

## ALGORITHM FOR COMPUTING CAPACITY OF WATER OXYGENATION /

### ALGORITM PENTRU CALCULUL CAPACITĂȚII DE OXIGENARE A APEI

Lect. Ph.D. Eng. Safta V. <sup>1)</sup>, Asst. PhD. Stud. Eng. Dilea M. <sup>1)</sup>, Asst. PhD Stud. Eng. Constantin G.A. <sup>1)</sup>, PhD. Eng. Atanasov A. <sup>2)</sup>  
<sup>1)</sup>P.U. Bucharest / Romania; <sup>2)</sup>University of Rousse / Bulgaria  
 Tel: 0724017310; E-mail: [saftavictorviorel@yahoo.com](mailto:saftavictorviorel@yahoo.com)

**Abstract:** This paper presents the algorithm for computing capacity of water oxygenation, which was developed in order to perform related computations processing results in laboratory experiments

**Keywords:** algorithm, water oxygenation capacity, water oxygenation, coefficient of oxygen absorption in water, program,

#### INTRODUCTION

Generally, the problems of water quality are related to the decrease in the dissolved oxygen content, particularly in the lower layers. These lower layers may deteriorate significantly if the dissolved oxygen consumed in biochemical processes is not renewed by surface aeration or photosynthesis [1, 2].

In waste water treatment, for certain specific treatments, the transfer processes in/of water of gaseous components are important (introduction of atmospheric oxygen in water, removing carbon dioxide and hydrogen sulphide from water, introduction of chlorine or ozone in water).

Among these, the most representative treatment, widely used in practice is the introduction of gaseous oxygen in the effluent, in order to remove organic impurities under the action of a biomass of aerobic bacteria. Dissolved oxygen (O<sub>2</sub>) has been identified as one of the most critical environmental factors controlling water quality [3].

The oxygen comes most often from the atmosphere, in this case the process is called *water aeration*. Instead of air, can be introduced pure gaseous oxygen, but, this treatment which is more expensive, is used only for chemical oxidation of hardly biodegradable or mineral compounds, or for removal of gaseous compounds. Therefore, this treatment provides a significant improvement in quality of treated water.

Usually, the waste water don't contain gaseous oxygen because of organic pollution load. Dissolved oxygen is naturally found only in clean natural waters (unpolluted).

Normal amounts of dissolved oxygen in pure water established in equilibrium with the atmospheric air saturated in water vapour and under standard atmospheric pressure (760 mm Hg), vary with temperature.

Water containing specific amount of oxygen which are found in specific tables [4] are called *oxygen saturated water*, those containing larger amounts than indicated values are called *oxygen oversaturated water* and those containing smaller amounts than indicated values are called *oxygen subsaturated water*.

Waters from the catchment area usually contain small amounts of dissolved oxygen than saturation limit, due to their organic substances content, particularly near population centers. However, at a certain distance from population centers the amount of oxygen from water increases due to the reduction of organic impurities load by naturally self-cleaning phenomenon. In this situation, waters again tend to saturate with oxygen from atmospheric air.

It is to be noted that natural water containing significant amounts of dissolved salts have oxygen saturation limits lower than those of pure natural water.

**Rezumat:** Această lucrare prezintă algoritmul pentru calculul capacității de oxigenare a apei, care a fost realizat în scopul efectuării rapide și comode a calculelor aferente prelucrării rezultatelor obținute în urma experimentelor de laborator.

**Cuvinte cheie:** algoritm, capacitate de oxigenare a apei, oxigenarea apei, coeficient de absorbție a oxigenului în apă. program

#### INTRODUCERE

În general, problemele legate de calitatea apei sunt corelate cu scăderea conținutului de oxigen dizolvat, în special în straturile inferioare. Aceste straturi inferioare se pot deteriora semnificativ dacă oxigenul dizolvat consumat în procesele biochimice nu este reînnoit prin aerare de suprafață sau fotosinteză [1, 2].

În epurarea apelor uzate, pentru anumite tratamente specifice, prezintă importanță practică procesele de transfer în/din ape a unor componenți gazoși (introducerea oxigenului atmosferic în ape, scoaterea bioxidului de carbon și a hidrogenului sulfurat din ape, introducerea clorului sau a ozonului în ape, etc).

Dintre acestea, tratamentul cel mai reprezentativ, utilizat pe scară largă în practică, îl constituie introducerea oxigenului gazos în apa uzată, în scopul îndepărtării impurităților de natură organică sub acțiunea unei biomase de bacterii aerobe. Oxigenul dizolvat (O<sub>2</sub>) este cunoscut ca fiind unul dintre cei mai critici factori de mediu în monitorizarea calității apelor [3].

Oxigenul provine cel mai frecvent din aerul atmosferic, caz în care procesul poartă denumirea de *aerare a apei*. În loc de aer, se poate introduce și oxigen gazos pur, dar acest tratament, mult mai costisitor se face numai în scopul oxidării chimice a unor compuși greu biodegradabili sau minerali, sau pentru eliminarea unor compuși gazoși, prin acestea realizându-se o îmbunătățire semnificativă a calității apei tratate.

În mod normal, apele uzate nu conțin oxigen gazos din cauza încărcării poluante cu substanțe organice. Oxigenul dizolvat se găsește în mod natural doar în apele naturale curate (nepoluante).

Cantitățile normale de oxigen dizolvat în apa pură, stabilite în condiții de echilibru cu aerul atmosferic saturat în vapori de apă, precum și în condiții standard de presiune atmosferică (760 mm Hg), variază în funcție de temperatură.

Apele care conțin cantitățile de oxigen indicate în tabele specifice [4], se numesc *ape saturate cu oxigen*, cele care conțin cantități mai mari decât valorile indicate se numesc *ape suprasaturate cu oxigen*, iar cele care conțin cantități mai mici decât valorile indicate se numesc *ape subsaturate cu oxigen*.

Apele din bazinul hidrografic de suprafață conțin de regulă cantități mai mici de oxigen dizolvat decât limita de saturație, datorită conținutului lor în substanțe organice, mai ales în apropierea centrelor populate. Totuși, la o anumită distanță de centrele populate, cantitatea de oxigen din ape crește, datorită diminuării încărcării cu impurități organice, prin fenomenul natural de autoepurare, și în această situație apele tind din nou să se satureze cu oxigen din aerul atmosferic.

Se poate menționa că și apele naturale care conțin cantități semnificative de săruri dizolvate prezintă limite de saturație cu oxigen mai mici decât cele ale apelor naturale pure.

The lack of oxygen quantity missing in water in order to achieve the saturation value is called *oxygen deficiency*.

By knowing water oxygen deficiency it can be appreciated both the state of pollution of natural waters and efficiency of biological treatment of wastewater treatment.

The process of water aeration is quantified by *oxygenation capacity* [5].

## MATERIALS AND METHODS

There are two methods for determining the oxygenation capacity of a system: unsteady state method and steady state method. *The steady state method* is based on implementation of a biological process in an activated sludge aeration tank (bioreactor), in which all state parameters of process remain constant and introducing continuously a certain amount of oxygen so as to maintain a constant level of dissolved oxygen (between 1-2 mg/l).

This method is more accurate and more difficult to apply in practice [6].

*The unsteady state method* is much simpler to perform, and its equally accurate and reliable. The principle of this method is the following: a gas forming part of an atmosphere in contact with a liquid in which it is soluble will pass into solution up to the point at which the concentration of the gas in the liquid is in equilibrium with the concentration of the gas in the atmosphere.

The equilibrium point is determined by the *coefficient of absorption*  $K_s$ , which is the value of the concentration of the gas in the liquid when the atmosphere is composed entirely of the gas under consideration [5].

$$K_s = \frac{\ln D_{t_1} - \ln D_{t_2}}{t_2 - t_1} = \frac{2,303 \cdot (\log D_{t_1} - \log D_{t_2})}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

where:  $K_s$  – coefficient of absorption, which in experiment of this sort, is conveniently expressed in  $[h^{-1}]$ ;

$D_{t_1}$ ,  $D_{t_2}$  [mg/l] – two selected readings of oxygen deficit concentration in fluid;

$t_1$ ,  $t_2$  [h] – corresponding values of time to achieve adequate oxygen deficits  $D_{t_1}$ ,  $D_{t_2}$ .

*The oxygen deficit,  $D_t$ , dissolved in water*, at time  $t$ , is defined as the difference between the oxygen saturation concentration,  $C_s$  [mg/l], at temperature of experiment and effective concentration of oxygen  $C_t$  [mg/l] dissolved in water at the considered time.

Cantitatea de oxigen care lipsește unei ape pentru a atinge valoarea de saturare se numește *deficit de oxigen*.

Prin cunoașterea deficitului de oxigen din apă se poate aprecia atât starea de impurificare a apelor naturale, cât și eficiența procesului de epurare biologică din stațiile de epurare.

Mărima care cuantifică cantitativ procesul de aerare a apei este *capacitatea de oxigenare* [5].

## MATERIALE ȘI METODE

Pentru determinarea capacității de oxigenare a unui sistem se folosesc două tipuri de metode experimentale: metoda de determinare a capacității de oxigenare în condiții stabile și metoda de determinare a capacității de oxigenare în condiții instabile. *Metoda de determinare a capacității de oxigenare în condiții stabile* se bazează pe realizarea unui proces biologic într-un bazin de aerare cu nămol activ (bioreactor), la care se mențin constante toate parametrii de stare ai procesului, introducându-se permanent în bioreactor o anumită cantitate de oxigen astfel încât în bazin să se mențină constant nivelul oxigenului dizolvat (între 1-2 mg/l).

Această metodă este mai precisă, dar și mai greu de aplicat în practică [6].

*Metoda de determinare a capacității de oxigenare în condiții instabile* este o metodă mult mai simplă de aplicat, și care dă rezultate având o acuratețe aproximativ similară. Principalul, metoda se bazează pe faptul că un anumit gaz component al unei atmosfere care se găsește în contact cu un lichid în care gazul este solubil, se va dizolva în lichid (formând cu acesta o soluție) până la nivelul la care concentrația gazului în lichid este în echilibru cu concentrația gazului în atmosferă.

Nivelul de echilibru este determinat de *coeficientul de absorbție*  $K_s$ , care reprezintă valoarea concentrației gazului în lichid, atunci când atmosfera este alcătuită în întregime din gazul considerat [5].

în care:  $K_s$  – coeficient de absorbție, care în astfel de experimente, se exprimă convențional în  $[h^{-1}]$ ;

$D_{t_1}$ ,  $D_{t_2}$  [mg/l] – două valori selectate din înregistrările deficitului de oxigen dizolvat în apă;

$t_1$ ,  $t_2$  [h] – momentele de timp corespunzătoare atingerii deficitului de oxigen  $D_{t_1}$ ,  $D_{t_2}$ .

*Deficitul  $D_t$  de oxigen dizolvat în apă*, la un moment dat  $t$ , se definește ca fiind diferența dintre concentrația  $C_s$  [mg/l] de saturație cu oxigen a apei, corespunzătoare temperaturii la care are loc procesul în momentul de timp considerat, și concentrația  $C_t$  [mg/l] efectivă de oxigen dizolvat în apă la momentul de timp considerat.

$$D_t = C_s - C_t \quad (2)$$

*The oxygenation capacity  $R$  of a system* is defined as the rate of absorption of oxygen during the aeration process of completely de-oxygenated water. The oxygenation capacity is determined by the following relation:

$$R = 10^{-3} \cdot K_s \cdot F \cdot C_{s(10)} \cdot V \quad (3)$$

where:  $R$  [g/h] - the oxygenation capacity of water;

$K_s$   $[h^{-1}]$  - coefficient of absorption;

$F$  – temperature correction factor;

$C_{s(10)}$  [mg/l] - oxygen saturation concentration at 10°C;

$V$  [l] – the volume of liquid in the system.

în care:  $R$  [g/h] - capacitatea de oxigenare a apei;

$K_s$   $[h^{-1}]$  – coeficient de absorbție;

$F$  - factorul de corecție în funcție de temperatură;

$C_{s(10)}$  [mg/l] - concentrația de oxigen în apă la saturație, la temperatura de 10°C;

$V$  [l] - volumul de apă supus aerării.

### Algorithm and calculation program

For processing the experimental data obtained in laboratory experiment, we used an algorithm whose structural scheme is shown in Figure 1.

### Algoritmul și programul de calcul

Pentru procesarea datelor experimentale obținute în experimentul de laborator, s-a utilizat un algoritm de calcul a cărui schemă structurală este prezentată în Figura 1.

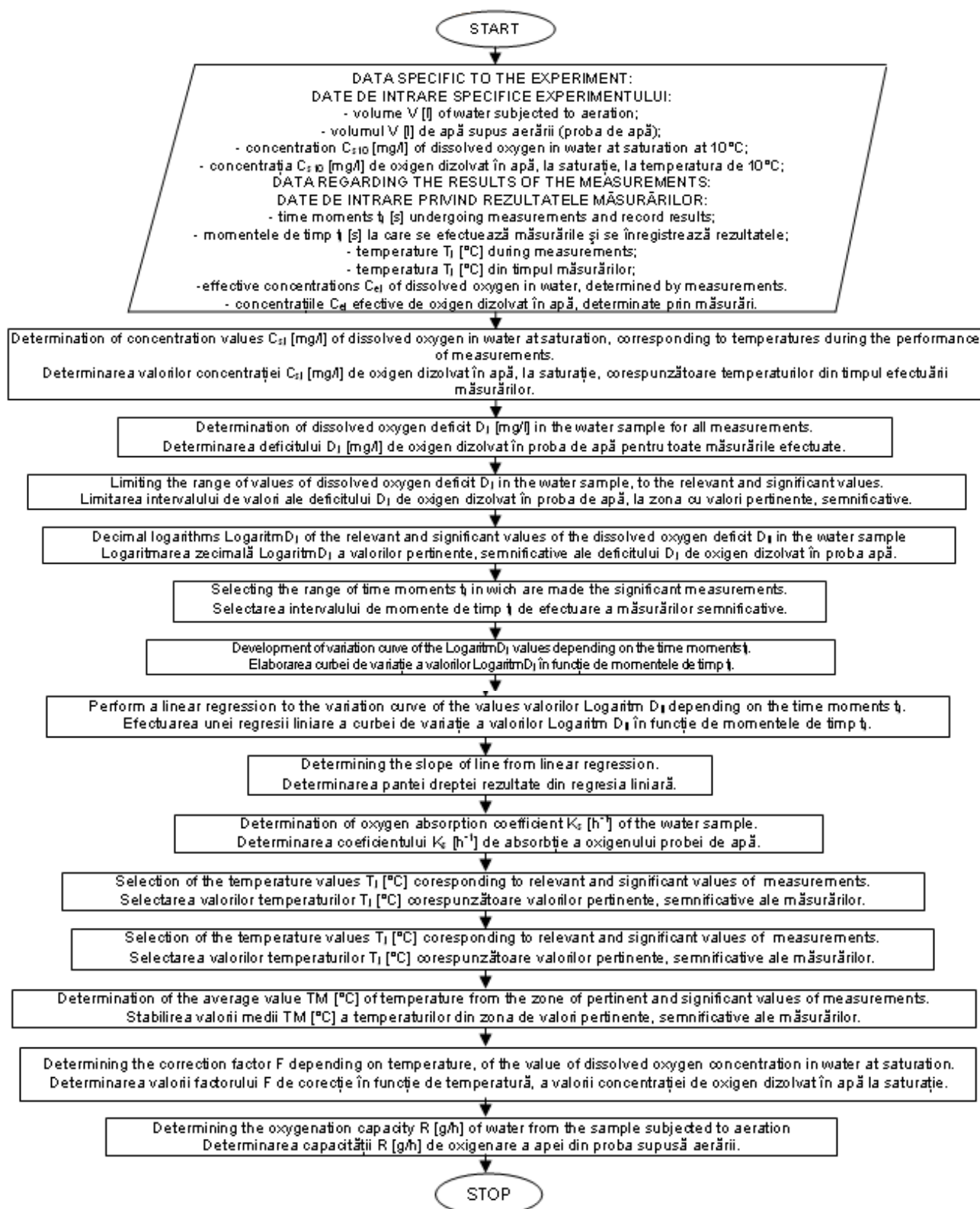


Fig. 1 - Structural scheme of the algorithm for calculating the oxygenation capacity of water /  
Schema structurală a algoritmului de calcul pentru capacitatea de oxigenare a apelor.

## RESULTS

Based on previously presented algorithm, was developed a calculation program in MathCad programming software which is shown in Figure 2 .

## REZULTATE

Pe baza algoritmului prezentat anterior a fost conceput un program de calcul în mediul de programare MathCad care este prezentat în Figura 2.

**CALCULUS PROGRAM OF THE OXYGEN ABSORPTION COEFFICIENT  $K_s$  AND WATER OXYGENATION CAPACITY  $R$**   
**PROGRAM DE CALCUL ALE COEFICIENTULUI DE ABSORPTIE  $K_s$  SI CAPACITATII DE OXIGENARE  $R$  ALE APEI**

The volume  $V$  [l] of water submitted to the aeration during the experiment (water sample).  
 Volumul  $V$  [l] de apă supus aerării în timpul experimentului (proba de apă).  $V := 20$

The saturation concentration  $Cs_{10}$  [mg/l] of dissolved oxygen in water, at  $10^\circ\text{C}$  temperature.  
 Concentrația  $Cs_{10}$  [mg/l] de oxigen dizolvat în apă la saturatie, la temperatura de  $10^\circ\text{C}$ .  $Cs_{10} := 11.3$

The elaboration of the input data matrix  $DI$  concerning the measurements, with 3 rows and  $j$  columns, whereat:  
 - on the row 0, there are written the moments (of time)  $t_j$  [h] when the measurements are effectuated and registered their results, noted as  $DI_{0,j}$ ;  
 - on the row 1, there are written the water sample temperatures  $T_j$  [ $^\circ\text{C}$ ] during the measurements, noted as  $DI_{1,j}$ ;  
 - on the row 2, there are written the effective dissolved oxygen concentrations  $C_{ej}$  [mg/l] of the water sample, during the measurements, noted as  $DI_{2,j}$ ;  
 Se întocmeste matricea  $DI$  a datelor de intrare privitoare la măsurări, cu 3 linii și  $j$  coloane, la care:  
 - pe linia 0 sunt trecute momentele de timp  $t_j$  [h] la care se efectuează măsurările și se înregistrează rezultatele acestora, notate cu  $DI_{0,j}$ ;  
 - pe linia 1 sunt trecute valorile temperaturilor  $T_j$  [ $^\circ\text{C}$ ] ale apei din timpul măsurărilor, notate cu  $DI_{1,j}$ ;  
 - pe linia 2 sunt trecute valorile concentrației  $C_{ej}$  [mg/l] efective de oxigen dizolvat în apă din timpul măsurărilor, notate cu  $DI_{2,j}$ ;

$$DI := \begin{pmatrix} 0 & 0.033 & 0.067 & 0.1 & 0.133 & 0.167 & 0.2 & 0.233 & 0.267 & 0.3 & 0.333 \\ 16 & 16.1 & 16.1 & 16.1 & 16.1 & 16.2 & 16.2 & 16.2 & 16.3 & 16.3 & 16.3 \\ 0 & 0.08 & 0.1 & 1.28 & 3.63 & 6.05 & 8.51 & 9.86 & 9.88 & 10 & 11.36 \end{pmatrix}$$

wherein, with  $j$  is noted the number of measurements effectuated during the experiment, which corresponds to the number of columns of the matrix  $DI$ .  
 în care cu  $j$  se notează numărul de măsurări care se efectuează în timpul experimentului, care corespunde numărului de coloane ale matricei  $DI$ .  
 $j := 0..10$

The determination of the values of the saturation concentration  $Cs_j$  [mg/l] of dissolved oxygen in water, corresponding at the temperatures of the measurements.  
 Se determină valorile concentrației  $Cs_j$  [mg/l] de oxigen dizolvat în apă la saturatie, în funcție de temperaturile din timpul măsurărilor.

$$Cs_j := 14.543019 - 0.38726214 \cdot DI_{1,j} + 0.0074285729 \cdot (DI_{1,j})^2 - 7.4271576 \cdot 10^{-5} \cdot (DI_{1,j})^3 + 0.056184174 \cdot e^{-DI_{1,j}}$$

9.944
9.924
9.924
9.924
9.924
9.903
9.903
9.903
9.883
9.883
9.883

The determination of the values of the deficit  $Dt_j$  [mg/l] of dissolved oxygen in the water sample, for all the effectuated measurements.  
 Se determină valorile deficitului  $Dt_j$  [mg/l] de oxigen dizolvat în proba de apă, pentru toate măsurările efectuate;

$$Dt_j := Cs_j - DI_{2,j}$$

9.944
9.844
9.824
8.644
6.294
3.853
1.393
0.043
0.003
-0.117
-1.477

The limitation of the range of values of the deficit  $Dt_j$  [mg/l] of dissolved oxygen in the water sample, to the zone of relevant, significant values.  
 Se limitează intervalul de valori ale deficitului  $Dt_j$  [mg/l] de oxigen dizolvat în proba de apă, la zona de valori pertinente, semnificative.  
 $j_{max} := 6$

$j := 0..j_{max}$

The considered relevant, significant values of the deficit  $Dt_j$  [mg/l] of dissolved oxygen in the water sample, noted as  $Dt_{semn_j}$  [mg/l], are the following:  
 Valorile pertinente, semnificative ale deficitului  $Dt_j$  de oxigen dizolvat în proba de apă, notate cu  $Dt_{semn_j}$  [mg/l] luate în considerare sunt următoarele:

$$Dt_{semn_j} := Dt_j$$

9.944
9.844
9.824
8.644
6.294
3.853
1.393

The determination of the decimal logarithm values of  $Dt_{semn_j}$ , noted as  $LogaritmDt_j$ :  
 Se determină valorile logaritmilor zecimali ai  $Dt_{semn_j}$ , notate cu  $LogaritmDt_j$ :

$$LogaritmDt_j := \log(Dt_{semn_j})$$

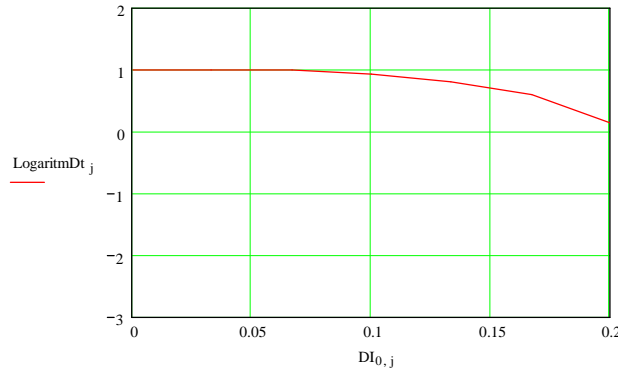
0.998
0.993
0.992
0.937
0.799
0.586
0.144

The elaboration of the vector  $t$  of moments (of time), significant regarding the measurements.  
 Se întocmeste vectorul  $t$  de momente de timp semnificative din punct de vedere al măsurărilor.

$$t_j := DI_{0,j}$$

$$t = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.033 \\ 0.067 \\ 0.1 \\ 0.133 \\ 0.167 \\ 0.2 \end{pmatrix}$$

The graphical representation of the variation curve of  $\text{LogaritmDt}_j$  values depending on the moments (of time)  $t_j$ .  
 Se reprezintă grafic curba de variație a valorilor  $\text{LogaritmDt}_j$  în funcție de momentele de timp  $t_j$ .



The application of a linear regression to the variation curve of  $\text{LogaritmDt}_j$  values depending on the moments (of time)  $t_j$ , in order to determine the slope of the regression line.  
 Se efectuează o regresie liniară a curbei de variație a valorilor  $\text{LogaritmDt}_j$  în funcție de momentele de timp  $t_j$ , în scopul determinării pantei dreptei de regresie

$$\text{Panta} := \text{slope}(t, \text{LogaritmDt})$$

$$\text{Panta} = -3.82$$

The correlation index square  $R$  of the linear regression has the following value:  
 Indicele de corelație  $R$  pătrat al regresiei liniare are următoarea valoare:

$$\text{Rpatrat} := \text{corr}(t, \text{LogaritmDt})^2$$

$$\text{Rpatrat} = 0.752$$

The determination of the water sample coefficient  $K_s$  [1/h] of oxygen absorption.  
 Se determină coeficientul  $K_s$  [1/h] de absorbție a oxigenului în proba de apă.

$$K_s := -2.303 \cdot \text{Panta}$$

$$K_s = 8.799$$

The elaboration of the vector  $T$  of the relevant measurements temperatures and the calculation of the average value of the temperatures  $T_j$ , in order to determine the temperature correction factor  $F$ .  
 Se întocmeste vectorul  $T$  al valorilor temperaturilor corespunzătoare măsurărilor pertinente și se calculează valoarea medie a temperaturilor  $T_j$ , în scopul determinării factorului  $F$  de corecție în funcție de temperatură.

$$T_j := DI_{1,j}$$

$$T = \begin{pmatrix} 16 \\ 16.1 \\ 16.1 \\ 16.1 \\ 16.1 \\ 16.2 \\ 16.2 \end{pmatrix}$$

$$TM := \text{mean}(T)$$

$$TM = 16.114$$

The determination of the temperature correction factor  $F$ , for the value of the saturation concentration of dissolved oxygen in water, at  $10^\circ\text{C}$  temperature.  
 Se determină factorul  $F$  de corecție în funcție de temperatură, a valorii concentrației de oxigen dizolvat în apă la saturatie la temperatura de  $10^\circ\text{C}$ .

$$F := 1.2869269 - 0.034254098 \cdot TM + 0.00065647281 \cdot TM^2 - 6.5576062 \cdot 10^{-6} \cdot TM^3 + 0.0050019708 \cdot e^{-TM}$$

$$F = 0.878$$

The determination of the water sample oxygenation capacity  $R$  [g/h].  
 Se determină capacitatea  $R$  [g/h] de oxigenare a apei supuse aerării.

$$R := 10^{-3} \cdot K_s \cdot F \cdot Cs10 \cdot V$$

$$R = 1.746$$

Fig. 2 - The program for calculating the oxygenation capacity of water /  
 Program pentru calculul capacității de oxigenare a apelor

**CONCLUSIONS**

The algorithm was developed in order to perform related computations processing results in laboratory experiments for determining the capacity of water oxygenation in a quick and convenient way.

The algorithm allows obtaining the values of the capacity of water oxygenation, which is subjected to

**CONCLUZII**

Algoritmul a fost realizat în scopul efectuării rapide și comode a calculelor aferente prelucrării rezultatelor obținute în urma experimentelor de laborator pentru determinarea capacității de oxigenare a apei.

Algoritmul permite obținerea valorii capacității de oxigenare a apei supuse tratamentului într-un timp foarte



treatment in a very short time. In this way, it is possible to determine the capacity of water oxygenation for several types of experiments during a laboratory session. This wouldn't have been possible if the calculations required were carried out on graphic – analytical with hand tools (calculator, graph paper).

It is to be noted that this algorithm is original, designed by the authors in the Department of Biotechnical Systems, in order to improve educational technology used in the laboratory sessions

#### Aknowlegement

The work has been funded by the Sectoral Operational Programme Human Resources Development 2007-2013 of the Romanian Ministry of Labour, Family and Social Protection through the Financial Agreement POSDRU/107/1.5/S/76903.

#### REFERENCES

- [1]. Gafsi M., Kettab A., Benmamar S., Benziada S. (2008) - *Cas d'une Pollution: L'eutrophisation dans les Cours d'Eau*. Algerian Journal of Technologie, Vol.1;
- [2]. Zic K., Stefan H.G., Ellis C. (1992) - *Laboratory study of water destratification by a bubble plume*. J. Hydraul. Res, vol. 30, no.1;
- [3]. Hondzo M., Feyaerts T., Donovan R., O'Connor B.L. (2005) – *Universal scaling of dissolved oxygen distribution at the sediment-water interface: a power law*. Limnology and Oceanography, vol. 50, no.5;
- [4]. \*\*\* (2005) - *W10 Aeration apparatus – guiding manual, Issue 7* - Armfield Ltd, England, United Kingdom;
- [5]. Safta V.V., Toma Magdalena-Laura, Ungureanu Nicoleta (2012) - *Experiments in water treatment domain* – edited by Editura PRINTECH;
- [6]. O'Connor B.L., Hondzo M. (2008) – *Dissolved oxygen transfer to sediments by sweeping and ejecting motions in aquatic environments*. Limnology and Oceanography, vol. 53, no.2.

redus, făcând posibilă determinarea valorii capacității de oxigenare a apei pentru mai multe variante de experimente în timpul unei ședințe de laborator, ceea ce nu ar fi fost posibil dacă calculele necesare ar fi fost efectuate grafo – analitic cu mijloace manuale (calculator, hârtie milimetrică).

De menționat faptul că acest algoritm de calcul este original, conceput de către autori în cadrul Departamentului Sisteme Biotehnice, în scopul perfecționării tehnologiei didactice utilizate în orele de laborator.

#### Mențiune

Rezultatele prezentate în acest articol au fost obținute și cu sprijinul Ministerului Muncii, Familiei și Protecției Sociale prin Programul Operational Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Contract nr. POSDRU/107/1.5/S/76903.

#### BIBLIOGRAFIE

- [1]. Gafsi M., Kettab A., Benmamar S., Benziada S. (2008) - *Caz de poluare: eutrofizarea în cursurile de apă*. Algerian Journal of Technology, Vol.1;
- [2]. Zic K., Stefan H.G., Ellis C. (1992) – *Studiu de laborator pentru destratificarea apei de o masă de bule*. J. Hydraul. Res, vol. 30, nr.1;
- [3]. Hondzo M., Feyaerts T., Donovan R., O'Connor B.L., (2005) – *Scalarea universală a distribuției oxigenului dizolvat la interfața sediment - apă: o regulă puternică*. Limnology and Oceanography 50(5);
- [4]. \*\*\* (2005) - *W10 Aparat de aerare - manual de instrucțiuni, ediția a 7-a* - Armfield Ltd, Anglia, Regatul Unit al Marii Britanii;
- [5]. Safta V.V., Toma Magdalena-Laura, Ungureanu Nicoleta (2012) - *Experimente în domeniul tratării apelor* - Editura PRINTECH;
- [6]. O'Connor B.L., Hondzo M. (2008) – *Transferul de oxigen dizolvat la sedimentele din medii acvatice prin acțiuni de curățare și evacuare*. Limnology and Oceanography, vol. 53, nr.2.