

SAT-LCR-P-2-BFT(R)-14

## ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE TREATED WASTEWATER IN RELATION TO THE AMOUNT OF ELECTRICITY CONSUMED IN WWTP

**Assist. Prof. Dr., Rayka Kirilova Vladova**

Institute of Chemical Engineering at Bulgarian Academy of Sciences,  
Acad. G. Bontchev Street, Bl.103, 1113 Sofia, Bulgaria  
E-mail: raika\_vladova@abv.bg

**Prof. Dr., Natasha Grigorova Vaklieva-Bancheva**

Institute of Chemical Engineering at Bulgarian Academy of Sciences,  
Acad. G. Bontchev Street, Bl.103, 1113 Sofia, Bulgaria  
E-mail: vaklieva@bas.bg

**Abstract:** *In recent years, environmental impact measures regarding the quality of treated wastewater have become increasingly stringent. This requires development and application of new technologies for the removal of the biological and chemical pollutants. However, realization of most of them is related to the large energy consumption. In order to improve their energy efficiency all flows and processes in the wastewater treatment plants should be estimated. The purpose of this study is to provide information about the amounts of the wastewater treated on the territory of two municipal wastewater treatment plants in Southwestern Bulgaria, as well as their energy consumption per m<sup>3</sup> of treated wastewater. Moreover, an analysis of the raw and the treated wastewater in respect of BOD, COD, total content of N and P has been conducted. The amounts of energy consumed at each stage of the wastewater treatment plants have been calculated. It has been found that the processes of biological wastewater treatment aeration have the greatest energy consumption.*

**Keywords:** Wastewater treatment, Digestion, Energy balance, Energy efficiency

### ВЪВЕДЕНИЕ

Пречистването на отпадъчни води е свързано с голяма консумация на енергия, в резултат на което през последните години темата за подобряване на енергийната им ефективност е много актуална. Множество изследователи работят в областта за подобряване на енергийната ефективност на ПСОВ.

В изследване на Yifan Gu et al., 2017 правят обобщен анализ за изразходваната енергия на всеки етап на третиране на отпадъчни води в ПСОВ в множество страни, както и възможностите за изграждане на ПСОВ с нулеви въглеродни емисии. Dąbrowski et al., 2016 съпоставят и анализират потребената енергия при третиране на отпадъчни води в две ПСОВ. В работа са изчислени показатели за общото потребление на енергия за м<sup>3</sup> спрямо количеството отстранени замърсители. Panepinto et al., 2016 предлагат методология за оценка на енергийните разходи при пречистването на отпадъчни води, разглеждайки всеки етап от технологичната схема. Методологията включва индекси чрез, които се оценява енергийното потребление спрямо еквивалента жители, общия обем на пречистената вода, количеството ХПК и общ азот.

Енергийното потребление зависи от много фактори: местоположение на ПСОВ, климатични и сезонни колебания, състав и количество на отпадъчните води, големина на инсталацията, начин на третиране, както и еквивалент жители. По-голяма част от ПСОВ в страната са проектирани и изградени през 70-80<sup>те</sup> години на 20 век, което налага тяхната реконструкция и модернизация поради повишените екологични стандарти. В Европейския Съюз регламентът за градските отпадъчни води е постановен чрез Директива ЕО 91/271/ЕЕС съгласно, която пречиствателните станции за отпадъчни води в населени места с

население над 2 000 еквивалента жители следва да осигуряват биологично пречистване на битовите отпадъчни води, а тези с над 10 000 еквивалента жители, които заустват директно или във водосбора на чувствителна зона да отстраняват и биогенните елементи азот и фосфор.

Методите за пречистване на отпадъчни води, както и последващата стабилизация на твърдите биологични вещества са анаеробни и аеробни. Анаеробното пречистване се използва в целия свят и е най-стария и най-важен процес при пречистването на отпадъчните води и стабилизирането на утайката. Той е универсален за големите пречиствателни станции, чрез които една значителна част от метана може да бъде оползотворена и да бъдат намалени енергийните разходи в процеса на третиране. Аеробното разграждане е по-подходящо за средни и малки пречиствателни станции, където анаеробното третиране вече не е икономически изгодно.

Основните показатели, чрез които се характеризира качеството на пречистените отпадъчни води са количеството на отстранените органични замърсители, отстранените твърди суспендирани вещества, химичното и биологичното потребление на кислород, както и съдържание на азот и фосфор. Всички тези процеси на пречистване се извършват в отделни етапи в ПСОВ, като всеки един от тях е с различно потребление на енергия. При анаеробното пречистване основните етапи са: механичното, физико-химично и биологичното пречистване.

В първия етап механичното пречистване или предварителна обработка на отпадъчните води се отстраняват 60 % от неразтворените вещества. По време на този етап се отделят едрите неорганичните замърсители и частично неразтворени вещества, като водата преминава през сита и решетки с различен диаметър. Част от механичното пречистване е утаяването при, което се извеждат едрите суспендирани частици под действието на гравитационни сили в пясъкозадръжатели, като по този начин се предпазват от задръстване следващите съоръжения за обработка. След механичната обработка отпадъчните води се подлагат на физико-химично пречистване. Този етап е подходящ за пречистване както на битови така и на промишлени отпадъчни води. В него се отстраняват голяма част от органичните замърсители, масла, мазнини, както и се неутрализира киселинното съдържание на водите.

Последният етап на обработка е биологично третиране, при което с помощта на микроорганизми органичния субстрат се превръща в биомаса, която се отделя под формата на утайка. Този етап на пречистване може да се проведе в аеробни или анаеробни условия в зависимост от степента на замърсяване. Основните показатели, които се отчита са ХПК, БПК<sub>5</sub>, както и съдържанието на азот и фосфор.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

### Характеристики на изследваните ПСОВ

В настоящето изследване са разгледани две пречиствателни станции от смесен тип за пречистване на битови и производствени отпадъчни води, като първата пречиствателна станция е на територията на община Кюстендил и е пусната в експлоатация през 2010 г. след основна реконструкция и модернизация.

Съоръжението е проектирана за 70 000 еквивалента жители. След реконструкцията средния капацитет на натоварване на пречиствателната станция е до 13400 м<sup>3</sup>/ден. Отпадъчните води преминават етапа на механично пречистване, при което се отстраняват едрите и фини замърсители през два вида решетки и сита с различен диаметър. След което постъпват в биобасейни (2 бр.) с работен обем от 2825 м<sup>3</sup>, където се осъществява биологичното им пречистване. С помощта на активна утайка се извършва денитрификация. Използваният метод на активираната утайка, включва безкислородни зони за отстраняване на азота. Всеки биобасейн има по три коридора – първият е за предденитрификация, без аерация, а останалите два се аерират, също така в съоръжението се отстранява свободния фосфор. Преминавайки през биобасейна активната утайка се

отделя от пречистената вода във вторични радиални утайтели (2 бр.) всеки с работен обем от 1500 м<sup>3</sup>. Така третираните отпадъчни води се заустват във водоприемник, а активната утайка се връща в процеса като рециркулираща чрез помпена станция за рециркулираща утайка. След аеробно стабилизиране в биореактор и свързаните с него съоръжения за сгъстяване и обезводняване на утайката в утайкоуплътнител излишната активна утайка се изважда на изсушителни полета 28 бр. за естествено обезводняване без използване на специални съоръжения. На територията на ПСОВ са изградени и четири метантанка от първа и втора степен, газхолдер, които не са пуснати в експлоатация.



Фиг. 1 ПСОВ Кюстендил след реконструкция

Вторият обект на изследване е ПСОВ, също от смесен тип и е пусната в експлоатация през 1972 год. Тя се намира на територията на община Перник за същата е предвидена основна реконструкция. В съоръжението се осъществява механична обработка и биологично третиране на отпадъчните води чрез анаеробно стабилизиране на утайките. Процесите на стабилизация на биомасата се извършват в открити двустепенни метантанкове, а обезводняването на утайките в 42 изсушителни полета. В ПСОВ не се осъществяват процеси на денитрификация и отстраняване на фосфор. На етап механична обработка са изградени решетки за грубо и финно отстраняване на замърсителите, два хоризонтални пясъкозадържателя всеки с два коридора за аериране и хидромеханична система за отстраняване на пясъка. На този етап се осъществява и първично утаяване на утайката в четири утайтели от радиален тип с работен обем от 1323 м<sup>3</sup> и диаметър 25 м. Биологичното стъпало се осъществява в биобасейни състоящи се от шест броя трикоридорни секции с пневматична аерация. Дължината на всеки коридор е 62 м., а общият им работен обем е 22 599 м<sup>3</sup>. След пречистване на отпадъчните води, пречистената вече вода се зауства в естествен водоприемник, а излишната активна утайка се отвежда на изсушителни полета.



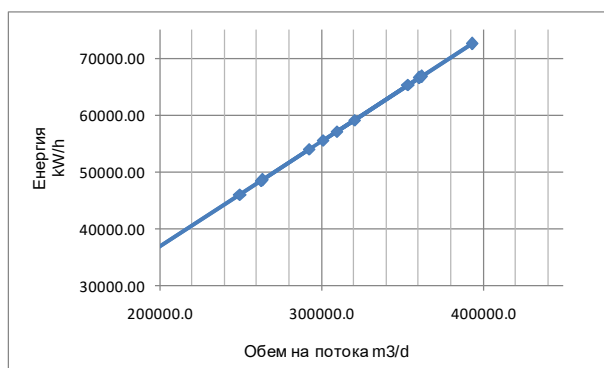
Фиг. 2 ПСОВ Батановци

На база предоставените данни от двете пречиствателни станции, както и литературна справка бе направен анализ на количеството потребена енергия, спрямо количеството отпадъчни води подложени на обработка, също така бяха анализирани входните и изходните данни за стойности на БПК<sub>5</sub> и ХПК в двете пречиствателни станции. В таблица 1 са представени средните стойности на параметрите на отпадъчните води в двете ПСОВ за период от една година.

Таблица 1. Средни стойности на параметрите на отпадъчните води в двете ПСОВ.

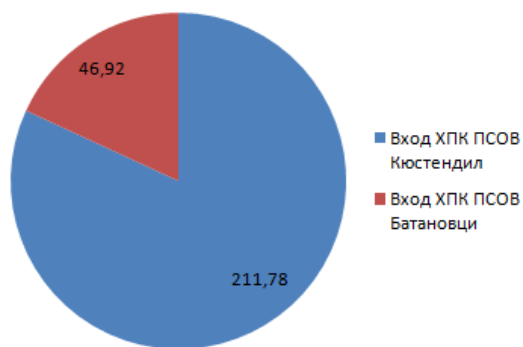
| Обем на потока      | Еквивалент жители | Потребена ел. енергия | Вход БПК <sub>5</sub> | Изход БПК <sub>5</sub> | Вход ХПК             | Изход ХПК            |
|---------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| м <sup>3</sup> /ден |                   | kW/h                  | мг О <sub>2</sub> /л  | мг О <sub>2</sub> /л   | мг О <sub>2</sub> /л | мг О <sub>2</sub> /л |
| ПСОВ Кюстендил      |                   |                       |                       |                        |                      |                      |
| 3663531             | 34908             | 676 140               | 127,63                | 3,29                   | 211,78               | 16,08                |
| ПСОВ Батановци      |                   |                       |                       |                        |                      |                      |
| 5998000             | 11640             | 1119000               | 22,61                 | 8,03                   | 46,92                | 15,24                |

Събраната и анализирана информация позволява да бъдат определени количествата потребената енергия за период от една година. На фиг. 3 е представена графика за потребена енергия, спрямо количеството отпадъчни води постъпили за обработка в ПСОВ Кюстендил. Както се вижда количеството изразходвана енергия е право пропорционално на дебита постъпили отпадъчни води. Този анализ бе направен само за ПСОВ Кюстендил, тъй като набора от предоставени данни са по-пълни.

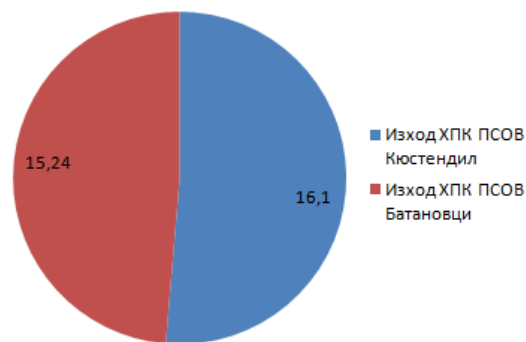


Фиг. 3. Връзка между дебита и общо потребената външна енергия на ПСОВ Кюстендил.

От представените данни в таблица 1 се вижда, че количествата третирани отпадъчни води в двете съоръжения съществено се различават. Аналогични са средните стойности на параметрите по отношение на ХПК и БПК<sub>5</sub>. На фиг. 4а е представена диаграма по отношение на входните количества ХПК в двете съоръжения за пречистване на отпадъчни. Количествата химично потребен кислород за разграждане на органичната материя в ПСОВ Кюстендил е в пъти по-висок. На следващата фигура (4б) са представени данни за изходните стойности на ХПК в двете ПСОВ. Ясно се вижда, че стойностите на ХПК в двете съоръжения се различават с по-малко от един процент. На база на което можем да направим заключение, че пречистването на отпадъчните води в реконструираната пречиствателна станция гр. Кюстендил е много по-ефективна.

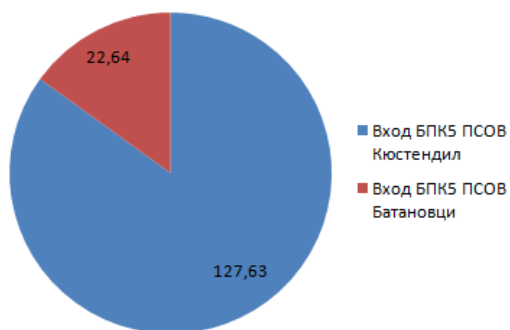


Фиг. 4а. Количество ХПК на вход в анализираните ПСОВ

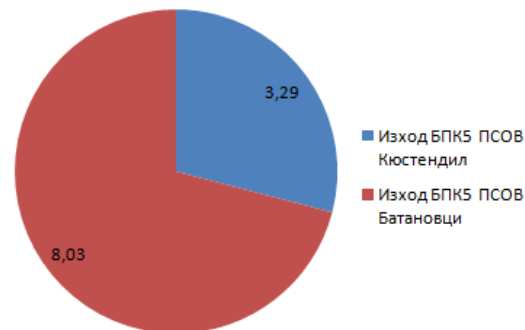


Фиг. 4б. Количество ХПК на изход в анализираните ПСОВ

Анализа на данните по отношение на БПК<sub>5</sub> е сходна с предходната, като стойностите на входното съдържание на биологично потребление на кислород е 127,63 мг. О<sub>2</sub>/ литър за ПОСВ Кюстендил и 22,64 мг. О<sub>2</sub>/ литър за ПОСВ Батановци. За съжаление се запазва същата тенденция както при химичното потребление на кислород, по отношение качеството на пречистените води, които се заустват в естествен водоприемник. Графиките за входните и изходните данни по отношение на БПК са представени на фиг. 5а и фиг. 5б.



Фиг. 5а. Количество БПК на вход в анализираните ПСОВ



Фиг. 5б. Количество БПК на изход в анализираните ПСОВ

## ИЗВОДИ

Изхождайки от наличните данни може да направим следните изводи:

За да се подобри енергийната ефективност в съоръженията за пречистване на отпадъчни води е необходимо да се внедрят нови ефективни технологии, на база на, които да се подобри качеството на третираните води и в същото време да се работи в посока създаване на технологии и оптимизационни модели за подовряване на енергийната ефективност на ПСОВ използвайки върешните енергийни ресурси на системите.

В двата изследвани обекта са изградени метантанкове, които в ПСОВ Кюстендил не са пуснати в експлоатация въпреки наличието на газхолдер. Улавянето на образувалия се биогаз при процеса на стабилизиране на утайката съществено би намалило енергийните разходи и съответно количеството въглеродни емисии. От друга страна метантанковете в ПСОВ Батановци се използват като открити изгниватели, което освен, че не подобрява енергийната ефективност на съоръжението отделя съществено количество парникови газове в околната среда.

## Acknowledgement:

This work has been supported by the Bulgarian Ministry of Education and Science under the National Research Programme “Young scientists and postdoctoral students” approved by DCM # 577 / 17.08.2018.

Тази работа е реализиране благодарение на данните предоставени от ПСОВ гр. Кюстендил и ПСОВ Батановци.

#### REFERENCES

Dąbrowski W., Radosław Ż., Mariusz R. (2016). Evaluation of Energy Consumption in Agro-Industrial Wastewater Treatment Plant. *J. Ecol. Eng.*, 17(3), 73–78.

Panepinto D., Fiorea S., Zappone M., Genon G., Meucci L. (2016). Evaluation of the energy efficiency of a large wastewater treatment plant in Italy. *Applied Energy*, 161, 404-411

Yifan G., Yue L., Xuyao L., Pengzhou L., Hongtao W., Zoe R., Xin W., Jiang W., Fengting L. (2017). The feasibility and challenges of energy self-sufficient wastewater treatment plants. *Applied Energy*, 204, 1463-1475