

## ПРИМЕНА СБР ТЕХНОЛОГИЈЕ ПРЕЧИШЋАВАЊА ОТПАДНИХ ВОДА ЗА НАСЕЉА ДО 15000 ЕС

Миленко Туленчић<sup>1</sup>

Матија Стипић<sup>2</sup>

Срђан Колаковић<sup>3</sup>

УДК: 628.3

DOI:10.14415/konferencijaGFS 2015.074

**Резиме:** У раду се разматра примена СБР технологије на ППОВ капацитета до 15000 ЕС. Анализира се рад и функционисање ППОВ-а током етапне изградње канализационе мреже употребљених вода насеља и постепеног повећања капацитета, са посебним освртом на краткотрајна преоптерећења. У раду се приказује рад ППОВ-а за насеља Ада и Мол капацитета прве фазе од 7150 ЕС. ППОВ је изграђен и у току је пробни рад. Даје се приказ резултата мерења инфлуента и ефлуента.

**Кључне речи:** СБР, етапност изградње, квалитет пречишћене воде

### 1. УВОД

Третман отпадних вода обухвата линију воде и муља у више фаза. Фазе се могу поделити на етапе у оквиру линије воде и то: примарни, секундарни и терцијални третман отпадних вода. У оквиру примарног третмана отпадних вода врши се уклањање механичких нечистоћа. Секундарни третман служи за уклањање органског загађења, док се под терцијалним третманом подразумева уклањање азота и фосфора из комуналне отпадне воде [3]. Поступци терцијалног пречишћавања, могу се укључити у систем секундарног третмана или извести као посебан степен пречишћавања, након примењеног секундарног третмана.

СБР технологија пречишћавања отпадних вода има посебан значај и примену за секундарни и терцијални третман отпадних вода, тј. на биолошку фазу третмана [1]. Пречишћавање отпадних вода применом СБР система се може наћи у многим европским земљама. У Норвешкој је у функцији више од 3000 таквих система. У Пољској је у протеклих 10 година изграђено више од 200 СБР постројења. СБР технологија је заступљена у свим скандинавским земљама, које се сматрају

<sup>1</sup> Миленко Туленчић, мастер.инж. грађ., ДОО "ХИДИНГ", Војводе Шупљикца бр 9, Нови Сад, тел: 021/473-3-772, е – mail: [milenkotulencic@gmail.com](mailto:milenkotulencic@gmail.com)

<sup>2</sup> Доц др Матија Стипић, дипл.инж. грађ., АД "ВОЈВОДИНАПРОЈЕКТ", Булевар Краља Петра I 17, Нови Сад, тел: 021/444-819, е – mail: [matija@vojvodinaprojekt.rs](mailto:matija@vojvodinaprojekt.rs)

<sup>3</sup> Проф др Срђан Колаковић, дипл.инж. грађ., Факултет Техничких Наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, тел: 021/485-20-55, е – mail: [kolak@uns.ac.rs](mailto:kolak@uns.ac.rs)

најзахтевнијим по питању заштите животне средине, има их у Немачкој, Аустрији, Чешкој, Словачкој, Русији, Шпанији, Мађарској, итд.

## 2. МЕТОДОЛОГИЈА

СБР-систем (енг. Sequencing Batch Reactor) је технолошки поступак биолошког пречишћавања отпадних вода са активним муљем у акумулирајућем поступку. СБР системи пречишћавања отпадних вода су у скорије време најзаступљенији при изградњи нових мањих постројења за пречишћавање отпадних вода. Дуго је конвенционални систем имао предност над СБР системом пречишћавања због једноставније аутоматике (управљања), међутим у скорије време услед наглог развоја технологије то више не представља недостатак, па сада до изражаја долазе углавном предности овог система. Основна карактеристика овог система је што нема накнадног таложника, већ се све целине биолошког дела поступка одвијају у једном базену. Током трајања поступка мора се обезбедити складиштење долазне отпадне воде за време трајања поступка, па се због тога СБР реактори често граде у пару, са пуфером или у пару са пуферима (прихватним резервоарима који служе за хидрауличку и квалитативну егализацију долазне отпадне воде). Технолошки поступак пречишћавања отпадне воде код СБР технологије се одвија у једном базену (СБР реактору) у фазама. У оквиру СБР технологије немачка смерница АТВ-М210 [2] препознаје класичан СБР систем и проточни СБР систем, док ће се овај рад базирати само на класичном СБР систему.

Фазе једног СБР реактора су следеће:

- Фаза пуњења у којој се сирова отпадна вода доводи у реактор,
- Фаза биолошке разградње (нитрификација), тј. фаза у оквиру које отпочиње процес аерације ради разградње органског загађења,
- Аноксична фаза пречишћавања (денитрификација), тј. фаза у оквиру које се одвија биолошка разградња органске материје али без уноса ваздуха,
- Фаза таложења у оквиру које се избистрена пречишћена отпадна вода издваја на површини док се активни муљ таложи на дно,
- Фаза декантације, одосно фаза одвођења пречишћене и избистрене отпадне воде из реактора уз примену декантера,
- Фаза одвођења вишка муља у оквиру које се из реактора одстрањује вишак муља како би се одржало пројектовано органско оптерећење,
- Резервно време, тј. временски период од завршетка претходног до почетка следећег циклуса.

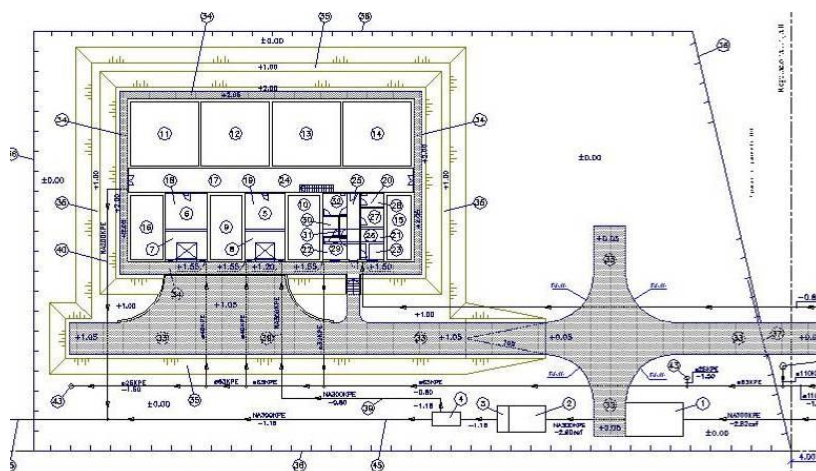
Наведени циклуси СБР реактора покривају и терцијарни третман. У скорије време се све више користи симултана нитрификација и денитрификација азота, што је примењено и на ППОВ-у за насеља Ада и Мол. Разлог због којег је СБР технологија погодна за насеља до 15000 ЕС је управо флексибилност система у колико се сам ППОВ тако конципира. Под флексибилношћу се подразумева да систем може да функционише и да трпи релативно велике неравномерности у квалитету и квантитету дотекле отпадне воде, што је и карактеристично за мања насеља до 15000 ЕС, уз задржавање пројектованог квалитета ефлуента.

### 3. РЕЗУЛТАТИ

За димензионисање ППОВ-а за насеља Ада и Мол коришћене су немачке смернице за пројектовање постројења за пречишћавање отпадних вода на бази СБР технологије АТВ-М210 [2]. ППОВ је пројектован као СБР систем са високим степеном пуферације. Капацитет прве фазе, која је тренутно изграђена износи 7150 ЕС, док је коначан предвиђен капацитет након завршетка изградње друге фазе 15000 ЕС [6], [7]. Рад се у потпуности концентрише на прву фазу, тј тренутно завршену фазу изградње ППОВ-а, која је у функцији. ППОВ се састоји од следећих процесних јединица:

- Мануелне грубе решетке светлог отвора 50 мм,
- Аутоматске fine решетке светлог отвора 6 мм,
- Главна црпна станица,
- Салнес филтер (који замењује песколлов, мастолов, умањује органско оптерећење за цца 20% и служи за дехидратацију вишка муља),
- Унутрашња црпна станица,
- Пуфери (2 базена укупне запремине 352 м<sup>3</sup>),
- СБР реактори (укупно 4 базена запремине 294 м<sup>3</sup> по базену, ефективне запремине сваки по 75 м<sup>3</sup>) и
- Базен пречишћене воде (у њему се врши и дезинфекција по потреби).

У свом саставу ППОВ има предвиђену и хемијску преципитацију фосфора. У оквиру постројења се налази и пријемна станица за септичке јаме, командна соба, лабораторија, црна и бела свлачионица, купатило, тоалет и машинске просторије. ППОВ представља јединствену монолитну грађевину и све технолошке јединице се налазе у оквиру једне грађевине, осим грубе и fine решетке и главне црпне станице (Слика 1).



Слика 1: Ситуациони приказ ППОВ-а

**Пуфери-егализациони базени** су укупне запремине  $352 \text{ m}^3$ , од којих је ефективно цца  $320 \text{ m}^3$ , и опремљени су опремом за аерацију. У мртвој запремини пуфера се формира активни муљ, који ради са високим органским оптерећењем и у пуферима се врши делимично умањење органског оптерећења, азота и фосфора биолошким путем. Управљање аерацијом пуфера је каскадно, тако да имамо ефекат симултане нитрификације и денитрификације.

**СБР реактори** су следеће технолошке јединице у линији воде ППОВ-а и постоји 4 базена, који су конципирани као међусобно независне јединице. Предност постојања више реактора је у томе што се може подесити управљачки систем тако да се користи онолико реактора колико је потребно за тренутни доток отпадне воде и на тај начин да се не троши више електричне енергије него што је потребно. У случају СБР технологије се може користити онолико реактора колико је потребно, наравно уз обезбеђење правилне ротације радних реактора како би одржали активни муљ у функцији, управо због секвенцијалног начина функционисања.

**Циклуси једног реактора** су следећи:

- Пуњење реактора се врши у 3 етапе од по  $25 \text{ m}^3$ , и када се потпуно напуни реактор започиње време реакције (време аерације).
- Аерација реактора је каскадног типа, односно у реактору имамо симултану нитрификацију и денитрификацију.
- Након завршетка времена реакције постоји додатно време денитрификације, и након њега време таложења и декантација (у току фаза додатне денитрификације и таложења се врши и уклањање вишка муља).

ППОВ поседује три режима рада и то: циклус за високо оптерећену отпадну воду који износи 10 сати, нормалан режим рада када је циклус 8 сати, а када је слабо оптерећена отпадна вода циклус се смањује на 6 сати.

Управљачки систем ППОВ-а је тако конципиран да препознаје периоде ниског и високог органског оптерећења, према брзини пуњења пуфера и потрошњи кисеоника у реакторима, те аутоматски прелази на одговарајући режим рада.

Укупно постоји четири реактора и ефективна запремина сваког реактора је  $75 \text{ m}^3$ .

Време трајања циклуса може бити 6, 8 и 10 сати, тако да је капацитет биолошке фазе третмана редом 1200, 900 и  $720 \text{ m}^3/\text{дан}$ .

Пројектована старост муља у реакторима је 25 дана при циклусу од 8 сати, тако да је стабилизација муља унутар реактора и вишак муља који се уклања из реактора је тотално стабилизован. У случају скраћеног и продуженог режима рада постоји различита старост муља (повећана и смањена) од пројектоване, али су ови циклуси само краткотрајног карактера. У досадашњем раду ППОВ-а циклус реактора је био 8 сати и са подешеним трајањем циклуса, успешно је пречишћена релативно високо биолошки оптерећена отпадна вода.

Прва фаза ППОВ-а за насеља Ада и Мол је у целости изграђена, у току је пробни рад и у процесу је добијања употребне дозволе [5]. На сливу ППОВ-а имамо прикључене две индустрије које се баве прерадом поврћа и чије су отпадне воде високо органски оптерећене и њихов рад је сезонског карактера. У току пробног рада, а у циљу доказивања ефикасности ППОВ-а, извршено је више анализа отпадне воде од стране акредитоване лабораторије. За потребе овог рада издвојена

је анализа воде на улазу (Табела 1 и Табела 2) и на излазу (Табела 3 и Табела 4) из ППОВ-а, узорка узетог 25.09.2014. године [4].

Табела 1: Резултати испитивања узорка сирове отпадне воде

| Испитивани параметар   | Јед. мере           | Ознака методе          | Изм. вред.      | Мерна несигурност | МДК            |
|--|---------------------|------------------------|-----------------|-------------------|----------------|
| Температура ваздуха  | °C                  | СРПС Х.31.106:1970     | <b>17,1</b>     | ±0,2              | -              |
| Температура воде   | °C                  | СРПС Х.31.106:1970     | <b>20,5</b>     | ±0,2              | <b>30</b>      |
| Боја   | описно              | визуелно               | зamuћење        | -                 | -              |
| Мирис  | описно              | визуелно               | канализација    | -                 | -              |
| Видљиве материје   | описно              | визуелно               | без             | -                 | -              |
| рН   |                     | СРПС Х.31.111:1987     | <b>7,41</b>     | ±0,02             | <b>6,5-8,5</b> |
| Електропроводљивост  | µS/cm               | СРПС ЕН 27888:1993     | <b>1400</b>     | ±32               | -              |
| Таложиве материје након 2 х                                    | ml/l                | П-IV-8                 | <b>1,0</b>      | -                 | -              |
| Суспендоване материје  | mg/l                | СМ 2540 Д              | <b>84,5</b>     | ±1,5              | <b>35</b>      |
| Растворене материје (суви остатак филтрираног узорка на 105°C) | mg/l                | СМ 2540 Ц              | <b>1715</b>     | ±85               | -              |
| Жарени остатак   | mg/l                | СМ 2540 Е              | <b>779</b>      | ±66               | -              |
| Губитак жарења   | mg/l                | рачунски, СМ 2540 Е    | <b>936</b>      | ±20               | -              |
| ХПК  | mgO <sub>2</sub> /l | СРПС ИСО 6060:1994     | <b>756</b>      | ±1,3              | <b>125</b>     |
| БПК <sub>5</sub>   | mgO <sub>2</sub> /l | X1.002                 | <b>313</b>      | ±1                | <b>25</b>      |
| БПК <sub>5</sub> (филтриран или исталожен узорак)              | mgO <sub>2</sub> /l | X1.002                 | <b>284</b>      | ±0,9              | -              |
| Укупан азот  | mgN/l               | рачунски               | <b>21,4</b>     | -                 | <b>15</b>      |
| Укупан азот по Кједалу   | mgN/l               | X1.003                 | <b>20,6</b>     | ±0,28             | -              |
| Амонијак   | mgN/l               | СРПС ИСО Х.31.184:1974 | <b>5,5</b>      | ±0,20             | -              |
| Нитрати  | mgN/l               | СРПС ИСО 7890-3:1994   | <b>0,095</b>    | ±0,015            | -              |
| Нитрити  | mgN/l               | СРПС ЕН 26777:2009     | <b>0,68</b>     | ±0,0003           | -              |
| Укупан фосфор  | mgP/l               | СРПС ЕН ИСО 6878:2008  | <b>2,36</b>     | ±0,003            | <b>2</b>       |
| Ортофосфати  | mgP/l               | СРПС ЕН ИСО 6878:2008  | <b>2,25</b>     | ±0,003            | -              |
| Анијонски детерџенти   | mg/l                | СРПС ЕН 903:2009       | <b>1,15</b>     | ±0,12             | -              |
| Масти и уља (материје екстраховане са н-хексаном)              | mg/l                | ЕПА 1664 А:1999        | <b>185</b>      | ±13               | -              |
| Метали   |                     |                        |                 |                   |                |
| Гвожђе   | mg/l                | ЕПА 70006              | <b>1,55</b>     | -                 | -              |
| Манган   | µg/l                | ЕПА 7010               | <b>44,5</b>     | ±4,12             | -              |
| Никл   | µg/l                | ЕПА 7010               | <b>9,10</b>     | ±1,19             | -              |
| Цинк   | mg/l                | ЕПА 70006              | <b>0,063</b>    | ±0,004            | -              |
| Кадмијум   | µg/l                | ЕПА 7010               | <b>&lt;0,15</b> | -                 | -              |

|              |      |          |                 |       |   |
|--------------|------|----------|-----------------|-------|---|
| Хром, укупан | µg/l | ЕПА 7010 | <b>5,16</b>     | ±0,52 | - |
| Бакар        | µg/l | ЕПА 7010 | <b>31,9</b>     | ±19   | - |
| Олово        | µg/l | ЕПА 7010 | <b>&lt;2,92</b> | -     | - |
| Арсен        | µg/l | ЕПА 7010 | <b>42,5</b>     | ±2,21 | - |
| Жива         | µg/l | X1.004   | <b>&lt;0,16</b> | -     | - |

Табела 2: Резултати испитивања узорка пречишћене отпадне воде

| Испитивани параметар   | Јед. мере           | Ознака методе          | Изм. вред.       | Мерна несигурност | МДК            |
|--|---------------------|------------------------|------------------|-------------------|----------------|
| Температура ваздуха  | °C                  | СРПС Х.31.106:1970     | <b>19,2</b>      | ±0,2              | -              |
| Температура воде   | °C                  | СРПС Х.31.106:1970     | <b>23,2</b>      | ±0,2              | <b>30</b>      |
| Боја   | описно              | визуелно               | <b>без</b>       | -                 | -              |
| Мирис  | описно              | визуелно               | <b>без</b>       | -                 | -              |
| Видљиве материје   | описно              | визуелно               | <b>без</b>       | -                 | -              |
| рН   |                     | СРПС Х.31.111:1987     | <b>8,15</b>      | ±0,02             | <b>6,5-8,5</b> |
| Електропроводљивост  | µS/cm               | СРПС ЕН 27888:1993     | <b>1590</b>      | ±32               | -              |
| Таложиве материје након 2 х                                    | ml/l                | П-IV-8                 | <b>&lt;0,1</b>   | -                 | -              |
| Суспендоване материје  | mg/l                | СМ 2540 Д              | <b>24,5</b>      | ±1,5              | <b>35</b>      |
| Растворене материје (суви остатак филтрираног узорка на 105°C) | mg/l                | СМ 2540 Ц              | <b>992</b>       | ±85               | -              |
| Жарени остатак   | mg/l                | СМ 2540 Е              | <b>764</b>       | ±66               | -              |
| Губитак жарења   | mg/l                | рачунски, СМ 2540 Е    | <b>228</b>       | ±20               | -              |
| ХПК  | mgO <sub>2</sub> /l | СРПС ИСО 6060:1994     | <b>27</b>        | ±1,3              | <b>125</b>     |
| БПК <sub>5</sub>   | mgO <sub>2</sub> /l | X1.002                 | <b>11</b>        | ±1                | <b>25</b>      |
| БПК <sub>5</sub> (филтриран или исталожен узорак)              | mgO <sub>2</sub> /l | X1.002                 | <b>9,2</b>       | ±0,9              | -              |
| Укупан азот  | mgN/l               | рачунски               | <b>4,94</b>      | -                 | <b>15</b>      |
| Укупан азот по Кједалу   | mgN/l               | X1.003                 | <b>4,83</b>      | ±0,28             | -              |
| Амонијак   | mgN/l               | СРПС ИСО Х.31.184:1974 | <b>3,33</b>      | ±0,20             | -              |
| Нитрати  | mgN/l               | СРПС ИСО 7890-3:1994   | <b>0,100</b>     | ±0,015            | -              |
| Нитрити  | mgN/l               | СРПС ЕН 26777:2009     | <b>0,005</b>     | ±0,0003           | -              |
| Укупан фосфор  | mgP/l               | СРПС ЕН ИСО 6878:2008  | <b>0,031</b>     | ±0,003            | <b>2</b>       |
| Ортофосфати  | mgP/l               | СРПС ЕН ИСО 6878:2008  | <b>0,023</b>     | ±0,003            | -              |
| Анијонски детерџенти   | mg/l                | СРПС ЕН 903:2009       | <b>0,81</b>      | ±0,12             | -              |
| Масти и уља (материје екстраховане са н-хексаном)              | mg/l                | ЕПА 1664 А:1999        | <b>85</b>        | ±13               | -              |
| Метали   |                     |                        |                  |                   |                |
| Гвожђе   | mg/l                | ЕПА 70006              | <b>&lt;0,068</b> | -                 | -              |
| Манган   | µg/l                | ЕПА 7010               | <b>22,9</b>      | ±4,12             | -              |
| Никл   | µg/l                | ЕПА 7010               | <b>9,93</b>      | ±1,19             | -              |
| Цинк   | mg/l                | ЕПА 70006              | <b>0,042</b>     | ±0,004            | -              |

|              |      |          |       |       |   |
|--------------|------|----------|-------|-------|---|
| Кадмијум     | µg/l | ЕПА 7010 | <0,15 | -     | - |
| Хром, укупан | µg/l | ЕПА 7010 | 2,61  | ±0,52 | - |
| Бакар        | µg/l | ЕПА 7010 | 100   | ±19   | - |
| Олово        | µg/l | ЕПА 7010 | <2,92 | -     | - |
| Арсен        | µg/l | ЕПА 7010 | 38,2  | ±2,21 | - |
| Жива         | µg/l | X1.004   | <0,16 | -     | - |

#### 4. ЗАКЉУЧАК

На основу приказаних резултата може се закључити:

- ППОВ за насеља Ада и Мол може да преради и високо органски оптерећене отпадне воде са веома високим степеном уклањања органских материја, азота и фосфора,
- За време узорковања није вршена хемијска преципитација фосфора него само биолошка, која се показала као довољна,
- Варијације улазног инфлуента су краткотрајног карактера. Дуготрајно прекорачење капацитета ППОВ-а у погледу органског оптерећења може да доведе до смањења старости муља у односу на пројектовано стање и тада не постоји тотална стабилизација, као што је предвиђена,
- У случају дуготрајног дотока разблажене отпадне воде може доћи до проблема функционисања ППОВ-а, као што је умањење количине активног муља и слабе таложивости активног муља,
- У погледу управљања ППОВ-ом, у случају постепеног ширења припадајуће канализационе мреже и постепеног повећања броја корисника, потребно је константно праћење параметара инфлуента и ефлуента, како би се могле извршити адекватне корекције радних параметара ППОВ-а,
- Пуфер чини веома битан елемент технолошке целине ППОВ-а поготово када имамо постепено ширење канализационе мреже и релативно велики број септичких јама које се празне на ППОВ-у, јер нам омогућава квалитативну и квантитативну егализацију отпадне воде.
- У погледу мењања радних параметара и прилагођавања режима рада, СБР технологија има значајне предности у односу на проточне системе, захваљујући секвенцијалном начину рада и чињеници да се пречишћава одређена количина воде,
- Наведене особине чине СБР систем пречишћавања отпадних вода погодним за мала насеља, за која је карактеристично да имају релативно велике варијације у дотоку отпадне воде.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Degremont (2007). Water Treatment Handbook, Seventh English edition, France  
 [2] DWA- M 210 (2009). Pravilnik nemačkog udruženja za vodoprivredu, отпадне воде и отпад - секвенцијални шаржни реактор SBR

- [3] Љубисављевић Д., Ђукић А., Бабић Б., (1995). Пречишћавање отпадних вода, Београд
- [4] УНС, ПМФ- Департман за хемију, биохемију и заштиту животне средине (2014). Анализа квалитета воде на ППОВ Ада и Мол, Нови Сад,
- [5] Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање (Сл.Г.Р.С. бр. 67/2011 и 48/2012),
- [6] ХИДИНГ (2009). Идејни пројекат ППОВ Ада и Мол, Нови Сад,
- [7] ХИДИНГ (2010). Главни пројекат ППОВ Ада и Мол, Нови Сад,

## SBR WASTE WATER TREATMENT TECHNOLOGY FOR SETTLEMENTS UP TO 15000 ES

**Summary:** *Within the paper, use of SBR technology for WWTP of capacity up to 15000 PE will be considered. Functioning of WWTP during the expansion of sewer network and gradual increase of organic and hydraulic load is going to be analyzed. Special attention will be given to the short term organic and hydraulic overload of WWTP. Within the paper, WWTP for settlements Ada and Mol is presented. Capacity of phase I of Ada-Mol WWTP is 7150 PE. Construction of WWTP is done and the trial run is currently in progress. Results for influent and effluent of the WWTP will be presented.*

**Keywords:** *SBR, phase building, effluent quality*