



**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**

**8. ГАСОВИТО И ЧВРСТО**  
**ГОРИВО ИЗ ТРЕТМАНА**  
**ОТПАДНИХ ВОДА**

# УВОД

Све употребљене воде: комуналне, индустријске или пољопривредне, потребно је прикупити и третирати као отпадну воду те је на одговарајући начин обрадити и одвести у водотокове без штетних последица за животну средину и без нарушавања природног кружног тока воде.

Вода загађена, на било који начин, током употребе представља отпадну воду. У општем случају је загађена раствореним и нерастворним органским и неорганским материјама, и микроорганизмима. Независно од тога како и где настају, отпадне воде се морају пречистити, уколико њихов квалитет излази изван законом предвиђених оквира.

Надлежни државни органи доносе норме квалитета и квантитета отпадних вода, са основним циљем да заштите сопствене водне ресурсе и земљиште од потенцијалног загађења, до кога може доћи при њиховом неконтролисаном испуштању у животну средину.

# ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ОТПАДНИХ ВОДА

Отпадне воде су воде које су прошле кроз неки употребни циклус и постале штетне по животну средину. По месту настанка деле се на санитарне и индустријске чијим мешањем настају комуналне отпадне воде. Постоје и атмосферске отпадне воде, које се после падавина прикупљају и одводе у одређени природни реципијент. Све отпадне воде се карактеришу квалитетом и количинама, што зависи од: поднебља, људске делатности, степена развоја, културе, навика људи итд. Постоје и одређене сличности у квалитету, између санитарних и атмосферских отпадних вода као и са индустријским отпадним водама појединих сродних индустријских грана.

Количина отпадних вода зависи од укупне потрошње воде коју прописује држава путем планских докумената кроз тзв. норме потрошње воде. Тако се могу правити планови о укупно потребним капацитетима за водоснабдевање и за пречишћавање отпадних вода.

У оквиру норме потрошње воде, обично се утврђују следећи приближни удели: 45% користе домаћинства, 30% индустријска потрошња и 25% комерцијала, јавна потрошња и губици на мрежи. На основу норме потрошње и процењених количина воде, може се претпоставити да скоро 80% од укупне количине воде, одлази као отпадна вода.

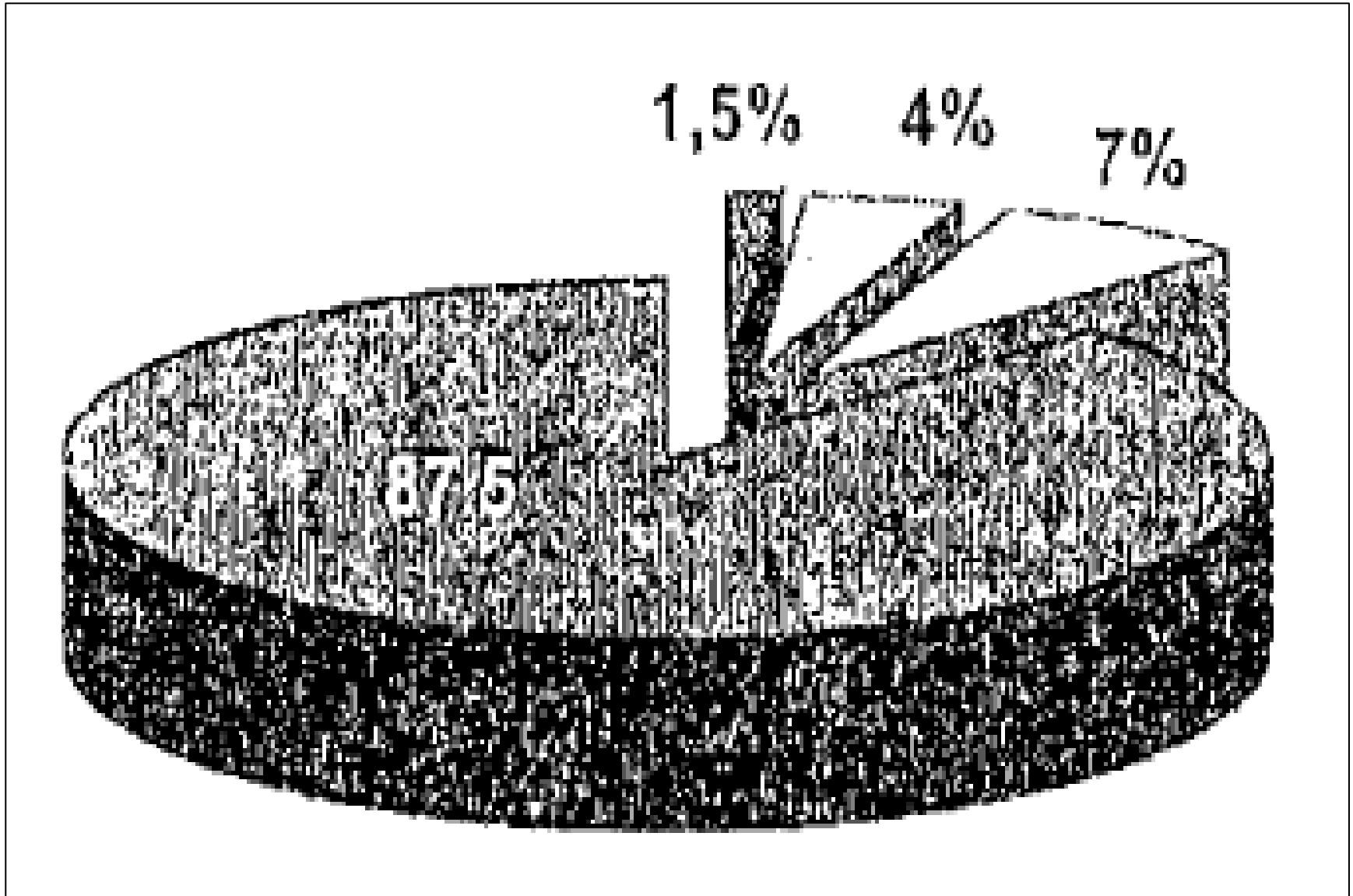
# ОТПАДНЕ ВОДЕ У СРБИЈИ

На примеру Србије, где се услед негативних промена привредног развоја, са некадашњих претпоставки да ће у другој деценији двадесет првог века норма потрошње по становнику бити 600 литара на дан, тренутно се троши приближно 200 литара на дан.

Чак и са тако смањеном потрошњом у односу на предвиђања, услед слабије развијености комуналне инфраструктуре и чињенице да је у овом тренутку тек око 33% становништва повезано на градску канализациону мрежу, свакога дана се неконтролисано у земљиште излије и до милион кубних метара отпадне воде.

Остатак, воде који се прикупи кроз градске канализационе системе, услед веома малог броја функционалних постројења за пречишћавање отпадних вода испушта се у водотокове без икаквог третмана.

# ИЗГРАЂЕНА ПОСТРОЈЕЊА ЗА ТРЕТМАН ОТПАДНИХ ВОДА У СРБИЈИ



# ПОСТРОЈЕЊА ЗА ТРЕТМАН ОТПАДНЕ ВОДЕ У СРБИЈИ

Тек негде око 1,5% потреба у погледу пречишћавања отпадних вода у Србији се преради на задовољавајући начин. Са примарним степеном обраде се пречисти око 4%, док је преко 7% некада инсталираних капацитета, због нестручног руковања и непознавања процеса, прекинуло са радом или није до краја изграђено и пуштено у рад.

Остатак од готово 87,5% није ни разматран, тако да се вода испушта без икаквог третмана што наноси огромну штету животној средини а третман отпадних вода је постао огледало цивилизацијског нивоа људског друштва.

Са једне стране постоји огроман технички и финансијски проблем да се ово реши а са друге стране постоји огромно тржиште за оне који се овом проблематиком баве или желе да у њеном решавању учествују.

# ОТПАДНЕ ВОДЕ ИЗ ДОМАЋИНСТВА

Да би се приступило третману отпадних вода, неопходно је познавати место где отпадне воде настају или се прикупљају, њихове количине и физичко-хемијске и биолошке карактеристике.

Квалитетно описивање отпадне воде, са што већим бројем параметара и њихових промена током времена је предуслов за правилан избор технологије која ће се применити за њено пречишћавање.

Отпадне воде из домаћинства су загађене хуманим отпадом (фецес и урин), отпадом од припреме оброка, прања рубља и хигијенског одржавања стамбеног простора. Садрже: праве растворе, колоидне растворе-неталоживе материје, суспендоване и пливајуће материје (делимично уситњен фецес, папир, биљне делове). Сличног су састава и штетне су због присуства патогених микроорганизама, првенствено хуманог порекла (фецес, урин, мукус), средстава за дезинфекцију и тензида. Количина зависи од величине насеља и потрошње воде по глави становника.

# ИНДУСТРИЈСКЕ ОТПАДНЕ ВОДЕ

Разноврсне су по својим карактеристикама због порекла, тј. врсте присутног загађења али имају степен загађења чак и неколико стотина пута већи од санитарних отпадних вода, што зависи од типа индустрије и количина произведених отпадних вода.

Технолошке промене довеле су до промене компонената које се испуштају, па се и карактеристике отпадних вода мењају, тј. постају све загађеније. Хемијска и фармацеутска индустрија имају највећи степен потрошње али и загађења воде.

Пре испуштања у природне водотокове, индустријске отпадне воде се обавезно морају пречистити до законом прописаног нивоа.



# ИНДУСТРИЈСКЕ ОТПАДНЕ ВОДЕ

Пре испуштања у градску канализацију, морају се у кругу индустријског погона пречистити до нивоа којим неће значајно нарушити квалитет санитарних отпадних вода са којима се мешају у канализационом систему (предтретман индустријских отпадних вода).

Ово се мора урадити пошто велики број једињења генерисаних у индустрији тешко може да се преради на постројењима за пречишћавање комуналних отпадних вода. Ниво квалитета до којег се морају пречистити, прописују локалне власти, на подручју где се индустријски погон налази а у складу са постојањем и квалитетом система за пречишћавање комуналних (градских) отпадних вода.

# УПОРЕДНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ОТП. ВОДА НАСЕЉА И ИНДУСТРИЈЕ

КАРАКТЕРИСТИКА	ОТПАДНЕ ВОДЕ НАСЕЉА	ОТПАДНЕ ВОДЕ ИНДУСТРИЈЕ
1 - НАСТАНАК	Делатности у домаћинству и фекалије.	У индустријским погонима због уклањања опада и растура сировина и производа.
2 - КОЛИЧИНА	Условљена животним стандардом, ограничено варира.	Условљена врстом индустрије, јако варира.
3 – ФИЗИЧКА СВОЈСТВА	Уједначена.	Јако варирају.
4 – ХЕМИЈСКИ САСТАВ	Уједначен: преовлађују биоразградиве материје.	Веома различит: од биоразградивих, преко бионеразградивих до токсичних материја.
5 - РЕАКЦИЈА	Неутрална или слабо базна.	Јако се разликује.
6 – ТОКСИЧНОСТ	Није карактеристична.	Изражена је у различитом степену.
7 – ХИГИЈЕНСКИ ЗНАЧАЈ	Опште санитарни и епидемиолошки.	Обично санитаран, често токсиколошки а ређе епидемиолошки.
8 – ПОСТУПАК ПРЕЧИШЋАВАЊА	Механички и биолошки са дезинфекцијом.	Веома различити: механички, хемијски, биолошки, комбинације.

# КОЛИЧИНЕ ОТПАДНИХ ВОДА

При одређивању количине отпадне воде, треба узети у обзир све могуће утицајне параметре а основни су: број становника, географски положај региона, развијеност и делатност друштва, климатски услови и стање инфраструктуре.

Такође, везано за стање инфраструктуре, може се јавити инфилтрација, било из канализационих система ка земљишту или инфилтрацијом подземних вода у канализациони систем. Инфилтрација подземних вода повећава квалитет отпадних вода јер их разблажује али истовремено захтева веће капацитете за прераду. Понекад повећање квалитета лоше утиче на рад система који захтева одређену минималну количину загађења за рад у континуитету и задржавање ефикасности када се промене услови и погорша квалитет долазеће отпадне воде.

Зависно од мерења и представљања података ниво инфилтрације се креће у границама: 200 - 2,800 lit/(ha x dan) или 8,600 — 24,000 lit/(km cevovoda x dan) и са тим треба рачунати при градњи система за третман отпадних вода.

# КОЛИЧИНЕ ОТПАДНИХ ВОДА

У зависности од активности становништва, количина отпадне воде може варирати, па је неопходно познавати следеће величине:

- средња дневна количина - добија се на основу годишњих биланса и важан је параметар за пројектовање система;
- максимална дневна количина - одређује се праћењем промена дневне количине отпадне воде, у току 24 часа, током годишњег циклуса. Служи за одређивање времена задржавања воде у систему, што је важна величина за већину технолошких поступака;
- минимална дневна количина - одређује се на основу годишњег биланса за укупно 24 часа са најмањим вредностима количине отпадне воде. Битан параметар за пројектовање система где се суспендовани чврсти материјал мора односити са водом из система, да не би дошло до њиховог таложења на нежељеним местима.

# ПРОСЕЧНА ПОТРОШЊА ВОДЕ У ДОМАЋИНСТВУ И У ИНДУСТРИЈИ

За приближно предвиђање количине воде коју треба пречистити на постројењу за пречишћавање, могу послужити подаци о потрошњи воде, која се креће у широком опсегу, као што је дато у табели.

ОБЛАСТ	Јединица мере за коју се вода потроши	Количина потрошене воде
<b>ЉУДСКЕ АКТИВНОСТИ</b>		
Пиће, кување, прање	човек/дан	20 – 30 литара
Прање рубља	човек/дан	10 – 15 литара
Купање у кади	једно	150 – 200 литара
Прање аутомобила	једно	200 – 300 литара
Прање улица и заливање паркова	1 m <sup>2</sup>	2 – 3 литра
<b>ИНДУСТРИЈА</b>		
Шећеране	100 kg шећерне репе	1,5 – 2 m <sup>3</sup>
Кланице	1 заклано говече	4 – 5 m <sup>3</sup>
Млекаре	1 литар млека	3 – 6 литара
Пиваре	1 литар пива	5 – 10 литара
Фабрика целулозе	1 kg букове целулозе	око 400 литара
Фабрика папира	1 kg финог папира	400 – 600 литара

# КАРАКТЕРИСТИКЕ ОТПАДНИХ ВОДА

Карактеристике отпадних вода могу се поделити у четири основне групе, и то:

1. физичке карактеристике (укупна сува супстанца, укупне суспендоване супстанце, укупне растворене супстанце, инертне и испарљиве супстанце);
2. хемијске карактеристике (укупан азот, укупан фосфор, органске супстанце...);
3. биолошке карактеристике (бактеријски индикатори, укупан број колиформних бактерија, број фекалних колиформних бактерија и број фекалних стрептокока) и
4. специфични индикатори загађености (биохемијска и хемијска потрошња кисеоника, укупни садржај угљеника и број еквивалентних становника, ES).

# ПРОЦЕСИ, ОПЕРАЦИЈЕ, ЛИНИЈЕ И СИСТЕМИ ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА

У третману отпадних вода користе се технолошке операције и механички, хемијски и биолошки процеси.

У операцијама, присутно загађење се уклања задржавајући првобитан хемијски састав а евентуално му се може променити агрегатно стање. Користе се све врсте сепарационих процеса: сита, решетке, таложници, флотациони уређаји, евапоратори-испаривачи, апсорпционе технике итд.

У процесима присутно загађење трпи хемијску промену и то:

- хемијским или физичко-хемијским трансформацијама и поступцима за пречишћавање (најчешће разградња до минералног облика или превођење у лако издвојиви гасовити или таложни чврст облик) и
- микробним метаболизмом код биохемијских поступака пречишћавања.

Линије за пречишћавање отпадних вода су специфичан скуп појединачних процеса и операција који омогућава уклањање једне врсте загађења (нпр. пливајућег, лебдећег, суспендованог, раствореног, органског и другог...).

Систем за пречишћавање отпадних вода обухвата више појединачних линија за пречишћавање отпадних вода са задатком да се из отпадне воде уклоне сви облици присутног загађења, при чему се, пре свега, мисли на технолошку опрему, машине и апарате који се користе за пречишћавање одређене отпадне воде.

# ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА

Постројење обухвата примењене системе, објекте и пратећу инфраструктуру као што су: објекти, прилазни путеви, зелене површине, лабораторија, техничке радионице и управне зграде.

Да би се обликовао један систем за пречишћавање отпадних вода потребно је:

- одабрати одговарајуће процесе и операције;
- формирати линије обраде од одабраних процеса и операција;
- формирати систем за обраду низањем линија обраде у технолошку целину.

Основни задатак при пројектовању постројења је правилан избор основних процеса и операција за шта је потребно располагати низом података од којих су најбитнији:

- подаци о карактеру отпадних вода (врсти, хидрауличном и биолошком оптерећењу);
- захтеване норме за степен пречишћене воде пре испуштања у реципијенте;
- технолошке норме за пројектовање;
- законске норме за пројектовање.



# **ВРСТЕ ЛИНИЈА ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА**

Након избора основних процеса и операција помоћу за захтевани степен пречишћавања отпадне воде, формира се линија за обраду према потребном степену обраде.

У инжењерској (пројектантској) пракси говори се о следећим степенима обраде отпадних вода:

- први степен обраде (примарно пречишћавање): операције механичког пречишћавања за уклањање пливајућег, лебдећег и таложивог загађења;
- други степен обраде (секундарно пречишћавање): процеси за уклањање биоразградивог загађења биолошким, хемијским и/или физичко-хемијским процесима, (у пракси је секундарна обрада синоним за биолошко пречишћавање);
- трећи степен (терцијерно пречишћавање): процеси за уклањање нутријената (азота и фосфора), биолошким или хемијским процесима;
- четврти степен (кватернерно пречишћавање): процеси и операције за уклањање преосталог загађења (филтрацијом и апсорпцијом) и дезинфекција воде ако то норме пречишћавања захтевају.

# СИСТЕМИ ЗА МУЉ И ОТПАДНЕ ВОДЕ

Систем за обраду муља обрађује муљ издвојен у првом и другом (понегде и у трећем и четвртом) степену пречишћавања а може бити у склопу система за пречишћавање отпадне воде или се ређе може налазити дислоциран на неком другом погодном месту.

Систем за пречишћавање отпадних вода се образује помоћу формираних линија за пречишћавање а колико линија ће један систем обухватати зависи од карактеристика отпадних вода и нормираног нивоа пречишћавања. Избор система зависи од захтеваног капацитета, који може бити од неколико стотина, хиљада, десетина и стотина хиљада ЕС.

Постројења до 500 становника и истог броја ЕС из индустрије су малог капацитета и испоручују се као готова са описом и упутством за рад. У зависности од капацитета поједине земље нормирају квалитет пречишћене воде, па што је постројење већег капацитета, захтеви у погледу квалитета ефлуента су строжији. Квалитет ефлуента се одређује по садржају хемијске и биолошке потрошње кисеоника и укупних суспендованих честица. Ако се сумња да се у отпадној води могу наћи и нека специфична загађења, додатно се проверавају.

# ПРЕТХОДНА ОБРАДА ОТПАДНЕ ВОДЕ

Пре приступа пројектовању система за насеља и индустрију треба размотрити потребу претходне обраде отпадне воде у сваком поједином погону. Прописују се норме загађености отпадне воде за испуштање у канализацију. Ако се премаше, треба поставити систем претходне обраде.

ПРЕТХОДНА ОБРАДА отпадне воде врши се у самом погону ради спречавања негативног утицаја индустријских отпадних вода, како на постројење за пречишћавање, тако и на канализациони систем. Толеришу се повећана загађења биоразградивим супстанцама у односу на комуналне отпадне воде али се морају кориговати сви параметри штетног утицаја, а посебно токсичне материје. Један од тих параметара је и термичко загађење, које се често неоправдано занемарује.

# ЛИНИЈА ОБРАДЕ МУЉА

Муљ је већим делом органског састава и подложен је процесима труљења. Зато се пре коначног одлагања мора стабилизоваћ па следи да линија обраде муља укључује пре свега поступке стабилизације.

Најрационалнији начин решавања проблема муља је директно коришћење. Ако муљ не садржи биолошки штетне (токсичне) супстанце може се искористити за ђубрење и ремедијацију загађених површина, депонија шљаке итд. За пољопривреду се постављају строги захтеви у погледу садржаја тешких метала, пестицида и детерџената и инфективних микроорганизама. Проблеми инфективности муља се решавају стерилизацијом присуство токсичних супстанци се може решити уз значајне економске издатке. При планирању изградње постројења мора се рачунати на 40% инвестиционих трошкова за обраду муља. У пракси, најчешћи поступци стабилизације муља су:

- биолошка разградња органске компоненте муља у течном облику;
- биолошка разградња органске компоненте у сувом стању (компостирање);
- одлагањем на земљиште ради ђубрења;
- сушење или спаљивање.

Степен и врста обраде муља зависи од његовог састава и захтеваних норматива.

# ТИПИЧАН ХЕМИЈСКИ САСТАВ МУЉЕВА КОМУНАЛНИХ ОТПАДНИХ ВОДА

Концентрација, %mas у СМ (Суспендоване Материје)	Примарни муљ	Активни муљ	Анаеробно преврели муљ
Органски састојци	60 - 80	60 - 75	45 - 60
Укупни пепео	20 - 40	25 - 40	40 - 55
Протеин (Nx 6,25)	20 - 30	30 - 40	15 - 20
Уља и масти	6 - 35	5 - 12	3 - 20
Целулоза	5 - 15	5 - 15	5 - 15
Азот	2 - 4	2 - 6	1,5 - 4
Фосфор (као P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1 - 3	2 - 7	1,5 - 4
Калијум (као K <sub>2</sub> O)	0 - 1	0 - 2	0 - 2

# КОЛИЧИНЕ ДОБИЈЕНОГ ГАСА

НАЧИН ПРЕЧИШЋАВАЊА ВОДЕ		Количине гаса (l/s dan)
Механичко пречишћавање		18 - 22
Биолошко пречишћавање	Активни муљ	28 - 32
	Биофилтар	24 - 28
Потпуно биолошко пречишћавање		25 - 30

## АНАЕРОБНА РАЗГРАДЊА/ВРЕЊЕ

У процесу анаеробне разградње органске материје настаје гас који је мешавина приближно 55-75% метана и 25-45% угљен-диоксида са примесима кисеоника, угљенмоноксида, водоник сулфида, азота, водене паре и амонијака.

Специфична производња гаса из органских материја зависна је од састава ових материја и код муља из комуналних отпадних вода износи око 0,9 до 1,1 Nm<sup>3</sup> биогаса по 1 kg издвојене органске суве материје.

Приликом процеса анаеробног врења добије се више енергије него што се утроши. Добијена енергија је хемијска енергија биогаса, доње топлотне моћи 19.700 до 26.870 kJ/Nm<sup>3</sup>, зависно од састава. Биогас се сагоревањем у котловима користи за производњу топлотне енергије, а у моторима за производњу механичке енергије и као нуспроизвод топлотне енергије.

# БИОГАС

Биогас произведен из постојења за третман отпадних вода примењује се:

- за производњу електричне енергије за сопствене потребе,
- за грејање у одређеним фазама технолошког процеса,
- за грејање радних просторија;
- за производњу дестиловане воде;
- као погонско гориво у котловима за производњу топлотне енергије за сопствене потребе или за потребе неког другог потрошача у индустријској зони.

Пре реализације потребно је спровести мере за смањење потрошње биогаса:

- уградити рекуператор топлоте (размењивач) у коме би се сирови муљ загревао топлим стабилизованим муљем,
- термички изоловати постојећи размењивач и све цевоводе топле воде топлог муља,
- израдити и спроводити упутство за рационално коришћење енергије, посебно топлотне енергије.



## САГОРЕВАЊЕ МУЉА

Стабилизован и дехидриран муљ који садржи 18-35% СМ пре коначног спаљивања се уобичајено суши ради повећања енергетске ефикасности при спаљивању. Када се постигне концентрација 75-95% СМ, муљ се спаљује.

Након спаљивања остаје пепео као фино гранулисани отпадни материјал. Топлотна моћ муља најприближнија је тоplotној моћи мрког угља. Муљ је потребно довести до нивоа 28-33% СМ како би могло доћи до ауто-термичког сагоревања без додавања спољашњег горива за одржавање процеса.

Стабилизован и дехидрирани муљ има тоplotну моћ у распону 12-20 MJ/kg. За спаљивање муља користи се неколико врста пећи а најчешће коришћене су пећи с сагоревањем у вртложном тј. флуидизованом слоју.

## САГОРЕВАЊЕ МУЉА

Температура у комори за сагоревање је контролисана. На дну пећи налази се песак који помаже стабилизацију температурне флукуације унутар саме пећи.

Време сагоревања у пећи варира од 1 до 2 сата. За време спаљивања долази до испаравања воде, лако испарљивих метала и сагоревања органских једињења која прелазе у гасове.

Остале неорганске материје излазе из коморе у облику финих честица заједно с димним гасовима. Пепео се обично скупља помоћу специјалних филтера. Димни гасови се морају третирати у складу с ЕУ директивом о спаљивању отпада.

За спаљивање муља користе се још модуларне спалионице и електричне пригушене пећи.

# САГОРЕВАЊЕ МУЉА

Суспаљивање отпада је поступак прераде односно збрињавања отпада чија је првенствена сврха производња енергије или материјалних производа и у којем се отпад користи као редовно или допунско гориво или у којем се отпад термички обрађује ради збрињавања. То укључује оксидационо спаљивање отпада као и друге термичке процесе, попут пиролизе, гасификације или плазма процеса, све док се резултирајући производи тих обрада након тога спаљују.

Применом заједничког спаљивања муља и комуналног чврстог отпада омогућава се сушење муља до нивоа самоспаљивости па се тиме избегава потреба за додавањем другог енергента. Из наведеног следи да при спаљивању самог муља треба предвидети следеће поступке: згушњавање и одводњавање (дехидрација).

## САГОРЕВАЊЕ МУЉА

У случају кад се муљ спаљује заједно с осталим чврстим отпадом, могу се препоручити следећи поступци:

- згушњавање,
- анаеробна стабилизација с искоришћењем енергије,
- одводњавање.

При спаљивању муља постоји опасност од загађивања ваздуха па треба предвидети пречишћавање гасова при сагоревању. На температури од  $800^{\circ}\text{C}$ , уништавају се неугодни мириси али је потребно дим из пећи прочистити с обзиром на садржај прашине (лебдећег пепела), азотових оксида, тешких метала, укупних угљоводоника и отровних органских једињења.

## **ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА**

Нагомилавање отпадних материја органског порекла, у току производних процеса у сточарству, пољопривреди, прехранбеној производњи, комуналној хигијени, представља проблем савременог друштва и захтева ефикасна решења. Производња биогаса пружа могућност да се решава проблем загађења животне средине уз добијање енергије и ђубрива.

У постројењу за пречишћавање отпадних вода поред пречишћавања воде може се производити биогас макар за сопствене потребе. Употреба вишка биогаса може се разматрати са аспекта производње електричне енергије, производње дестиловане воде и производњу топлотне енергије за потребе других индустријских потрошача. Важно јесте да се доприноси значајној уштеди енергије и заштити животне средине што би и требало да буде циљ сваког постројења за пречишћавање отпадних вода.

Могуће је и искоришћење стабилизованог муља за ђубрење пољопривредног земљишта што је добар начин искоришћења с обзиром да је велики проблем одлагања муља у великим градовима и индустријским центрима.