

## DETERMINAREA CONCENTRATIEI DE OXIGEN DIZOLVAT DIN CADRUL UNUI BIOREACTOR DE TIP MBBR

Ioana Corina Moga<sup>1</sup>, Bogdan Nasarimba-Grecescu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitatea POLITEHNICA din Bucuresti, Splaiul Independentei 313,  
Bucuresti, e-mail: corinamoga@yahoo.com

<sup>2</sup> S.C. DFR Systems S.R.L., Str. Drumul Taberei 46, bl. OS 2, ap. 23, Bucuresti,  
e-mail: bogdan.n@dfr.ro

### Abstract:

Mathematical modeling and numerical simulation are increasingly important in the design of different installations and equipments. Using these methods, the investors will save both funds and time. Besides engineering calculations, numerical simulations represent an important and absolutely necessary activity. In the present study is proposed a model for the oxygen concentration profiles in a mobile bed biofilm reactor (MBBR) using the dispersion equation. The purpose of the study is to find the optimum dimension and position of the aeration pipes for maintaining the oxygen concentration in the limits indicated in the literature. Mathematical modeling of dissolved oxygen concentration allows identifying the zones in bioreactor with oxygen concentration below the limits and choosing the appropriate dimension and position for aeration pipe which leads to a well operated tank. The simulations have been realized using FlexPDE5 program and the general equation of dispersion (simplified form) has been utilized.

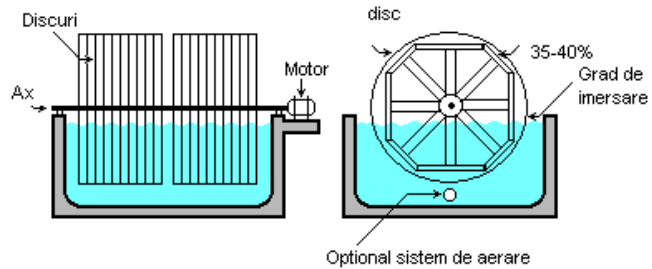
### Introducere

Cele mai recente cercetari si tehnologii de epurare biologica se bazeaza pe fixarea biofilmului pe diferite medii. Astfel o posibilitate o reprezinta suportul fix, care se afla in permanenta imersat in masa de apa. Cum sistemul este amplasat in masa de apa uzata este prevazut un sistem de aerare. Sistemul este realizat din membrane elastomer care produc bule fine de aer cu ajutorul unei suflante. Un suport fix pentru biofilm este prezentat in figura 1.

Discurile biologice sau biodiscurile, (fig. 2), sunt executate sub forma unor placi circulare, din aluminiu, masa plastica poroasa etc. montate pe arborele antrenat in miscare de rotatie de la un motoreductor.



**Fig. 1.** Suport fix de susținere a biofilmului

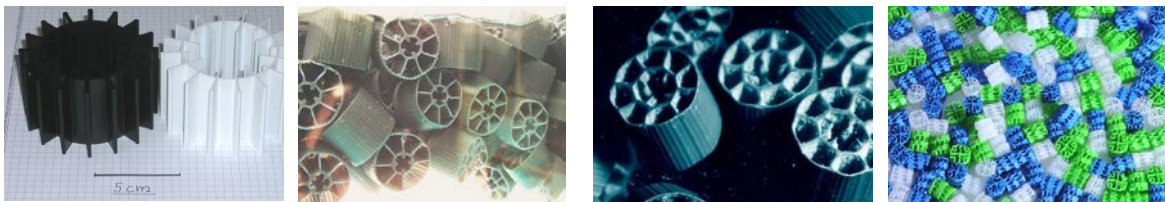


**Fig. 2.** Echipament de epurare biologică cu discuri și pelicula biologică

Acest pachet de discuri, 20...25 bucati, este montat într-o carcasa care, la randul ei, este amplasata in cuva exteriora. Pe arbore se pot monta mai multe pachete cu discuri. Pelicula care se desprinde de pe discuri cade la baza bazinului, unde formeaza un strat de namol.

Cel mai avantajos sistem de susținere a biofilmului este reprezentat de sistemul mobil. Elemente de mici dimensiuni, realizate din materiale speciale cu densitatea apropiata de cea a apei, sunt imersate in bioreactoare. Elementele sunt mentinute in suspensie si chiar amestecate cu ajutorul bulelor de aer. Acest tip de suport este cel mai eficient, deoarece nu se colmateaza si spre deosebire de contactoarele rotative nu necesita consum suplimentar de energie. Suprafata specifica a elementelor mobile este foarte mare, la nivel mondial existand cateva modele de astfel de piese. Cateva dintre acestea sunt prezentate in figura 3.


Materialele solide care se introduc in instalatiile de epurare cu pelicula biologică, denumite si corpuri de umplutura, trebuie sa raspunda unor cerinte de baza impuse de tehnologie si de consumul de energie.



**Fig. 3.** Elemente mobile de fixare și susținere a biofilmului

In tabelul 1 sunt prezentate principalele caracteristici ale diferitelor tipuri de elemente mobile.

**Tabelul 1.** Forme și caracteristici ale elementelor mobile

Nr. crt	Model	Suprafata specifica [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	Suprafata de fixare a biofilmului [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	Greutate [kg/m <sup>3</sup> ]
1		884	484	160

2		836	494	165
3		859	704	150
4		767	644	151
5		437	264	118
6		602	393	125
7		720	589	155
8		535	339	109
9		312	226	71
10		320	269	110
11		322	268	80
12		236	187	55
13		195	149	54
14		188	141	47
15		148	125	51

### **Parte experimentală**

În cadrul S.C. DFR Systems S.R.L. s-a dezvoltat un nou tip de suport artificial mobil (SAM) pentru fixarea biofilmului. Noul model de SAM a fost conceput plecând de la modele existente (procedeele Kaldness), care au fost modificate în vederea obținerii unei rezistențe mai mari și unei suprafețe de fixare superioare.

Piesa de fixare a biofilmului este o piesă obținută prin tehnologii specifice prelucrării maselor plastice (injectie, extrudare etc.) și are o formă circulară fiind susținută în interior de 6 spate (fig. 4). Acestea conferă piesei de fixare a

biofilmului o rezistență la deformare mai bună. În plus, spițele sporesc suprafața de expunere și fixare a microorganismelor care formează biofilmul. Piesa de fixare a biofilmului este prevăzută cu aripioare fine pe partea exterioară care, propulsate de bulele de aer, induc o mișcare de rotație a elementului în jurul axei generând astfel un efect de autocurățire, prevenind colmatarea. Densitatea specifică le permite să plutească liber “între ape”, iar datorită mișcării permanente de rotație și a formei rotunde, să nu permită aderența namolului pe partea exterioară, fiind astfel un mediu necolmatabil și autocurător. Avantajul incontestabil al elementelor mobile este reprezentat de marea suprafață specifică pe unitate de volum oferită pentru dezvoltarea peliculei biologice.

În figura 4 sunt prezentate elementele mobile din cadrul diferitelor aplicații. În prima poză se observă biofilmul dezvoltat în interiorul suportului. Următoarele două poze sunt realizate în momente diferite ale procesului de epurare, astfel în centru este cazul umplerii stației (suportul artificial nu este încă umezit), iar în partea dreaptă stația de epurare este în funcțiune.

Oxigenarea apelor este un proces de transfer de masă a gazului în masa de lichid. El se poate utiliza în tratarea apelor în scopul deferrizării sau demanganizării și în epurarea apelor la treapta biologică. Procesul se poate baza pe oxigenul din aer, pe aerul ozonizat sau direct pe oxigenul pur. În cazul de față se consideră că se introduce aer cu ajutorul unei suflante într-un bioreactor ce conține SAM. Se dorește determinarea concentrației de oxigen din masa de apă uzată cu ajutorul modelărilor matematice și simulărilor numerice.



**Fig. 4.** Suport Artificial Mobil (SAM) în SEAU

Pentru construcția modelului matematic, ce a fost apoi implementat în software-ul se consideră ecuația generală a dispersiei:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\bar{u}\bar{C}) + \frac{\partial}{\partial y}(\bar{v}\bar{C}) + \frac{\partial}{\partial z}(\bar{w}\bar{C}) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\varepsilon_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\varepsilon_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\varepsilon_z \frac{\partial \bar{C}}{\partial z}\right) + D_m \left( \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) + S(x, y, z, t) \quad (1)$$

unde  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$ ,  $\varepsilon_z$  reprezintă coeficienții de dispersie longitudinală, transversală și respectiv pe verticală a curentului fluid, iar marimile se consideră mediate. O soluție completă a acestei ecuații, la care trebuie să se atașeze și ecuațiile de mișcare și de continuitate, este imposibil de obținut din cauza

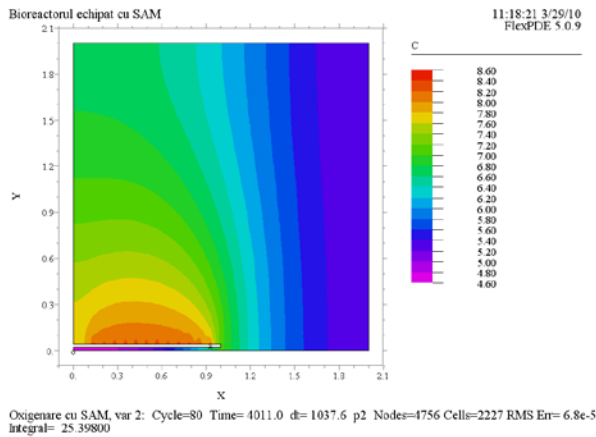
dependentei coeficientilor de dispersie de regimul de curgere, de natura, forma si dimensiunile particulelor dispersate, precum si de proprietatile fizice ale mediilor. Din acest motiv se apeleaza la modele simplificate.

Pentru simplificarea ecuatiei se considera sistemul ortogonal cartezian Oxy in care ecuatia de dispersie devine:

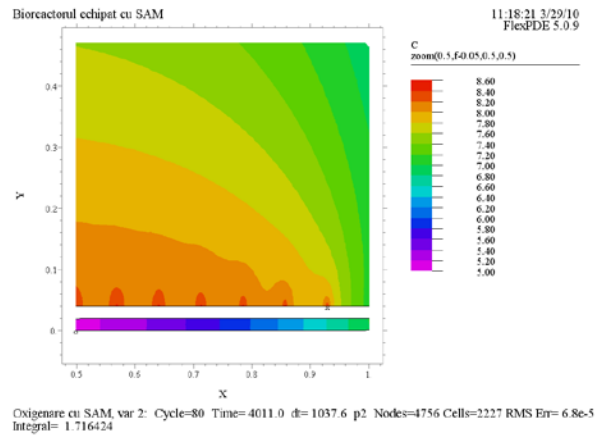
$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\bar{u}\bar{C}) + \frac{\partial}{\partial y}(\bar{v}\bar{C}) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\varepsilon_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\varepsilon_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y}\right) \quad (2)$$

unde marimile sunt mediate pe o durata de timp caracteristica.

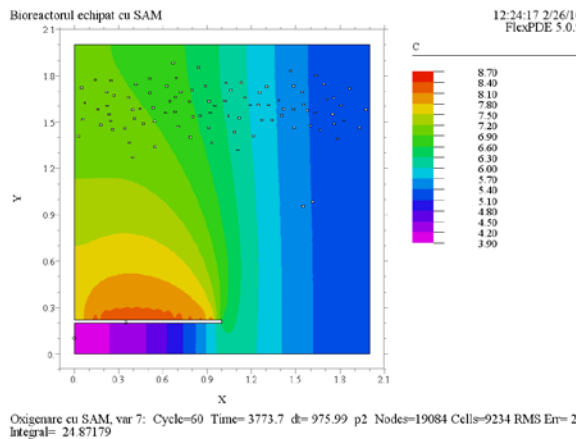
In figurile urmatoare sunt prezentate rezultatele obtinute in urma simularilor numerice. S-au considerat mai multe variante: sectiune orizontala prin bioreactor fara SAM; sectiune orizontala prin bioreactor cu SAM in diferite proportii; sectiune transversala prin bioreactor fara SAM; sectiune transversala prin bioreactor cu SAM in diferite proportii.



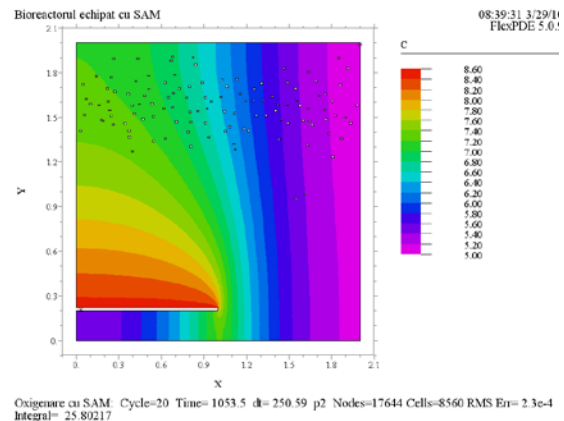
**Fig. 5.** Profilul concentratiei de oxigen in masa de apa - vedere longitudinala



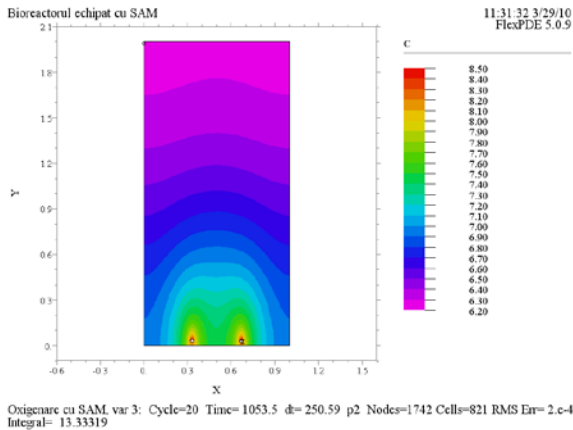
**Fig. 6.** Profilul concentratiei de oxigen in masa de apa - zoom in partea inferioara a bioreactorului cu sistemul de aerare, orificiile din teava de inox



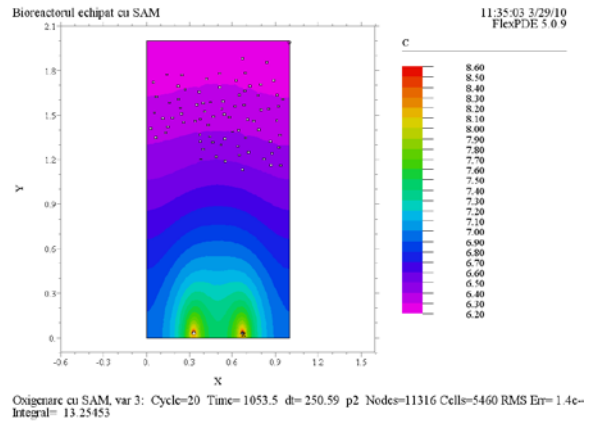
**Fig. 7.** Profilul concentratiei de oxigen in masa de apa - vedere longitudinala



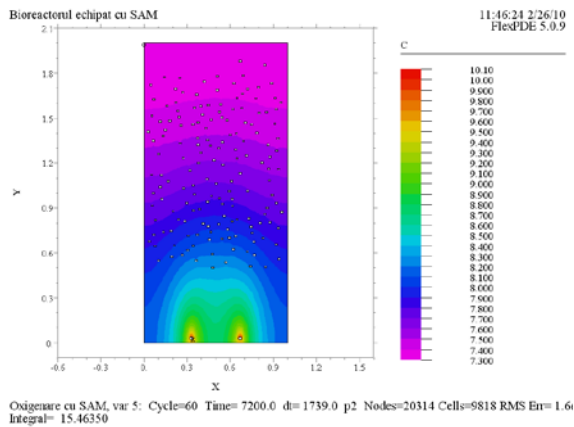
**Fig. 8.** Profilul concentratiei de oxigen in masa de apa - vedere longitudinala



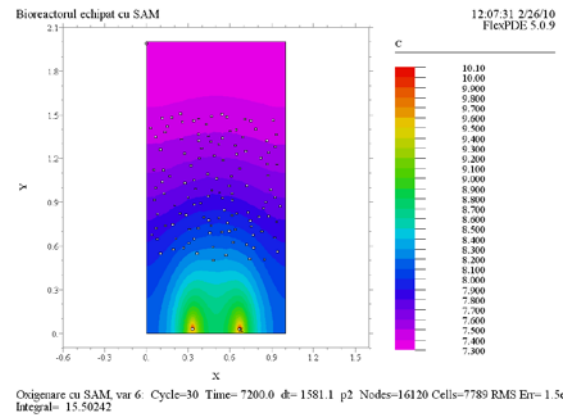
**Fig. 9.** Profilul concentratiei de oxigen in masa de apa - sectiune transversala



**Fig. 10.** Profilul concentratiei de oxigen in masa de apa - sectiune transversala



**Fig. 11.** Profilul concentratiei de oxigen in masa de apa - sectiune transversala



**Fig. 12.** Profilul concentratiei de oxigen in masa de apa - sectiune transversala

In figurile 5 - 12 sunt prezentate cateva dintre simularile numerice realizate pentru procesul de oxigenare a apei. Analizand figurile 7 si 8 se observa foarte clar faptul ca suportul artificial mobil ajuta acest proces de oxigenare. Bulele de aer rezultate se ridica la suprafata apei, dar in drumul lor acestea intalnesc SAM. Ca urmare bulele de aer se divid si pentru ca ocolesc SAM stau mai mult in masa de apa. In acest interval de timp are loc un mai bun transfer de masa al oxigenului din aer in masa de apa. Cu cat volumul de SAM introdus in masa de apa este ai mare cu atat bulele de aer formate ajung mai greu la suprafata libera.

Acelasi lucru iese in evidenta si din figurile in care in care este reprezentata sectiunea transversala (10 - 12). Pentru aceasta sectiune s-au realizat mai multe simulari numerice. Pentru sectiunea longitudinala nu s-a reusit marirea cantitatii de SAM din interiorul bioreactorului deoarece programul este foarte complex, din cauza geometriei domeniului de calcul, si se blocheaza. Doar in figurile 11 si 12 s-a reusit simularea procesului de aerare cu o cantitate mai mare de SAM.

### **Concluzii**

Simularile matematice realizate au condus la rezultate importante care nu se puteau obtine pe alta cale. Modelele matematice care au stat la baza simularilor numerice pot fi utilizate si in cadrul altor situatii, pentru alte geometrii de bazine sau alte configuratii ale sistemului de aerare.

### **Multumiri**

Rezultatele prezentate in acest articol au fost obtinute cu sprijinul Ministerului Muncii, Familiei si Protectiei Sociale prin Programul Operational Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Contract nr. POSDRU/89/1.5/S/62557.

### **Bibliografie**

1. American Water Works Association and American Society of Civil Engineers. *Water Treatment Plan Design*. New York: McGraw-Hill, 1990;
2. Hvala, N., Vrecko, D., Burica, O., Strazar, M., Levstek, M., *Simulation study supporting wastewater treatment plant upgrading*, Water Sci. Technol. 46 (4–5) pg. 325–332, 2002;
3. Mandis I. C., Nasarimba-Grecescu D. B., Petrescu G., Porut A., Robescu Di., *Designing methods based on mathematical modelling and numerical simulations for compact wastewater treatment plants*, 4<sup>th</sup> International Conference on Energy and Environment - CIEM 2009;
4. Metcalf and Eddy, Inc. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, fourth edition. New York: McGraw-Hill, 2003;
5. Odegaard, H., Rusten, B., Westrum, T., *A new moving bed biofilm reactor—applications and results*, Water Sci. Technol. 29 (10–11) pg. 157–165, 1994;
6. Robescu Di., *Modelarea proceselor biologice de epurare a apelor uzate*, Editura Politehnica Press, 2009;
7. Robescu D. N., Lanyi S., Robescu D., Constantinescu I. - *Tehnologii, instalatii si echipamente epurare*, Editura Tehnica, Bucuresti, 2000;
8. [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com).