



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

TEHNOLOGIE DE EPURARE BIOLOGICĂ CU CONTACTORI BIOLOGICI ROTATIVI ȘI DIMENSIONAREA FILTRELOR DE EPURARE BIOLOGICĂ

Marius Florinel RADU, Valeriu Nicolae PANAITESCU

TECHNOLOGY FOR WASTE WATER TREATMENT WITH ROTATING BIOLOGICAL CONTACTORS AND DIMENSIONING OF THE BIOLOGICAL WASTE WATER TRETMENT

The paper is to review and assess existing rotating biological contactors (RBC) design procedures and provide in-depth design information on critical features of the RBC process and key parameters affecting its operation and performance than is typically available to the engineering community.

Since past decade, the old works started to be replaced with new technologies such as rotating biological contactors (RBC), especially for small communities. RBC is an attached – growth biological process, which consists of a series of rotating plastic media all coated with a layer of bio film.

The bio film or slime on the media aerobically reacts with substances in a waste stream for bio-oxidation and nitrification, or anaerobic ally react with the substances for denitrification. This paper discusses the theory, performance, design procedures, calculation and dimensioning of the RBC process.

Cuvinte cheie: biodiscuri, epurare biologică, contactori biologici rotativi, ape uzate, scheme de epurare, substanțe organice biodegradabile

Keywords: biological records, biological treatment, rotating biological contactors, wastewater, sewage schemes, biodegradable organic substances

1. Introducere

Contactorii biologici rotativi (cunoscuți sub denumirea Rotating Biological Contactors – RBC) sunt instalații de epurare alcătuite din discuri din material plastic cufundate 35-40 % din diametru în apa uzată decantată primar în prealabil, care se rotesc lent (1-3 rot/min) prin intermediul unui electromotor și a unui reductor de turație.

Aceste instalații sunt cunoscute și sub denumirea de *Filtre Biologice cu Discuri (FBD)*, iar discurile constituente se mai numesc *biodiscuri*.

Filtrele biologice cu discuri au rolul de a mineraliza și de a elimina substanțele organice biodegradabile aflate în stare coloidală sau dizolvată din apele uzate decantate primar.

Ele pot fi utilizate și în scheme de epurare prin care se urmărește nitrificarea, denitrificarea și reținerea fosforului din apele uzate.

2. Descrierea facilităților tehnologice de testare

Filtrele biologice cu discuri se amplasează în fluxul tehnologic după decantoarele primare și în amonte decantoarelor secundare (figura 1).

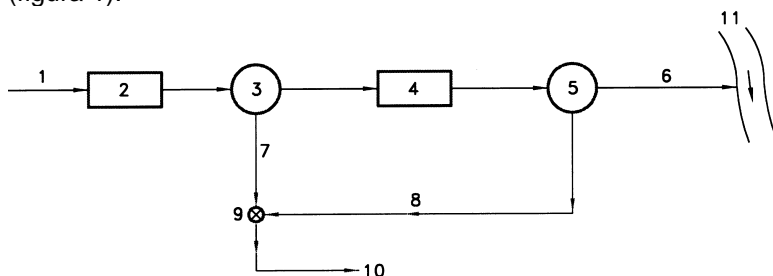


Fig. 1 Epurare mecano-biologică cu filtre biologice cu discuri (biodiscuri)
1 – influent; 2 – treaptă de degroșare (grătare, deznisipatoare, separatoare de grăsimi);
3 – decantor primar; 4 – filtru biologic cu discuri; 5 – decantor secundar; 6 – efluent epurat; 7 – nămol primar; 8 – nămol biologic

Decantorul primar și decantorul secundar *nu pot lipsi* din schema de epurare care conține filtre biologice cu discuri. În schemele de epurare cu filtre biologice cu discuri nu se recirculă, de regulă, nici apa epurată, nici nămolul biologic.

Instalațiile de epurare biologică cu biodiscuri nu sunt construcții înalte și nu necesită, în mod normal, pomparea apei.

Pomparea apei se va prevedea numai în situațiile în care relieful terenului, cotele apei și soluția tehnologică adoptată impun acest lucru.

Instalația de biodiscuri necesită un consum redus de energie, zgomotul în timpul funcționării este neglijabil și procesul de epurare poate fi complet automatizat funcție de cantitatea și calitatea apei tratate.

Utilizarea filtrelor biologice cu discuri este avantajoasă în cazul unor debite reduse de ape uzate provenite de la mici colectivități (5-500 locuitori).

Ele pot fi realizate sub forma unor instalații monobloc modulate. Pentru realizarea și desfășurarea procesului de epurare biologică se prevăd jgheaburi metalice sau din beton armat în care sunt cufundate biodiscurile circa 35-40 % din diametru (de obicei nivelul apei din jgheab – trebuie să fie min. 15 cm sub axul biodiscului).

Biodiscurile se rotesc cu o turație redusă (1-3 rot/min), fiecare zonă din disc având succesiv și ciclic contact cu apa uzată și cu aerul din atmosferă (vezi figura 2).

Pe suprafața biodiscurilor se creează o peliculă, denumită membrană biologică, în care trăiesc și se înmulțesc microorganisme mineralizatoare de tip aerob, care utilizează substratul organic din apa uzată pentru metabolismul propriu și pentru crearea de material celular viu (biomasă). Pe măsură ce cantitatea de biomasă crește, membrana biologică se îngroașă și la un moment dat forțele de forfecare care iau naștere la rotirea discurilor în apă, desprind bucăți din membrană care cad în jgheaburi și sunt antrenate de apă în decantorul secundar unde sunt reținute ca nămol biologic.

Prin rotirea discurilor, zonele aflate în contact cu apa ies succesiv în atmosferă realizând aprovizionarea cu oxigen a microorganismelor din membrana biologică.

3. Evoluția tehnologiilor de testare

3.1 Metoda și tehnologiile aplicate

a). Metoda de testare presupune calculul principalilor parametri de proiectare ai filtrelor biologice cu discuri, după care se fac calculele de dimensionare și se determină cantitățile de substanță organică C_b și C'_b prin efectuarea bilanțului de substanțe pe linia apei conform și se alege o încărcare organică specifică I_s conform recomandărilor din tabelul 1. Cu această valoare se obține suprafața necesară a biodiscurilor:

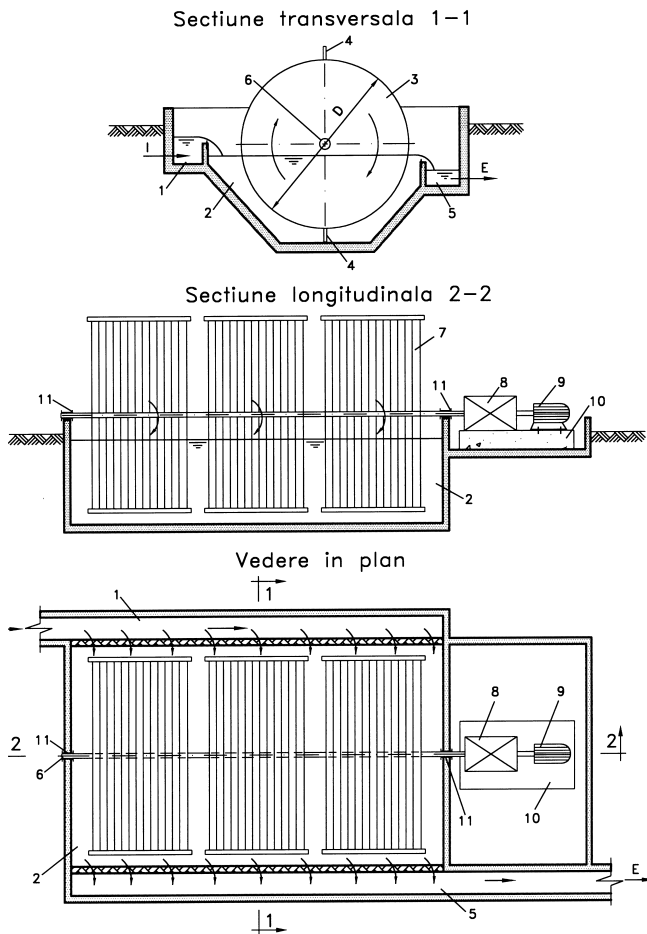


Fig. 2 Filtru biologic cu discuri

I – influent; E – efluent; 1 – rigola de admisie a apei decantate primar în instalația de filtrare; 2 – jgheab în care sunt cufundate biodiscurile; 3 – biodisc; 4 – riglă pentru împiedecarea depunerilor

$$A_d^{nec} = \frac{C_b}{I_s} (m^2)$$

b). Tehnologia aplicată presupune utilizarea jgheaburilor cu biodiscuri pot fi montate în serie (maximum trei jgheaburi) sau în paralel, funcție de acest montaj rezultând gabaritul clădirii, spațiile de circulație,

amplasamentul echipamentului de acționare (motor electric, reductor de turație), al canalelor de admisie și de evacuare etc.

3.2 Dimensionarea filtrelor biologice cu discuri

Principali parametri de proiectare ai filtrelor biologice cu discuri sunt indicați în tabelul 1

Tabelul 1

Încărcarea hidraulică (I_h)
Încărcarea organică specifică ¹ ($SCBO_5$) ² I_s ($TCBO_5$) ³
Încărcarea organică specifică maximă ¹ din prima treaptă – ($SCBO_5$) ² I_s ($TCBO_5$) ³
Încărcarea specifică în (NH_3)
Timpu de trecere (t)
Concentrația în CBO_5 a efluentului (X_{5UZ}^{adm})
Concentrația în NH_3 a efluentului ($c_{NH_3}^{adm}$)

Încărcarea hidraulică reprezintă raportul:

$$I_h = \frac{Q_c}{A_d} \quad (m^3/m) \quad (1)$$

în care $Q_c = Q_{uzimax}$ în m^3/zi , iar A_d este suprafața biodiscurilor, în m^2 .

Pentru I_h se recomandă valori de 0,03...0,20 $m^3 \cdot a.uz./m^2 \cdot disc, zi$.

Încărcarea organică specifică a biodiscurilor se calculează cu relația:

$$I_s = \frac{C_b}{A_d} \quad (g \text{ } CBO_5/m^2 \text{ disc, zi}) \quad (2)$$

în care cantitatea C_b exprimată în $g \text{ } CBO_5/zi$ are semnificația $N_b = c_{uz}^b \cdot (Q_c + Q_{AR}) = c_{uz}^{dp} \cdot Q_c + c_{uz}^{adm} \cdot Q_{AR}$ (kg/zi) și se calculează cu relația:

¹ Temperatura apei uzate peste 13 °C

² $SCBO_5$ = consum biochimic de oxigen solubil

³ $TCBO_5$ = consum biochimic de oxigen total

$$C_b = X_{5uz}^b \cdot (Q_c + Q_{AR}) = X_{5uz}^{dp} \cdot Q_c + X_{5uz}^{adm} \cdot Q_{AR} \quad (\text{kg CBO}_5/\text{zi})$$

în care $Q_{AR} = 0$, iar concentrația $X_{5uz}^b = (1 - e_x) \cdot X_{5uz}^{dg} = X_{5uz}^{dp}$. Pentru I_s se recomandă valori cuprinse între 4 și 60 g CBO₅ total/m² disc, zi.

Încărcarea specifică în compuși amoniacali (NH₃) reprezintă raportul:

$$I_N = \frac{K_{NH_3}^b}{A_d} \quad (\text{g NH}_3/\text{m}^2 \text{ disc, zi}) = 0,70 \dots 2,00 \quad (\text{g NH}_3/\text{m}^2 \text{ disc, zi}) \quad (3)$$

unde $K_{NH_3}^b$ reprezintă cantitatea de azot din compuși amoniacali, care intră zilnic în treapta biologică.

Timpu de trecere prin instalație a apei uzate la debitul de calcul, se calculează cu relația:

$$t = \frac{V_j}{Q_c} \quad (\text{h}) \quad (4)$$

în care V_j (m³) este volumul total al jgheaburilor, iar Q_c este debitul de calcul exprimat în m³/h.

Reducerea specifică a materiilor organice exprimă câte grame de CBO₅ pot fi reduse (reținute, eliminate) de o suprafață de disc egală cu 1,0 m². Ea se calculează cu relația:

$$r_s = \frac{C'_b}{A_d} \quad (\text{g CBO}_5 \text{ red}/\text{m}^2 \text{ disc, zi}) \quad (5)$$

în care $C'_b = C_b - C_{ev}$ (kg CBO₅/zi) - cantitățile de materii în suspensie și CBO₅ reduse (eliminate sau reținute) zilnic în treapta de epurare biologică.

Între încărcarea specifică I_s și reducerea specifică r_s , există aproximativ relația:

$$r_s = d_{xb} \cdot I_s \quad (\text{g CBO}_5 \text{ red}/\text{m}^2 \text{ disc, zi}) \quad (6)$$

unde d_{xb} reprezintă gradul de epurare necesar privind CBO₅ al treptei biologice care se calculează cu relația $d_{xb} = \frac{C_b - C_{ev}}{C_b} \cdot 100 = \frac{C'_b}{C_b} \cdot 100$ (%).

În calculele de dimensionare se determină cantitățile de substanță organică C_b și C'_b prin efectuarea bilanțului de substanțe pe

linia apei {bilanțul de substanțe pe linia apei va determina următoarele cantități de substanțe (se consideră, spre exemplificare, numai indicatorii de impurificare „materii în suspensie” și „substanțe organice biodegradabile exprimate prin CBO₅”, asupra cărora epurarea mecano-biologică are eficiențe de reținere semnificative)} și se alege o încărcare organică specifică I_s. Cu această valoare se obține suprafața necesară a biodiscurilor:

$$A_d^{nec} = \frac{C_b}{I_s} (m^2) \quad (7)$$

Pentru valoarea I_s considerată și gradul de epurare necesar privind CBO₅ al treptei biologice $d_{xb} = \frac{C'_b}{C_b}$, se calculează reducerea specifică r_s cu relația (6).

Se determină cantitatea de substanță organică ce poate fi eliminată de suprafața biodiscurilor A_d^{nec} calculată anterior:

$$C''_b = r_s \cdot A_d^{nec} \text{ (g CBO}_5 \text{ red / zi)} \quad (8)$$

Se compară valoarea C''_b cu valoarea reală C'_b a cazului tratat, determinată din bilanțul de substanțe cu relația (6). Cele două valori nu trebuie să difere cu mai mult de ± 2 %. Dacă diferența este mai mare, se refac calculele, considerând o altă încărcare specifică I_s, până când C''_b ≅ C'_b.

Cu valoarea suprafeței biodiscurilor A_d determinată din ultima încercare și cu diametrul unui biodisc D ales în limitele recomandate (în mod curent 2,0...3,0 m), se calculează numărul de biodiscuri cu relația:

$$m = 0,636 \cdot \frac{A_d}{D^2} \text{ (discuri)} \quad (9)$$

Lungimea axelor necesară rezultă din expresia:

$$L = m(d + w) \cdot k \text{ (m)} \quad (10)$$

unde d = 0,01...0,015 m este grosimea unui disc, w = 0,02 m distanța dintre discuri iar K un coeficient de neuniformitate care ține seama de circulația apei printre discuri. Coeficientul K se consideră în calcule egal cu 1,2.

Volumul net al jgheaburilor este:

$$V_{\text{net}} = 0,32D^2(L - m \cdot d) \text{ (m}^3\text{)} \quad (11)$$

iar durata medie de trecere a apei uzate prin jgheaburi, la debitul de calcul:

$$t = \frac{V_{\text{net}}}{Q_c} \text{ (h)} \quad (12)$$

unde Q_c se introduce în m^3/h .

Turația necesară a biodiscurilor se calculează cu relația:

$$n = \frac{6,37}{D} \cdot \left(0,9 - \frac{V_{\text{net}}}{Q_c} \right) \text{ (rot/min)} \quad (13)$$

în care D se introduce în m , V_{net} în m^3 , iar Q_c în m^3/h .

Este de preferat ca la diametre ale discurilor de 2,0 m, turația să fie $h \geq 2$ rot/min, iar la diametre mai mari, turația să fie peste 1,4 rot/min.

Relația (13) este valabilă pentru funcționarea în serie a jgheaburilor. La funcționarea în paralel, V_{net} din relația (13) se va înlocui cu $V_{1\text{net}} = \frac{V_{\text{net}}}{n_{\text{axe}}}$ (m^3/jgheab).

Numărul de pachete necesar se calculează cu relația:

$$n_p = \frac{m}{m_{\text{dp}}} \text{ (număr pachete)} \quad (14)$$

unde $m_{\text{dp}} \leq 20-25$ este numărul de discuri/pachet. Numărul n_p se rotunjește la valori întregi.

Numărul de axe necesar este:

$$n_{\text{axe}} = \frac{n_p}{n_{p \text{ ax}}} \text{ (număr axe)} \quad (15)$$

unde $n_{p \text{ ax}} = 1...4$ reprezintă numărul de pachete/ax. Numărul n_{axe} se rotunjește la valori întregi.

Lungimea unui ax se determină din expresia:

$$L_{\text{ax}} = \frac{L}{n_{\text{axe}}} = n_{p \text{ ax}} \cdot n_{\text{dp}} \cdot (d + w) \cdot K \text{ (m)} \quad (16)$$

Volumul net al unui jgheab va fi:

$$V_{1\text{net}} = 0,32 \cdot D^2(L_{\text{ax}} - n_{p \text{ ax}} \cdot n_{\text{dp}} \cdot d) \text{ (m}^3\text{)} \quad (17)$$

4. Rezultate experimentale și concluzii

■ Jgheburile cu biodiscuri pot fi montate în serie (maximum trei jgheburii) sau în paralel, funcție de acest montaj rezultând gabaritul clădirii, spațiile de circulație, amplasamentul echipamentului de acționare (motor electric, reductor de turație), al canalelor de admisie și de evacuare etc.

■ Metodologia de dimensionare de mai sus poate fi aplicată și altor tipuri de contactoare biologice rotative, cu condiția de a fi indicate suprafața contactorilor, dimensiunile geometrice ale elementelor componente și încărcările specifice (organice și hidraulice) aferente.

■ Volumul specific de nămol biologic reținut în decantoarele secundare este:

$$v_{sn} = 0,013...0,016 \text{ m}^3 \text{ nămol/kg CBO}_5 \text{ red, zi.}$$

Umiditatea acestui nămol este $w_b \cong 95\%$, iar gradul de mineralizare de 60 %.

■ Stațiile de epurare a apelor uzate care folosesc RBC, se caracterizează printr-o tehnologie simplă, dar modernă și de eficiență ridicată.

Prevederea de utilaje și echipamente performante este obligatorie în vederea realizării eficiențelor de epurare dorite. Astfel, soluția tehnologică cuprinde instalații performante, ce implică consum energetic redus, operațiuni de exploatare simple prin aplicarea unei automatizări specifice procesului tehnologic.

■ Soluția de epurare apă uzată care utilizează această tehnologie este modulară permițând o extindere ulterioară a capacității de epurare prin simpla adăugare de noi module;

■ Datorită adoptării unei soluții modulare, capacitatea de epurare a stației poate fi mărită pe viitor prin adăugarea unui nou modul.

■ Datorită procesului tehnologic performant nu se evacuează nămol în exces, ceea ce conduce la eliminarea costurilor privind tratarea acestuia.

■ Consumul energetic este redus.

■ Experimentele au furnizat rezultate bune, în condiții stabile, pe mai mult un an de operare a instalației, atât în ceea ce privește

reducerea conținutului de materie organică, cât și în ceea ce privește eficiența nitrificării.

■ Rezultatele sunt și de data aceasta pozitive, cu un plus pentru RBC, recomandând folosirea lor pentru stații de epurare de volume reduse sau pentru amenajări domestice individuale

BIBLIOGRAFIE

- [1] Aguilera, A., Virginia Souza-Egipsy, Patxi San Martin-uriz, Amils, R., *Extraction of extracellular polymeric substances from extreme acidic microbial biofilms*, *Appl Microbiol Biotechnol*, 78, 1079-1088, 2008.
- [2] Ahn, B.C., PARK, H. and J.K., *Critical factors affecting biological phosphorus removal in dairy wastewater treatment plants*, *Journal of Civil Engineering*, 12, 99-107, 2008.
- [3] Arden, E., Lockett, W.T., *Experiments on the oxidation of sewage without the aid of filters*, *J. Chem. Soc. Ind.*, 33 (10), 1914.
- [4] Asgher, M., Bhatti, H.N. Ashraf, M., Legge, R.L., *Recent developments in biodegradation of industrial pollutants by white rot fungi and their enzyme system*, *Biodegradation*, 19, 771-783, 2008.
- [4] Baeza, J.A., Ferreira, E.C., Laufuente, J., *Knowledgebased supervision and control of waste-water treatment plant: A real-time application*, *Water Science and Technology*, 41, 129 – 137, 2000.
- [5] Barnett, W.M., *Knowledge-based expert system applications in waste treatment operation and control*, *ISA Transactions*, 31, 53–60, 1992.
- [6] Bucur, T., *Tehnologii ecologice de protecția mediului*, Editura Mira Design, Sibiu, 2003.
- [7] Jones, G.L., *A mathematical model for bacterial growth and substrate utilisation in the activated sludge process*, in A. JAMES (Eds.) *Mathematical models in water pollution control*, John Willey and Sons, New York, 1978.
- [8] Wang, L.K. et al., *Handbook of Environmental Engineering*, Volume 8: Biological Treatment Process, The Humana Press, Totowa, NJ, 2010.
- [9] Rojanschi, V., ș.a., *Protecția și ingineria mediului*, Editura Economică, București, 1997.
- [10] * * * *Raport privind Calitatea Apelor 2007 al Ministerului Mediului și Dezvoltării Durabile*.

Ing. Marius Florinel RADU
șef serviciu, Ministerul Dezvoltării Regionale și Turismului
e-mail: marius.radu@mdrt.ro
Prof. Dr.Ing. Valeriu Nicolae PANAITESCU
Mecanica fluidelor, Mașini hidraulice și Ingineria mediului,
Universitatea "Politehnică" București, membru AGIR