградње је стабилнији.

Термофилне бактерије, се развијају на температури од 55 до 60 степени, и оне су много ефикасније од термофилних бактерија, стварају већу количину биогаза, али одржавање самог процеса има много веће трошкове.

МОКРА/ВЛАЖНА АНАЕРОБНА ДИГЕСТИЈА

Примена влажне дигестије, при чему је потребан висок садржај влаге, представља предност приликом третмана отпада који садржи висок удео пластике, али утиче на смањени квалитет компоста.

Влажна дигестија са друге стране доводи до губитка испарљивих компоненти, што касније утиче на смањену количину произведеног биогаза.

Влажна дигестија захтева већу количину улазне енергије за процес биолошке разградње, до 50%, која се користи из добијеног биогаза, док сува дигестија користи за сам процес од 20-30% енергије.

ПОСТРОЈЕЊА ЗА АНАЕРОБНУ ДИГЕСТИЈУ

Постројења за анаеробну дигестију, се међусобно разликују на основу неколико параметара: ретенционо време (време задржавања) дигестора (варира између 10 до 25 дана), садржај влаге у дигестору (суви и влажни дигестори), температура процеса (два оперативна система су у употреби, термофилни и мезофилни), број фаза процеса (једна или две фазе).

Једностепена и двостепена постројења за анаеробну дигестију се међусобно разликују. У једностепеном постројењу обухваћене су све фазе процеса и смањена је ефикасност процеса а у двостепеном су фазе анаеробне дигестије раздвојене и процес је много ефикаснији.

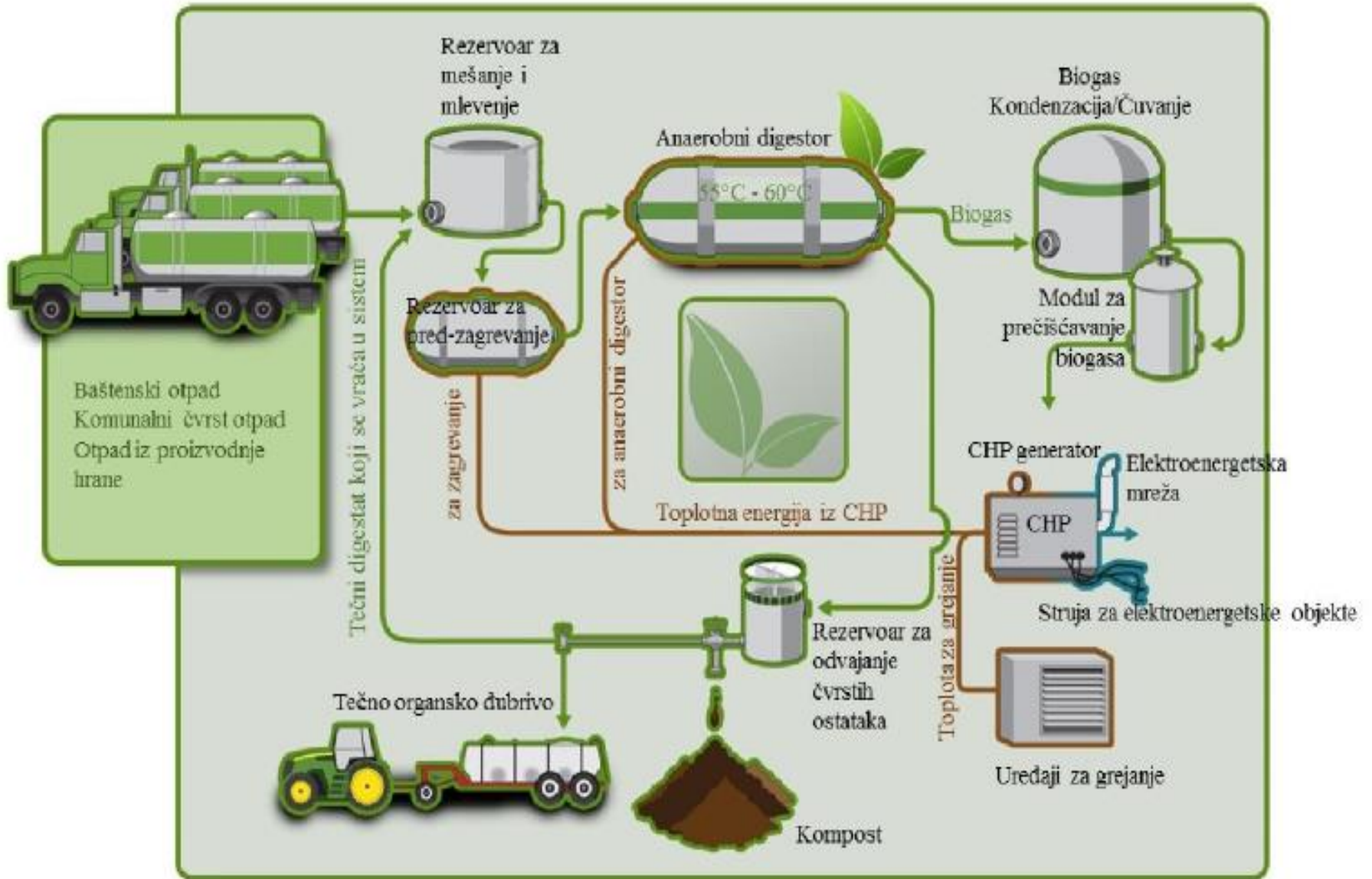
Најчешће технологије анаеробне дигестије су: једностепени континуирани систем, двостепени континуирани систем и третман у посудама.

ЕЛЕМЕНТИ ПОСТРОЈЕЊА ЗА АНАЕРОБНУ ДИГЕСТИЈУ

Разликује се 6 елемента постројења за анаеробну дигестију:

1. Пријем отпада (мерење отпада, визуелна контрола квалитета отпада);
2. Предтретман отпада (уклањање нежељених предмета, уситњавање био-отпада пре третмана);
3. Дигестија отпада, загревање отпада, мешање са микроорганизмима;
4. Управљање гасом - сакупљање, третман, складиштење и коришћење добијеног гаса;
5. Управљање дигестатом – одвајање течне од чврсте фазе, даљи третман чврстог остатка
6. Контрола непријатних мириса - функција овог система је контрола и минимизација непријатних мириса који потичу од не-третираног материјала , анаеробне дигестије и других биолошких процеса у постројењу

ПРОЦЕС АНАЕРОБНЕ ДИГЕСТИЈЕ



ЕНЕРГЕТСКИ БИЛАНС ПОСТРОЈЕЊА ЗА АНАЕРОБНУ ДИГЕСТИЈУ

Типичне вредности биогаза добијене у току процеса анаеробне дигестије су од 70 до 180 m³ по тони отпада, при чему се из једне тоне комуналног отпада може генерисати 150 m³ биогаза.

Садржај метана у биогасу креће од 50% до чак 75% а оптимална вредност је 60%. Остатак је углавном угљен-диоксид од 30 до 45%, са траговима елемената других гасова као што су водоник-сулфид, амонијак и водена пара.

Минимална вредност биогаза по тони отпада износи 70 m³, односно 140 m³ је максимална вредност. Садржај метана је 55% при нижој продукцији биогаза, односно 60% при максималној продукцији биогаза. Енергетска ефикасност постројења за анаеробну дигестију са могућношћу комбиноване производње електричне и топлотне енергије је од 30% до 70%.

ЕНЕРГЕТСКИ БИЛАНС ПОСТРОЈЕЊА ЗА АНАЕРОБНУ ДИГЕСТИЈУ

Parametri	Minimalne vrednosti	Maksimalne vrednosti
Produkcija biogasa	70 m ³ /t otpada	140 m ³ /t otpada
Udeo metana	55%	60%
Kalorijska vrednost biogasa	385 kWh/ toni otpada	840 kWh/ toni otpada
Generisana el. energija (30% efikasnost)	116 kWh/ toni otpada	252 kWh/ toni otpada
Električna energija za izvoz (70% generisane električne energije)	81 kWh/ toni otpada	176 kWh/ toni otpada
Toplotna energija (70% efikasnost)	189 kWh/ toni otpada	412 kWh/ toni otpada
Toplotna energija za izvoz (80% od ukupno dobijene)	151 kWh/ toni otpada	329 kWh/ toni otpada

ПРИМЕНЕ БИОГАСА

- ❑ Производња топлотне енергије - директно спаљивање у котлу за интерну употребу топлоте у постројењу или локалној тоplotној мрежи. Ова употреба је могућа у мањим постројењима када је цена даљег третмана превисока.
- ❑ Производња топлотне и електричне енергије – третман за ову сврху подразумева уклањање воде и хидроген сулфата. Након тога се гас може користити у стандардном гасном мотору.
- ❑ Производња горива за возила - за покретање возила потребно је да гас има виши удео метана него што се добија анаеробном дигестијом. Стога се из њега поред воде и водоник сулфида издваја и угљен диоксид да би се постигао удео метана од 95%.
- ❑ Коришћење биогаса уместо природног гаса - захтева се још већи удео метана у односу на његову примену у возилима. Овакав третман је изузетно скуп и исплатив је у ретким случајевима.

ДОБИЈАЊЕ ЕНЕРГИЈЕ ИЗ БИОГАСА

Добијање енергије из биогаса је енергетски ефикасно и не штети животној средини због ниских емисија полутаната. Најчешће се биогас користи у ко-генерацији електричне и топлотне енергије.

Нуспроизвод дигестије (дигестат) је богат азотом и у већини случајева (у зависности од порекла сировине) се може користити у пољопривреди за ђубрење земљишта. Ова постројења не морају бити великог капацитета, па су погодна за земље у развоју. Као и код компостирања ова технологија је прихваћена од јавности.

Поред добијања електричне и топлотне, из биогаса се може добити и чист гас, претходним третманом, који се као такав може дистрибуирати у мрежу.

ДОБИЈАЊЕ ГАСА ИЗ БИОГАСА ЗА КОРИШЋЕЊЕ У ДИСТРИБУТИВНОЈ МРЕЖИ

Anaerobna digestija

Kontaminirani biogas: voda, CO_2 i H_2S

Čišćenje gasa

Poboljšanje gasa

Dodavanje propana za povećanje
kalorijske vrednosti i uklanjanje
merkaptanana

Merenje kvaliteta gasa i
energetske vrednosti

Provera kalorijske vrednosti gasa,
nivoa CO_2 i H_2S

Distribucija kroz mrežu

ДОБИЈАЊЕ ГАСА ИЗ БИОГАСА ЗА КОРИШЋЕЊЕ У ДИСТРИБУТИВНОЈ МРЕЖИ

Ова технологија се не користи у свим земљама ЕУ. Постројења за овакав третман постоје у Финској, Шведској и Француској. Трошкови овог постројења су одређени на основу трошкова постројења која су у употреби у Канади (8 постројења) и једно у Шведској.

Дигестат је потребно даље третирати:

- Течни остатак се може третирати у постројењу за третман отпадне воде јер има високу концентracију амонијака и/или растворене органске материје.
- Инсинерација или одлагање на депонију.
- Компостирање и коришћење компоста је најчешћа опција. Када квалитет компоста не задовољава услове за коришћење у пољопривреди, може се користити за уређења паркова, терена за голф и сл.
- Употреба дигестата у пољопривреди без претходног третмана је могућа само у неким земљама.

ПРЕДНОСТИ ПРОЦЕСА АНАЕРОБНЕ ДИГЕСТИЈЕ

Предности процеса анаеробне дигестије, без обзира да ли се ради о сувој или влажној методи су:

- ❑ Скоро 100% искоришћеност хранљивих материја из органске материје (азот, фосфор и калијум).
- ❑ Производња хигијенског ђубрива без ризика од ширења биљних и животињских болести. Азот је приступачнији за биљке после дигестије.
- ❑ Смањење непријатних мириса, приликом коришћења на пољима у поређењу са компостом који није добијен процесом анаеробне дигестије.
- ❑ Добијање енергије у облику електричне и топлотне енергије која је неутрална у односу на угљен-диоксид.
- ❑ Супституција/замена комерцијалних/вештачких ђубрива.

НЕДОСТАЦИ ПРОЦЕСА АНАЕРОБНЕ ДИГЕСТИЈЕ

Недостаци анаеробне дигестије су:

- Отпад мора бити издвојен на извору;
- Потребна додатна влакна за компостирање ако је компост намењен за употребу у хортикултури;
- Тржиште за течну ђубриво мора бити развијено, осим ако ђубриво има врло низак садржај хранљивих материја и може да се испушта у јавну канализацију;
- Емисија метана из постројења и не-спаљеног метана из емисије гасова (1-4%) доприноси глобалном загревању;

Такође, недостатак ове методе је што не може у потпуности да разгради лигнин, главни конституент дрвета који се може третирати у спалионици. Овај третман је погодан за органски отпад са високим садржајем влаге и може се третирати директно без пред-третмана. Анаеробна дигестија је технолошки захтевнија и скупља од компостирања.

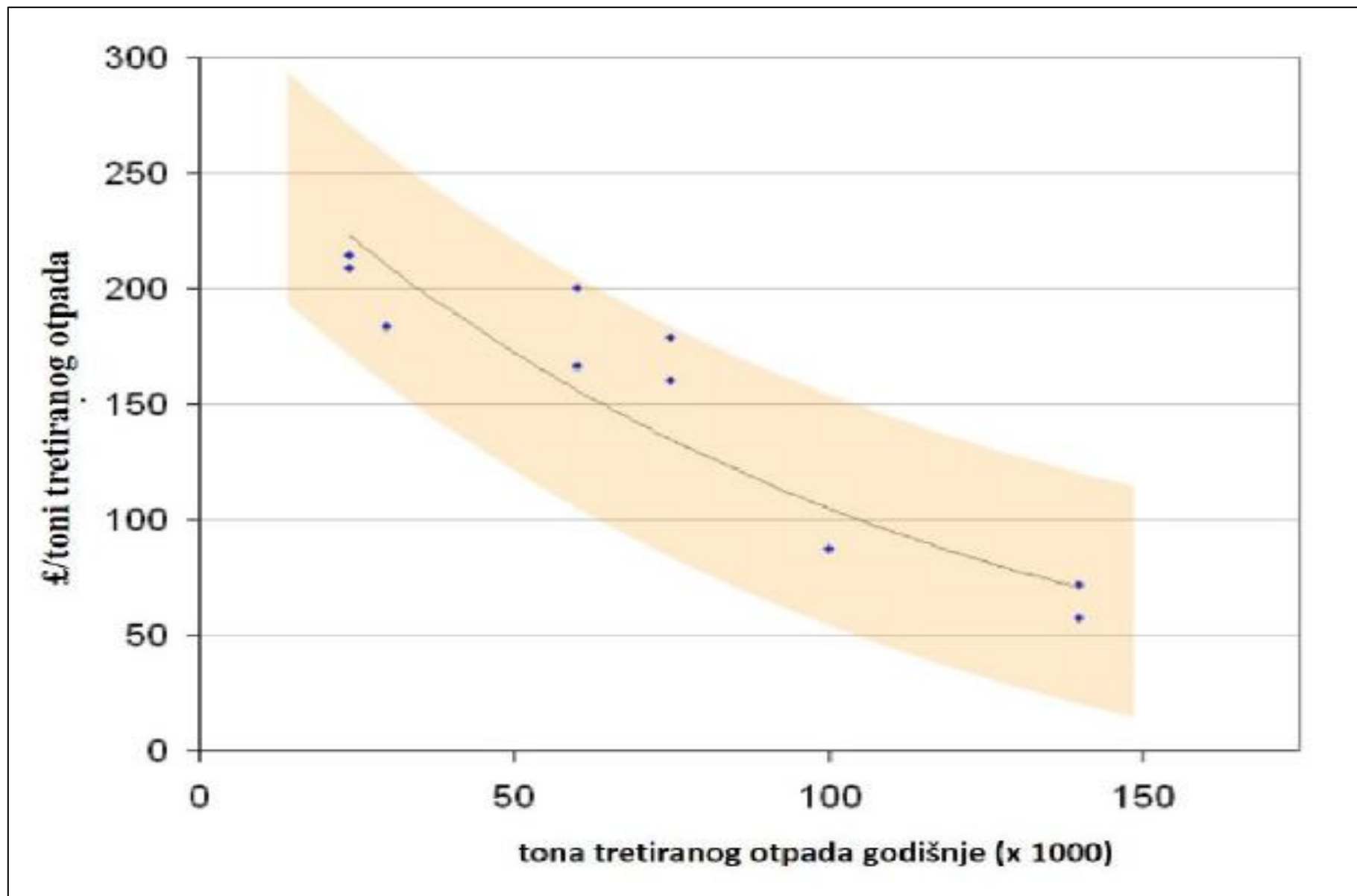
ТРОШКОВИ ПОСТРОЈЕЊА ЗА АНАЕРОБНУ ДИГЕСТИЈУ

Трошкови постројења за анаеробну дигестију зависе од великог броја фактора:

- Трошкови откупа земљишта;
- Врста улазне сировине, (утиче на продукцију биогаза);
- Избор анаеробног процеса односно типа постројења;
- Енергетска ефикасност и искоришћење биогаза;
- Услови за искоришћење дигестата итд.

За капацитете веће од 50.000 тона годишње су мањи трошкови постројења. Постројења од 15.000 до 30.000 тона годишње, имају исте трошкове, и значајно се не мењају односно смањују до капацитета преко 50.000 тона, када се постиже економија обима, смањивање трошкова по тони улазне сировине (тони третираног отпада).

ЗАВИСНОСТ ТРОШКОВА ПОСТРОЈЕЊА И КАПАЦИТЕТА



ТРОШКОВИ ПОСТРОЈЕЊА

У зависности од примењене технологије, трошкови постројења се разликују. Капитални и оперативни трошкови суве дигестије капацитета од 5.000 до 20.000 тона годишње су од 2,9 до 10 милиона € односно 120.000 до 400.000 € годишње.

Капитални трошкови ко-дигестије мокри метод капацитета од 20.000 до 100.000 тона годишње су од 3.7 до 12.5 милиона € односно оперативни трошкови су од 130.000 до 350.000 € годишње.

Трошкови постројења за анаеробну дигестију у оквиру ЕУ се међусобно разликују али највећим делом зависе од типа технологије и капацитета постројења. Трошкови значајно варирају због удела 25% радне снаге у укупним капиталним трошковима и 30% у оперативним трошковима.

ТРОШКОВИ ПОСТРОЈЕЊА

У ЕУ у употреби су анаеробна дигестија са могућношћу производње електричне енергије, електричне и топлотне енергије и гаса.

Цене ових постројења су од 366 € по тони у Румунији за производњу електричне енергије до 404 € у Данској, док постројења са могућношћу комбиноване производње топлотне и електричне енергије имају трошкове од 337 € по тони и 515 € по тони у поменутиим земљама чланицама.

Постројење за производњу гаса, при чему добијени гас може да се користи у дистрибутивној мрежи, је у просеку скупље за 50 € по тони третираног отпада.

МЕХАНИЧКО-БИОЛОШКИ ТРЕТМАН (МБТ)

МБТ представља третман отпада који подразумева механички и биолошки третман комуналног отпада. Прва постројења МБТ су развијена са циљем смањења негативног утицаја депоновања отпада на животну средину. Системи МБТ се користе за:

- 1) издвајање отпада а затим њихов третман или
- 2) третман отпада а затим његово раздвајање.

Понекад само биолошки третман (са основним механичким одвајањем) третира сав отпад пре депоновања. Иако постоје различити доступни биолошки и механички третмани, ова два процеса треба да буду оптимизовани у смислу крајњих продуката процеса да би се на најбољи начин могла реализовати њихова тржишна вредност.

Постоји велики број различитих концепата МБТ који су у употреби широм света. Већина постројења је заснована на комбинацији механичког и биолошког третмана отпада.

МЕХАНИЧКО-БИОЛОШКИ ТРЕТМАН (МБТ)

Две основне технологије МБТ-а су:

1. Механичко - биолошки предтретман: прво се из отпада уклања фракција RDF-а па се остатак отпада третира биолошким третманом пре депоновања.
2. Механичко - биолошка стабилизација: сав отпад се компостира, па суши и издваја се RDF фракција. Врло мали остатак након издвајања RDF-а се депонује.

Механичка обрада издваја RDF/SRF и рециклабилне сировине из мешаног отпада, који се потом третира биолошким третманом. Основне механичке операције за сепарацију различитих материјала су: уситњавање, просејавање и магнетна сепарација.

Биолошки третман може бити:

1. аеробан (компостирање) - за биолошку стабилизацију отпада или третман дела богатог органским садржајем;
2. анаеробан (дигестија) - третман издвојеног органског отпада;
3. био-сушење - делимично компостирање мешаног отпада, који није раздвојен.

МЕХАНИЧКО-БИОЛОШКИ ТРЕТМАН (МБТ)

Механичко-биолошки третман као такав се углавном примењује као биолошка метода, јер крајњи циљ је третман биолошког отпада пре одлагања на депонију. Крајњи продукт анаеробног процеса, захтева даљи третман путем аеробног процеса како би могао да се депонује. Аеробни процеси, су технолошки мање захтевни па су нашли примену у земљама у развоју.

У оквиру МБТ-а потребно је водити рачуна о емисији гасова. Постројења за МБТ су углавном опремљена уређајима за третман гасова, при чему су емисије у атмосферу законски одређене. У току аеробног процеса, потребно је додавати воду, стога је потребно водити рачуна о отпадним водама које се генеришу, и на адекватан начин их третирати.

МЕХАНИЧКО-БИОЛОШКИ ТРЕТМАН (МБТ)

Прихват

Кућни отпад и сл. отпад из домаћинства,
крупни отпад, муљ из кан. таложница ...

1. фаза

Улазна контрола

2. фаза

Одвајање крупног отпада и
секундарних сировина

3. фаза

Механичка
обрада

Млевење и
хомогенизација

4. фаза

Биолошки третман

Испушни

Зрак

5. фаза

Трајно одлагање

Компактирање

