



**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**

# **6. ДЕПОНИЈСКИ ГАС**

# УВОД

Искоришћење депонијског гаса као обновљивог извора енергије први пут је реализовано 1975. године а данас постоји више хиљада постројења широм света.

Поред енергетског/економског бенефита, разлози за искоришћење депонијског гаса били су и смањење емисије полутаната, а пре свега метана, гаса ефекта стаклене баште, значајног потенцијала глобалног загревања.

Процењује се да је услед рада ових постројења емисија гасова стаклене баште са депонија смањена за више од 105 милиона еквивалентних тона угљен-диоксида годишње. Интензивније коришћење депонијског гаса у енергетске сврхе почиње средином 1980-тих година.

Просечан састав депонијског гаса је 35-60% метана, 37-50% угљен-диоксида и у мањим количинама се могу наћи угљен-моноксид, азот, водоник-сулфид, флуор, хлор, ароматични угљоводоници и други гасови у траговима.

# НАСТАЈАЊЕ ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА

Највећи део депонијског гаса формира се биолошком и хемијском разградњом биоразградивих фракција отпада у анаеробним условима под утицајем микроорганизама. У средишту депоније настаје надпритисак па депонијски гас прелази у околину.

Велики број фактора има утицај на продукцију депонијског гаса, што отежава планирање и димензионисање система за искоришћење гаса.

Међу многобројним факторима, као најважнији издвајају се:

- количина и састав отпада,
- кисеоник у телу депоније (зависи од врсте и карактеристика прекривних слојева тела депоније),
- влажност,
- температура,
- старост отпада,
- рН вредност процедурне воде и друго.

# НАСТАЈАЊЕ ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА

Поред наведених, фактори који имају утицај су:

- дубина тела депоније,
- присуство нутријената,
- компактност,
- величина делова отпада и
- оперативне мере управљања депонијом.

Значај дубине (висине) депоније огледа се у обезбеђивању додатне изолованости тела депоније. Поред покривних изолационих слојева депоније, тела депонија већих дебљина могу да обезбеде додатну термо изолацију али и да спрече продор кисеоника у тело депоније, како би се створили неопходни, анаеробни услови, за продукцију метана.

# НАСТАЈАЊЕ ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА

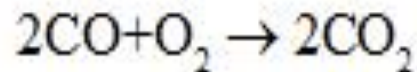
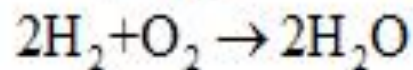
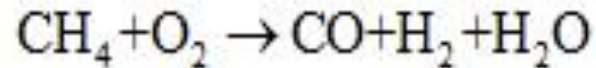
Управо дубина (висина) депонија је један од главних проблема када су у питању депоније комуналног отпада у Србији, с обзиром на то да је у Србији пракса да се депоније шире по површини (уз умерену висину), уместо да се отпад депонује до већих висина при чему ће се заузимати мања површина. Разлог за такву праксу је најчешће недостатак механизације за уређење депоније.

Међутим, уколико тело депоније има мању дубину од 10 метара, није реално очекивати константну продукцију метана, с обзиром на то да ће промене атмосферске температуре и инфилтрација кисеоника у доње слојеве отпада имати значајан утицај на одвијање реакција у телу депоније. Према истраживањима спроведених на депонијама у Србији утврђено је да свега 50-ак депонија има већу висину отпада од 5 метара.

# ПРАВИЛНО УПРАВЉАЊЕ ДЕПОНИЈСКИМ ГАСОМ

На основу састава депонијског гаса, може се уочити да је врло опасан по животну средину и здравље живих бића али и по инфраструктурне објекте у близини депонија јер је метан у одређеним условима врло експлозиван. Метан је више од 20 пута штетнији по климу и озонски омотач него угљен-диоксид, што практично значи да 1 тона метана оштећује озонски омотач (ефекат стаклене баште) као 21 тона угљен-диоксида.

Средње време реакције метана са озоном је 25 година а угљен-диоксида 80 година, што утиче да је метан око 21 пут опаснији по озонски омотач у односу на угљен-диоксид и првенствено што је потребно 3 молекула озона  $O_3$  да се метан претвори у угљен-диоксид.



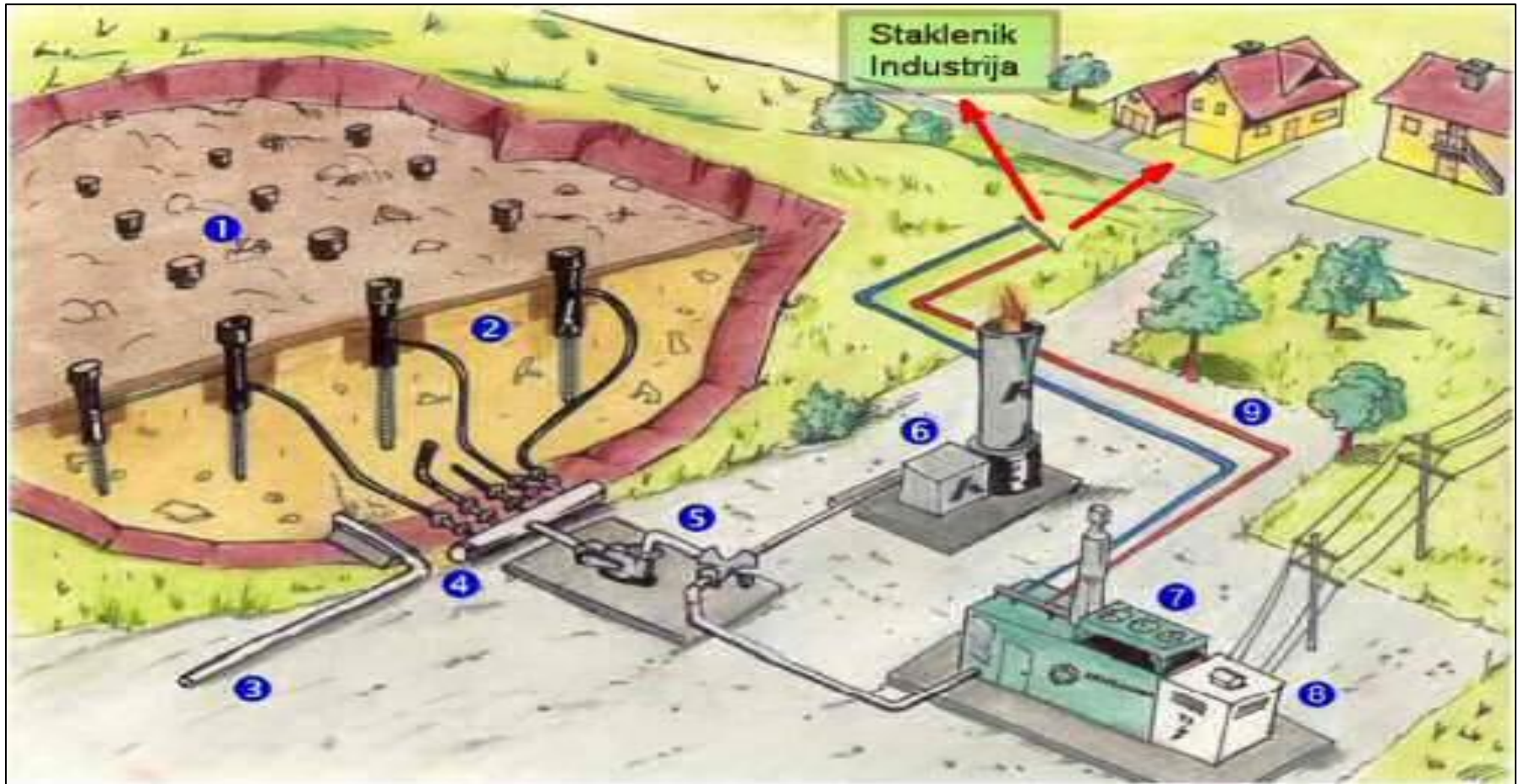
Да би се одстранили негативни утицаји неконтролисаног ширења депонијског гаса, врши се планско сакупљање и присилно усмеравање гаса ка месту сагоревања, што поспешује бржу стабилизацију свежих делова депоније, смањује загађивање отпадних вода, омогућава коришћење енергије на депонији (грејање, топла вода, струја).

# ДЕПОНИЈА ОД 5 ХЕКТАРА СА ПОКРОВОМ ЗА САКУПЉАЊЕ ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА





# СИСТЕМ ЗА САКУПЉАЊЕ ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА



1-покрив депоније, 2-вертикалне перфориране цеви за сакупљање ДГ, 3-одвођење вишка течности, 4-систем одвођења ДГ, 5-филтрација ДГ, 6-сагоревање вишка ДГ, 7-когенерација на ДГ, 8-трансформатор, 9-систем грејања



# СТАЊЕ У ОБЛАСТИ УПРАВЉАЊА ОТПАДОМ У СРБИЈИ

Производња комуналног отпада у Србији 2009. године процењена је на 2,3 милиона тона годишње, односно у просеку 0,87 килограма по становнику на дан.

Према проценама наведеним у Стратегији управљања отпадом за период од 2010. до 2019. године планиран је раст производње отпада на годишњем нивоу од 2% до 3,3%.

Иако егзактних података о промени производње нема, реално је за очекивати да ће раст производње имати умеренији тренд услед економске кризе.

# ПРОЦЕНА ЕНЕРГЕТСКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА ДЕПОНИЈА У СРБИЈИ

ДЕПОНИЈА	Површина [ha]	Запремина [x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Производња метана [m <sup>3</sup> /h]	Енергетски потенцијал [MW]	Инвестиција [x 10 <sup>6</sup> €]
НОВИ САД	28	2,6	650	0,6 - 1	2
БЕОГРАД	42	9,0	2.400*	2,2 - 3	4
ЗРЕЊАНИН	7	0,53	115	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5
КРУШЕВАЦ	5	0,9	145	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5
ЧАЧАК	2,5	0,7	125	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5

\*Прорачун је реализован само за део депоније који обухвата 20 хектара на којем се отпад одлаже последњих 10-15 година.

## ПРОЦЕНА ЕНЕРГЕТСКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА ДЕПОНИЈА У СРБИЈИ

Може се закључити да се значајније количине метана, потребне за производњу електричне енергије, појављују искључиво на депонијама већих градова односно развијених средина са највећом продукцијом отпада.

На основу инвестиционих трошкова, при тренутним ценама опреме и електричне енергије, као један од основних предуслова за профитабилну производњу електричне енергије је минимална количина депонованог отпада од 1,5 милиона кубних метара.

Утицај на продукцију депонијског гаса има и дебљина слојева отпада која на депонији у Новом Саду износи 15–20 метара, на регионалној санитарној депонији "Жељковац" у Лесковцу 20-30 метара, док на депонији „Винча“ у Београду износи и до 40 метара, чиме се у значајној мери смањује негативан утицај одсуства адекватних покривних материјала депоније на продукцију метана.

# ТЕХНОЛОГИЈЕ ИСКОРИШЋЕЊА ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА

Депоније комуналног отпада су у многим развијеним земљама означене као извор метана којим је могуће управљати, пре свега различитим облицима искоришћења метана, чиме је могуће смањити емисије гасова стаклене баште у атмосферу и њихов неповољан утицај на глобално загревање.

Иако постоје различити облици искоришћења и/или смањења емисије метана, од најпростијег спаљивања на бакљи, до комплексних решења добијања електричне и топлотне енергије, у појединим ситуацијама не постоје решења са позитивним економским ефектом. То су најчешће ситуације са мањим депонијама тј. локацијама са недовољно отпада или нису испуњени други услови за значајнију продукцију и искоришћење депонијског гаса.

# ЕНЕРГЕТСКИ БИЛАНС ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА

Као полазна вредност за прорачун енергетског биланса служи податак да у времену од 20 година, по 1 тони комуналног отпада настаје просечно  $200 \text{ Nm}^3$  депонијског гаса. За годишњу количину од 50.000 тона комуналног отпада (град са 150.000 становника) и време од 20 година настало би 200 милиона  $\text{m}^3$  депонијског гаса.

Ако би гасни мотори искористили око 50% наведене количине гаса, то значи да се за прорачун енергетског биланса може рачунати са око 100 милиона  $\text{Nm}^3$  депонијског гаса, односно просечно годишње 5 милиона  $\text{Nm}^3$  тј.  $625 \text{ Nm}^3/\text{h}$ . Ова количина гаса дође топлотне моћи  $H_d = 5 \text{ kWh}/\text{Nm}^3$  преко когенеративних модула омогућава годишњу производњу од 9 милиона  $\text{kWh}$  ел. енергије и 12 милиона  $\text{kWh}$  топлоте.

Произведена количина ел. енергије покрива око 2500 породичних кућа чиме се штеди око 18.000 тона лигнита годишње у једној термоелектрани. Такође  $300 \text{ Nm}^3/\text{h}$  или око  $215 \text{ kg}/\text{h}$  метана у депонијском гасу се не испушта у атмосферу, што је важан еколошки аспект примене гасних мотора у очувању озонског омотача.

# ПРОИЗВОДЊА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ГЕНЕРАТОРИМА НА БАЗИ МОТОРА СУС

Мотори (СУС) се користе на депонијама које продукују довољно гаса за производњу електричне енергије до 3 MW, при чему се најчешће користи 3 до 5 мотора мање снаге. Већи број мотора мање снаге практикује се због: променљиве количине доступног депонијског гаса током времена, могућности континуалне производње енергије у случају квара на неком од мотора, мањих трошкова одржавања итд.

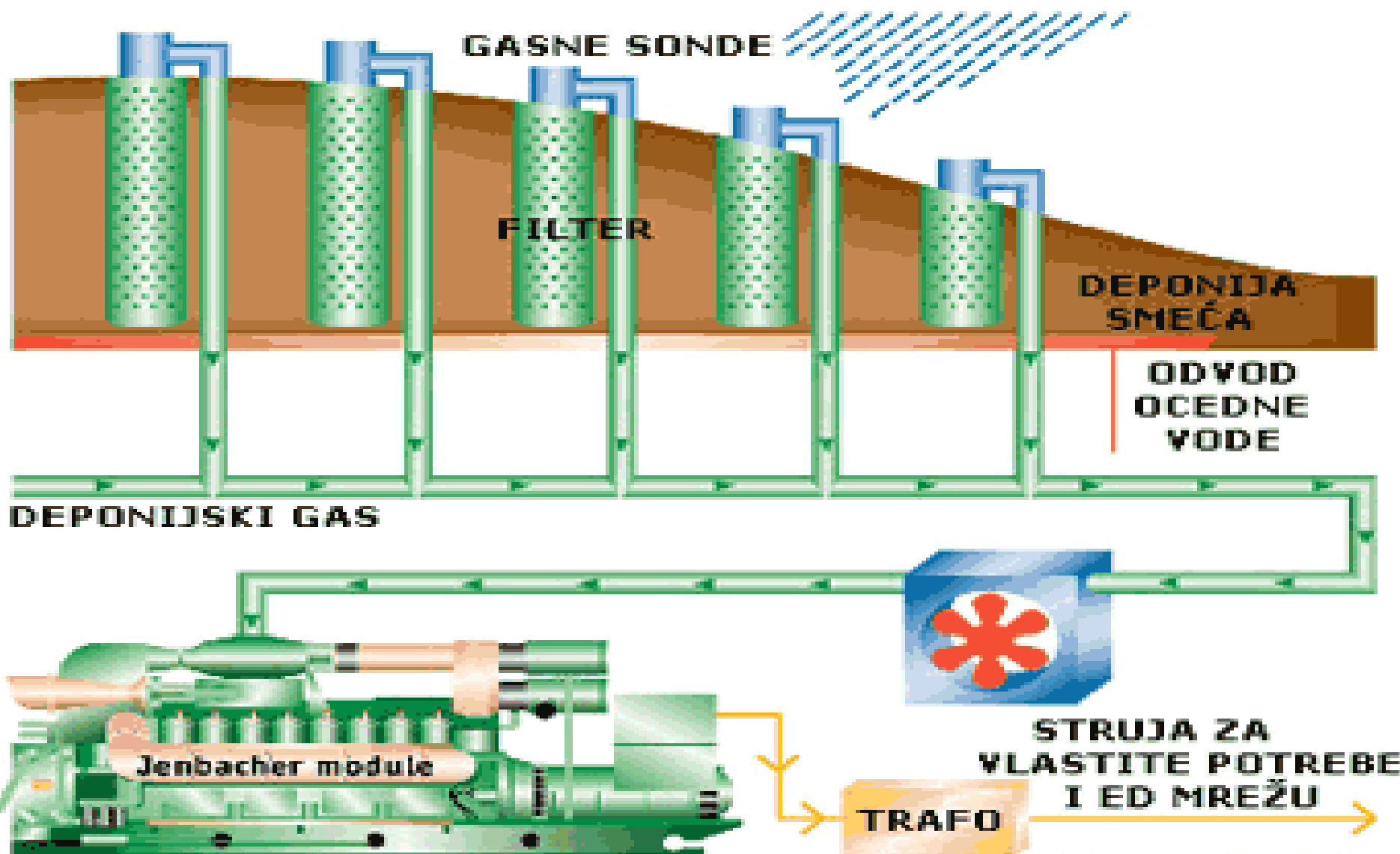
Продукција депонијског гаса је променљива током животног века депоније. Са већим бројем мотора мање снаге могуће је обезбедити искоришћење високог процента депонијског гаса укључивањем свих или само неких од расположивих мотора. У случају коришћења само једног мотора већег капацитета, због смањене продукције депонијског гаса, битно би утицало на смањење ефикасности рада мотора, услед чега би цена произведене енергије била већа.

# КАМИОНСКИ МОТОР GENERAL MOTORS V8, 95 kW





# СИСТЕМ САКУПЉАЊА ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА СА ЈЕНВАШЕР ГАСНИМ МОТОРОМ



# JENBACHER MOTOR CHARGE 1,4 MW



# ПОДЕЛА МОТОРА СУС

Мотори СУС се могу поделити у две основне групе у односу на начин рада и то на моторе са карбуратором и моторе са турбо пуњачем (Lean-burn). Опсег снаге мотора СУС је изузетно велик и креће се од 75 kW до 10 MW.

Мотори са турбо пуњачима сагоревају гас у присуству вишка ваздуха. Издувни гасови се користе за подизање притиска ваздуха који се убацује у гасну смешу а са повећањем притиска повећава се и излазна снага мотора.

Мотори са турбо пуњачем имају смањену потрошњу горива и емисије издувних гасова од мотора са карбуратором. Њихов основни недостатак су високе радне температуре и брзина стварања наслага силицијума што за резултат има значајно смањен радни век при повећаном броју обртаја.

# ПОДЕЛА МОТОРА СУС

Поред овога, за рад мотора је потребан и софистициранији компресор за напајање мотора депонијским гасом, који испоручује тачну количину гаса при тачно одређеном, повишеном, притиску.

Мотори са карбуратором сагоревају гориво у стехиометријском односу, тј. увлаче ваздух на атмосферском притиску у мотор ради сагоревања, а сагоревање се одвија у условима кад мотор увлачи само количину ваздуха потребну за потпуно сагоревање.

Основне предности карбураторских мотора огледају су: јефтиније и једноставније одржавање и раду оваквих мотора у односу на моторе са турбо пуњачима. Мотори са карбуратором су отпорнији на присуство нечистоћа у гасу а за снабдевање гасом користе се једноставнији компресори због нижег притиска на којем се гас сагорева.

# ПОДЕЛА МОТОРА СУС

Недостаци ових мотора су мања снага у односу на моторе са турбо пуњачем, као и повећане емисије издувних гасова и већи трошкови. Иако су веома зависни од радних услова и механичких подешавања, емисије азотових оксида ( $\text{NO}_x$ ) и угљен-моноксида ( $\text{CO}$ ) су релативно високе и веома променљиве код овог типа мотора чак и до неколико пута веће у односу на турбинске моторе.

Код турбинских мотора су већи инвестициони трошкови али су зато знатно ефикаснији приликом сагоревања гаса те имају повољнији однос цена излазна снага у односу на моторе са карбуратором.

Мотори са карбуратором сагоревају гориво у стехиометријском односу, тј. увлаче ваздух на атмосферском притиску у мотор ради сагоревања, а сагоревање се одвија у условима кад мотор увлачи само количину ваздуха потребну за потпуно сагоревање.

# ПОДЕЛА МОТОРА СУС

Основне предности карбураторских мотора су: јефтиније и једноставније одржавање и раду оваквих мотора у односу на моторе са турбо пуњачима. Мотори са карбуратором су отпорнији на присуство нечистоћа у гасу а за снабдевање гасом користе се једноставнији компресори због нижег притиска на којем се гас сагорева.

Недостаци ових мотора су мања снага у односу на моторе са турбо пуњачем, повећане емисије издувних гасова и већи трошкови. Емисије азотових оксида ( $\text{NO}_x$ ) и угљен-мооксида ( $\text{CO}$ ) су релативно високе и веома променљиве код овог типа мотора чак и до неколико пута веће у односу на турбинске моторе.

Код турбинских мотора су већи инвестициони трошкови али су зато знатно ефикаснији приликом сагоревања гаса те имају повољнији однос цена излазна снага у односу на моторе са карбуратором.

# КАРАКТЕРИСТИКЕ МОТОРА СУС

Животни век мотора СУС, уз редован сервис, може трајати и до 20 година. Уколико се мотори СУС користе за производњу електричне енергије, њихов степен ефикасности износи од 30 до 40% а при комбинованој производњи електричне и топлотне енергије укупна ефикасност мотора СУС износи око 80%.

Најоптималнији услови за имплементацију мотора СУС су у областима где законска регулатива која се односи на емисије загађујућих материја из отпадних гасова није строга и где су потребе за инсталираном снагом мотора мање од 5 MW. Код оваквих примена мотори СУС имају најмање инвестиционе трошкове од свих доступних технологија за производњу енергије.

Уколико су захтеви у погледу емисија строги или веома захтевни, где би накнадна обрада отпадних гасова постала економски неоправдана, у оваквим подручјима је боље користити гасне турбине или микро турбине које представљају чистије опције.



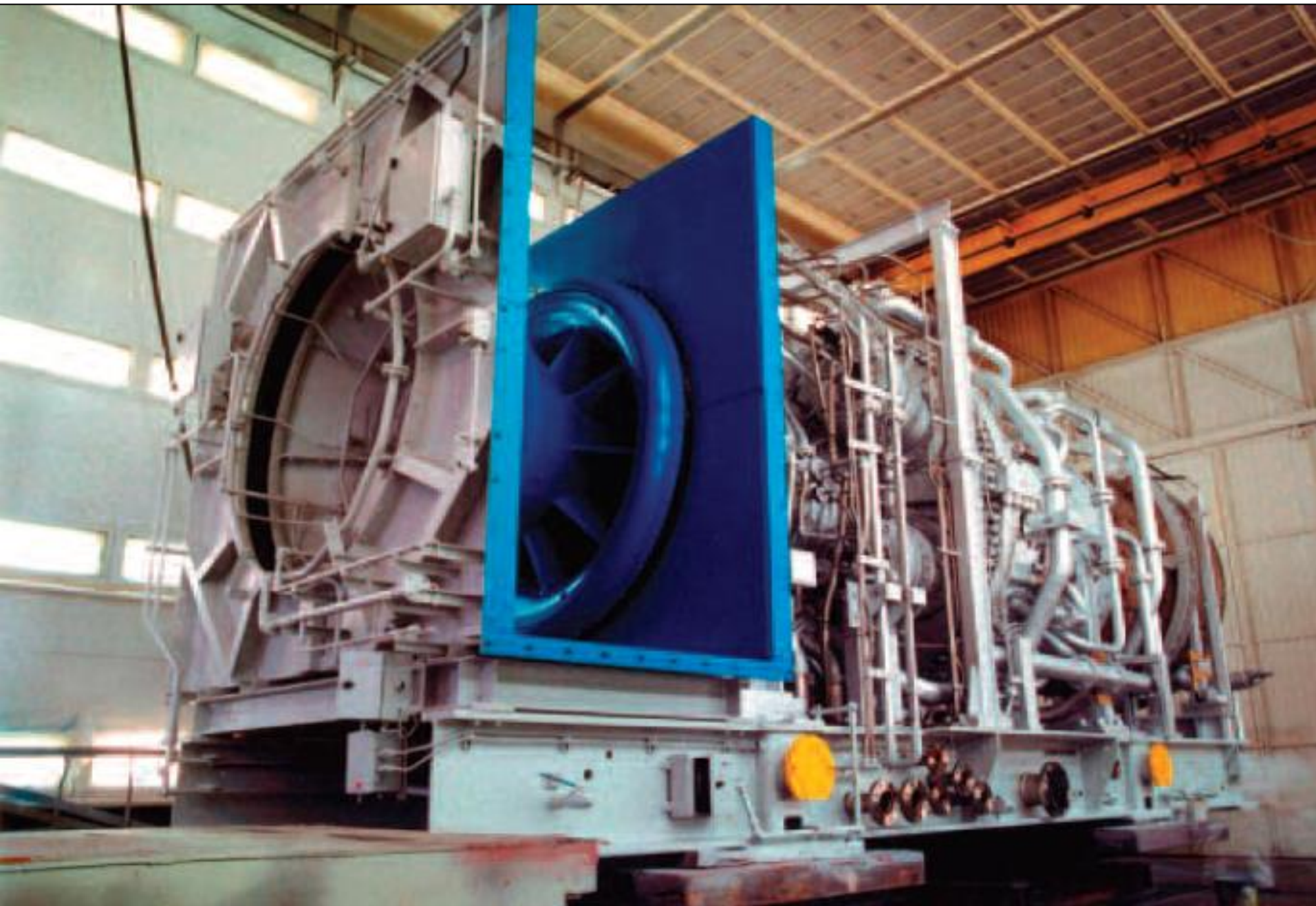
# ГАСНЕ ТУРБИНЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Гасне турбине користе вреле гасове за покретање турбинских лопатица. Снага гасних турбина за сагоревање депонијског гаса иде од 1 па до више од 100 MW, а најчешће су турбине снаге од 3 до 15 MW.

Техничке карактеристике су сличне као код мотора СУС али је нешто мањи степен ефикасности због паразитских оптерећења. За рад са нискоенергетским горивима извршене су значајне модификације код контроле система за гориво, тј. уграђено је двоструко више вентила, регулаторних вентила, ињектора, филтера и већи разводници за повећање протока депонијског гаса због нижег енергетског садржаја од природног гаса.

С обзиром да је ваздух потребан и за хлађење и за сагоревање, већина издувних гасова рециркулише и користи се као компресорски флуид што захтева употребу софистицираног компресора који може да обезбеди довољно висок притисак.

# ГАСНА ТУРБИНА



# РАД ГАСНИХ ТУРБИНА НА ДЕПОНИЈСКИ ГАС

Рад гасних турбина на депонијски гас се разликује од рада на природни гас. Гасне турбине на природни гас имају степен ефикасности од 25 до 40% а кад се турбина користи за когенерацију, укупна ефикасност може да буде и до 80%. Гасне турбине на депонијски гас имају за око 10% мањи степен ефикасности и излазну снагу. Ефикасност турбине опада са смањењем оптерећења али су губици услед смањења енергетског потенцијала мањи у односу на моторе СУС.

Како турбине за рад користе компримовани ваздух а паразитска оптерећења компресора у просеку износе око 17,5% од укупног капацитета турбине (код мотора СУС 7,1%), било какво смањење ефикасности рада компресора има значајан штетан утицај на ефикасност рада турбине и њену номиналну снагу. Емисије загађујућих материја кроз отпадне гасове код турбина су неколико пута мање него код мотора СУС. Гасне турбине су карактеристичне за локације које производе више од 3 MW електричне енергије.

# ПРОИЗВОДЊА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ПОМОЋУ МИКРОТУРБИНА

Дизајн микротурбина омогућава сагоревање гасова са веома ниским енергетским садржајем чак до доње границе концентрације метана у гасу од 35 %. Већина микротурбина има размењиваче топлоте који користе топлоту отпадних димних гасова за побољшање ефикасности рада. За рад микротурбине неопходан је и компресор за припрему депонијског гаса, као и опрема за његово пречишћавање, што додатно подиже цену инвестиционих трошкова.

Микротурбине имају релативно низак степен ефикасности претварања електричне енергије који се креће у границама од 20 до 30% а уколико се врши когенерација укупна ефикасност може да се креће од 60 до 80%. Употребом нискоенергетских горива ефикасност микротурбине ће бити ближа доњој граници овог опсега.



# МИКРОТУРБИНЕ



# КАРАКТЕРИСТИКЕ МИКРОТУРБИНА

Укупни инвестициони трошкови за микротурбине на депонијски гас су углавном за 25 до 30% већи а трошкови одржавања, пречишћавања гаса и други оперативни трошкови могу бити и до 50% већи у односу на микротурбине на природни гас.

Микротурбине имају изузетно ниски садржај загађујућих материја у димним гасовима а само гориве ћелије и Стирлингови мотори имају ниже емисије од микротурбина. Микротурбине на депонијски гас се веома често користе за мале капацитете производње електричне енергије или мала когенеративна постројења. Идеалне су за мале пројекте у пределима где је строга законска регулатива и где би се за моторе СУС отпадни гасови морали додатно пречишћавати.

Најпогодније су за производњу електричне енергије капацитета мањих од 300 kW, где је, због флексибилности, могуће користити више јединица. Међутим, употребом микротурбина за сагоревање депонијског гаса многи пројекти нису испунили очекивања због висине трошкова пречишћавања гаса и одржавања турбина.

# ДИРЕКТНО ИСКОРИШЋЕЊЕ ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА

Директно искоришћење депонијског гаса врши се на трећини активних енергетских постројења у САД и то у: котловима, сушарама, пећима итд. Посебно су интересантне могућности коришћења депонијског гаса са мањих депонија, чији су капацитети недовољни за индустријску производњу али могу обезбедити довољне количине енергије за мање радионице попут керамичких и стакларских атељеа, загревање стакленика и слично.

Метан из депонијског гаса са депонија великог капацитета, нпр. код милионских градова користи се у аутомобилској, хемијској, прехранбеној индустрији, производњи цемента и опеке и других енергетски захтевних постројења. Директно искоришћење углавном представља ефективно решење са аспекта трошкова уколико је постројење-потрошач удаљено до 8 километара од депоније. У САД су се поједина постројења лоцирала поред депонија ради ефикасног искоришћења депонијског гаса као обновљивог извора енергије јер је исплативији од природног гаса.



# ИНФРАЦРВЕНЕ ГРЕЈАЛИЦЕ НА ДЕПОНИЈСКИ ГАС

Инфрацрвене грејалице су идеалан избор за грејање простора у непосредној близини депоније. Оне производе топлотну енергију у виду инфрацрвених таласа који не греју ваздух већ површину на коју су усмерени а затим та површина ослобађа топлотну енергију у околни ваздух.

То су умерени потрошачи са потрошњом у опсегу од 20 до 50 m<sup>3</sup>/h и снаге у опсегу од 10 до 50 kW. За рад инфрацрвених грејалица није потребан третман гаса, осим у случају изузетно високе концентрације нечистоћа као што су нпр. Силоксани, које је потребно уклонити како не би дошло до оштећења грејалице. Цена инфрацрвених грејалица зависи од површине простора за грејање. За површине од 45 до 75 m<sup>2</sup> цена грејалица износи од 2.500–3.000 €. Као додатни трошак треба урачунати и цену инсталације за довод гаса до грејалице, што може да износи и до 30.000 €.

# ИНДУСТРИЈСКА ЦЕВНА ИНФРАЦРВЕНА ГРЕЈАЛИЦА



# БАКЉЕ ЗА САГОРЕВАЊЕ ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА

Бакље за сагоревање су саставни део система за сакупљање и искоришћење депонијског гаса. Када се гас не користи у енергетске сврхе тада се спаљује а код постојења за енергетско искоришћење бакља користи за сагоревање вишка метана који не може да се искористи или у случају квара или одржавања генератора да би се спречило емитовање метана у атмосферу.

Предуслови за сагоревање гаса на бакљи су:

- концентрација метана у депонијском гасу већа од 20%,
- концентрација кисеоника мања од 5%,
- температура сагоревања мора бити већа од 850<sup>0</sup>С.

Да би се користила за сагоревање гаса на депонији бакља мора да задовољи неколико карактеристика међу којима су:

- флексибилност (могућност рада при различитим протоцима гаса),
- брзина реаговања (употреба опреме за аутоматизовано пуштање у рад и гашење бакље) и
- поузданост.

# БАКЉЕ ЗА САГОРЕВАЊЕ ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА



# УПОРЕДНИ ПРИКАЗ ТРОШКОВА ЗА РАЗЛИЧИТЕ ОБЛИКЕ КОРИШЋЕЊА ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА

	ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА		
	ИНФРАЦРВЕНА ГРЕЈАЛИЦА	МИКРОТУРБИНА	МОТОР СУС	ГАСНА ТУРБИНА
ОПСЕГ УПОТРЕБЕ	/	≤ 1 MW Типично: 30 - 300 MW	100 kW – 10 MW	≥ 3 MW
СТЕПЕН ЕФИКАСНОСТИ* [%]	81	18 - 27	22 - 40	22 - 36
СТЕПЕН ЕФИКАСНОСТИ У КОГЕНЕРАТИВНОМ ПОСТРОЈЕЊУ [%]		65 - 75	70 - 80	70 - 75
ЕМИСИЈА NO <sub>x</sub> и CO	/	NO <sub>x</sub> < 25	NO <sub>x</sub> ~ 50-225 CO ~ 43-550	NO <sub>x</sub> ~ 11-174 CO ~ 15-1300

\*СТЕПЕН ЕФИКАСНОСТИ ИЗРАЧУНАТ ПРЕМА ГОРЊОЈ ТОПЛОТНОЈ МОЋИ ГОРИВА.

# УПОРЕДНИ ПРИКАЗ ТРОШКОВА ЗА РАЗЛИЧИТЕ ОБЛИКЕ КОРИШЋЕЊА ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА

	ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА		
	ИНФРАЦРВЕНА ГРЕЈАЛИЦА	МИКРОТУРБИНА	МОТОР СУС	ГАСНА ТУРБИНА
ИНВЕСТИЦИОНИ ТРОШКОВИ [\$/kW]	≈ 60 \$/m <sup>2</sup>	2400 - 3000	1100 - 2200	950 - 1500
ТРОШКОВИ РАДА И ОДРЖАВАЊА [с/kW]	-	0,8 - 2	0,8 – 2,5	0,6 – 1,1
ПОТРЕБАН ПРОТОК ГАСА ЗА РАД [m <sup>3</sup> /h]	20 - 50	34 - 340	510 - 1870	Мин. проток ≥ 2200 Типичан проток ≥ 3570

# УПОРЕДНИ ПРИКАЗ ТРОШКОВА ЗА РАЗЛИЧИТЕ ОБЛИКЕ КОРИШЋЕЊА ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА

	ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА		
	ИНФРАЦРВЕНА ГРЕЈАЛИЦА	МИКРОТУРБИНА	МОТОР СУС	ГАСНА ТУРБИНА
БРОЈ РАДНИХ САТИ ДО СЕРВИСА	/	20.000-40.000	25.000-60.000	25.000-50.000
ПОТРЕБАН ПРИТИСАК ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА [bar]	0,03 - 0,04	3,45 – 5,52	0,07 – 3,10	6,89 – 34,50
УПОТРЕБА ОТПАДНЕ ТОПЛОТЕ	/	Грејање, топла вода, водена пара ниског притиска	Топла вода, водена пара ниског притиска	Грејање, топла вода, водена пара ниског и високог притиска



# ПРЕДНОСТИ

ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА		
ИЦ ГРЕЈАЛИЦА	МИКРОТУРБИНА	МОТОР СУС	ГАСНА ТУРБИНА
<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> потребан низак степен пречишћавања депонијског гаса (уклањање влаге и филтрација крупнијих честица),</li><li><input type="checkbox"/> релативно ниска цена,</li><li><input type="checkbox"/> једноставност постављања,</li><li><input type="checkbox"/> не захтева велике количине гаса,</li><li><input type="checkbox"/> може да се користи паралелно са другим технологијама искоришћења депонијског гаса.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> мали број покретних делова, компактних димензија и мале масе,</li><li><input type="checkbox"/> није потребно хлађење, ниске емисије загађујућих супстанци,</li><li><input type="checkbox"/> ради при малим протоцима гаса и при ниским концентрацијама метана,</li><li><input type="checkbox"/> брзо и лако се покреће.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> висока ефикасност при делимичним оптерећењима,</li><li><input type="checkbox"/> добро поклапање снаге мотора са количинама депонијског гаса,</li><li><input type="checkbox"/> брз старт,</li><li><input type="checkbox"/> релативно мале инвестиције,</li><li><input type="checkbox"/> може да ради при ниским притисцима гаса,</li><li><input type="checkbox"/> може лако да се пребаци на другу локацију.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> висока поузданост,</li><li><input type="checkbox"/> ниске емисије загађујућих супстанци,</li><li><input type="checkbox"/> није потребно хлађење,</li><li><input type="checkbox"/> отпорнија на корозију,</li><li><input type="checkbox"/> релативно малих димензија,</li><li><input type="checkbox"/> трошкови опадају са повећањем капацитета.</li></ul>

# МАНЕ

ТОПЛОТНА ЕНЕРГИЈА	ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА		
ИНФРАЦРВЕНА ГРЕЈАЛИЦА	МИКРОТУРБИНА	МОТОР СУС	ГАСНА ТУРБИНА
<ul style="list-style-type: none"><li>□ сезонска употреба ограничава примену ових уређаја у топлијем делу године,</li><li>□ осетљивост на присуство силоксана у гасу.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>□ захтева висок степен пречишћавања депонијског гаса пре употребе,</li><li>□ релативно низак степен ефикасности,</li><li>□ ограничена на когенеративна постројења са нижом температуром,</li><li>□ исплативост под знаком питања на локацијама где је ниска цена електричне енергије,</li><li>□ потребан компресор за снабдевање депонијским гасом</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>□ релативно висока цена одржавања,</li><li>□ релативно високе емисије загађујућих супстанци,</li><li>□ ограниченост на когенеративне процесе са нижом температуром,</li><li>□ мора да се хлади иако се отпадна топлота не користи,</li><li>□ висок ниво нискофреквентне буке,</li><li>□ исплативост под знаком питања на локацијама где је ниска цена</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>□ пад ефикасности при парцијалним оптерећењима,</li><li>□ захтева висок степен компресије гаса,</li><li>□ висок степен паразитских оптерећења,</li><li>□ исплативост под знаком питања на локацијама где је ниска цена електричне енергије,</li><li>□ губитак снаге при повећању амбијенталне</li></ul>

# УПОРЕДНИ ПРИКАЗ ТЕХНОЛОГИЈА ЗА ИСКОРИШЋЕЊЕ ДЕПОНИЈСКОГ ГАСА

Потенцијал енергетског искоришћења депонијског гаса условљен је: количином и саставом отпада, локацијом и карактеристикама депоније, стимулативним мерама подршке производњи енергије из обновљивих извора итд., што значи да не постоје универзална решења већ да се свака депонија мора посматрати појединачно.

Резултати процене енергетског потенцијала депонијског гаса добијени детаљним анализама неколико депонија у Србији указују да је реалан енергетски потенцијал депонијског гаса далеко мањи од максималног и очекиваног због неадекватних мера управљања депонијама.

Уколико се и у даље систем управљања отпадом у Србији буде базирао на депоновању отпада, регионализацији и изградњи санитарних депонија, енергетски потенцијал депонијског гаса ће се повећавати, захваљујући повољнијим условима продукције метана.

Са друге стране примена Уредбе о депоновању отпада, према којој је неопходно у наредном периоду постепено смањивати одлагање органског отпада имаће негативан утицај на енергетски потенцијал депонијског гаса.

# ИСКУСТВА И ПРЕПОРУКЕ

Европска искуства показују да депоније са минимум 200 тона одложеног комуналног отпада дневно, са пријемним капацитетом од 500.000 m<sup>3</sup> отпада, са временом одлагања отпада близу 10 година и висином одложеног отпада од минимум 10 метара, уз присутну тржишну цену испоручене електричне енергији реда 0,05 еура за 1 kWh могу бити основ за инвестиционо улагање у систем за сакупљање депонијског гаса и производњу електричне енергије.

У случају земаља потписница Кјото протокола, протоколом су дефинисани механизми који омогућавају имплементацију пројеката путем Механизма чистог развоја. Поменути пројектним механизмом омогућено је да индустријски развијене земље, инвестиционо, путем трансфера технологија имплементирају пројекте на територијама земаља у развоју, уз одобрење тих земаља, са главним циљем редукције емисије гасова са ефектом стаклене баште, у које, као што смо навели спада и метан у депонијском гасу. У случају комуналних предузећа у Србији, то је још један прихватљив пут за решавање негативног утицаја незаобилазног генерисања депонијског гаса на квалитет ваздуха, подземних вода и присутну глобалну промену климе којој смо сви ми свакодневни сведоци.